



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**FLORA TRIÁSICA DE LOS ESTRATOS EL MONO, REGIÓN DE ATACAMA:  
TAXONOMÍA, EDAD, PALEOECOLOGÍA Y AMBIENTE DEPOSICIONAL**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de  
Geólogo

Profesor Guía: Dr. Philippe Moisan Tapia  
Profesora Co-guía: Mg. Ximena Robles Cornejo

Marcelo Enrique Flores Alfaro

Copiapó, Chile 2024

## DEDICATORIA

*A mi madre, Angélica, por su amor incondicional, apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.*

*A mis abuelos, Bernardino y María, por su sabiduría, cariño y por ser un pilar fundamental en mi vida.*

*A mi hermano, Ricardo, por cada alegría compartida en el largo camino de nuestras vidas.*

*A toda mi extensa familia, en especial a mis tíos(as) y primos(as), por su aliento y por acompañarme en cada paso de este camino.*

*A mis amigos, por su compañía inigualable, por los momentos inolvidables, y por su amistad incondicional.*

*A todos ustedes, gracias por ser mi motivación y por estar siempre a mi lado. Este logro es también suyo.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia más cercana, en especial, a mi madre y a mis abuelos, por haber sido un apoyo fundamental durante todo este proceso y a lo largo de mi vida. El esfuerzo que han hecho y el amor que me han entregado es invaluable. A mi padre, por haberme apoyado durante gran parte de mis años universitarios. A mi hermano, y también a mis tíos, tías, primos y primas, por todos los momentos que hemos compartido y por todos los buenos deseos.

A mis amigos de infancia: Basti, Benja y Leo, por haber compartido juntos todos estos años; y a mis amigos y compañeros que conocí en la universidad, en especial a Raúl Villalobos, Andrés Salinas, David Bravo, Camila Leiva y Javier Contreras. Debo mencionar especialmente a Camila Leiva y Javier Contreras, con quienes he compartido varias instancias en el marco del desarrollo del presente trabajo y de sus propios trabajos de tesis, incluidas varias salidas a terreno y viajes a congresos. Muchas gracias por su ayuda y motivación.

De igual forma, agradezco al profesor Dr. Philippe Moisan, quien me ha permitido conocer más de cerca el mundo de la paleobotánica y, en general, de la paleontología. Sin duda, su rol como profesor guía, su paciencia, sus comentarios y críticas constructivas, han sido un aporte fundamental en este trabajo. Agradezco también a la profesora Mg. Ximena Robles, co-guía del presente trabajo; sus comentarios me fueron de mucha ayuda. Por otra parte, agradezco a Diego Volosky por sus valiosos comentarios e ideas. Finalmente, es importante mencionar y agradecer a Kinross Chile, por permitirnos ingresar a la mina La Coipa, con el objetivo de coleccionar material fosilífero, y por la logística desplegada durante los días en que estuvimos al interior de la faena.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Área de estudio, ubicación y accesos .....	1
1.2. Antecedentes previos .....	2
1.3. Delimitación y planteamiento del problema de investigación .....	4
1.4. Hipótesis de trabajo .....	5
1.5. Objetivo general .....	6
1.6. Objetivos específicos .....	6
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA .....	7
2.1. Etapa de pre-terreno .....	7
2.2. Etapa de terreno .....	7
2.3. Etapa de gabinete .....	8
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO .....	10
3.1. Paleogeografía global durante el Triásico .....	10
3.2. Paleoclima global y gondwánico durante el Triásico .....	11
3.3. Paleoecología: interacciones planta-insecto en el suroeste de Gondwana .....	12
3.4. La macroflora gondwánica durante el Triásico .....	14
3.5. Paleoflora del margen suroeste del Gondwana .....	18
3.6. Flora del Triásico del norte de Chile .....	21
CAPÍTULO 4: MARCO GEOLÓGICO .....	26
4.1. Introducción .....	26
4.2. Cuenca La Coipa .....	29
4.3. Geología del área de estudio .....	30
4.3.1. Mina La Coipa .....	30
4.3.2. Quebrada Codocedo .....	31
4.3.3. Quebrada La Pelada .....	33
4.3.4. Quebrada del Peñón .....	33
CAPÍTULO 5: RESULTADOS .....	35
5.1. Estratigrafía .....	35
5.1.1. Columna estratigráfica Mina La Coipa (MLC) .....	35
5.1.2. Columna estratigráfica de Quebrada La Pelada (QLP) .....	38
5.1.3. Columnas estratigráficas de Quebrada del Peñón (QP) .....	41
5.2. Análisis de litofacies sedimentarias .....	46
5.3. Asociaciones de facies .....	56
5.4. Sistemática paleobotánica .....	60
5.5. Edad de la paleoflora .....	95
5.6. Paleoecología: interacciones planta-insecto y restos de insectos .....	96
CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN .....	99
6.1. Paleoflora .....	99
6.2. Asociaciones de facies sedimentarias y ambientes de depositación .....	103
6.3. Paleoambiente, paleoecología y paleoclima .....	107
6.4. Correlación con unidades del margen SW de Gondwana .....	110
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES .....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	114
ANEXOS .....	130

## RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en la taxonomía, edad, paleoecología y ambiente deposicional del registro paleobotánico de la unidad Estratos El Mono, perteneciente al Triásico de la región de Atacama. Los estudios se desarrollaron en los sectores de La Coipa, quebrada La Pelada y quebrada del Peñón, ubicados al noreste de la ciudad de Copiapó. El material estudiado consiste en 234 ejemplares, recolectados en la mina La Coipa y las quebradas La Pelada, El Toro y del Peñón. La flora fósil identificada corresponde a ejemplares de *Neocalamites* sp., *Equisetites* sp., *Equisetostachys* sp., *Cladophlebis mesozoica*, *Dicroidium odontopteroides*, *D. dutoitii*, *Zuberia zuberi*, *Umkomasia* sp., *Pseudoctenis multilineata*, *Pseudoctenis* sp. A, *P.* sp. B, *Pterophyllum* cf. *azcaratei*, *Heidiphyllum elongatum* y elementos *incertae sedis*. La taxonomía de la paleoflora indica una edad relativa de Ladiniense-Carniense, es decir, Triásico Medio a Superior. La edad obtenida permite asociar el conjunto paleoflorístico al Piso Cortaderitano, que se extiende principalmente en el intervalo Ladiniense-Carniense, y que ha sido definido como la etapa de máxima diversificación de la Flora de *Dicroidium*. La paleoflora de los Estratos El Mono, muestra una mayor afinidad, en el norte de Chile, con las formaciones Quebrada del Salitre y La Ternera; mientras que en Argentina es correlacionable con las formaciones Cortaderita, Barreal, Carrizal, Cerro de las Cabras, El Alcázar, Potrerillos, Cacheuta y Los Rastros. De acuerdo con las características sedimentológicas, florísticas y faunales, el ambiente deposicional se relacionaría típicamente con un ambiente fluvio-lacustre. Además, a nivel paleoecológico, se presentan los primeros y únicos registros de interacciones planta-insecto para los Estratos El Mono.

Palabras clave: Estratos El Mono, Triásico, Paleobotánica, *Dicroidium*.

## ABSTRACT

The present work focuses on the taxonomy, age, paleoecology, and depositional environment of the paleobotanical record of the El Mono Beds unit, belonging to the Triassic of the Atacama region. The studies were conducted in the La Coipa, Quebrada La Pelada and Quebrada del Peñón sectors, located northeast of the city of Copiapó. The studied material consists of 234 specimens collected in the La Coipa mine and the La Pelada, El Toro, and Peñón ravines. The identified fossil flora corresponds to specimens of *Neocalamites* sp., *Equisetites* sp., *Equisetostachys* sp., *Cladophlebis mesozoica*, *Dicroidium odontopteroides*, *D. dutoitii*, *Zuberia zuberi*, *Umkomasia* sp., *Pseudoctenis multilineata*, *Pseudoctenis* sp. A, *P.* sp. B, *Pterophyllum* cf. *azcaratei*, *Heidiphyllum elongatum*, and *incertae sedis* elements. The taxonomy of the paleoflora indicates a relative age of Ladinian-Carnian, that is, Middle to Upper Triassic. The obtained age allows the association of the paleofloristic assemblage with the Cortaderitian Stage, which mainly extends over the Ladinian-Carnian interval and has been defined as the stage of maximum diversification of the *Dicroidium Flora*. The paleoflora of the El Mono Beds shows a greater affinity, in northern Chile, with the Quebrada del Salitre and La Ternera formations; while in Argentina, it is correlatable with the Cortaderita, Barreal, Carrizal, Cerro de las Cabras, El Alcázar, Potrerillos, Cacheuta, and Los Rastros formations. According to the sedimentological, floristic, and faunal characteristics, the depositional environment is typically associated with a fluvio-lacustrine setting. Additionally, at the paleoecological level, the first and only records of plant-insect interactions for the El Mono Beds are presented.

Keywords: El Mono Beds, Triassic, Paleobotany, *Dicroidium*.

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Área de estudio, ubicación y accesos

El área de estudio se encuentra en la precordillera de la región de Atacama, a aproximadamente 116 km al noreste de la ciudad de Copiapó. Las localidades estudiadas corresponden a la mina La Coipa, quebrada Codocedo, quebrada La Pelada, quebrada El Toro y quebrada del Peñón.

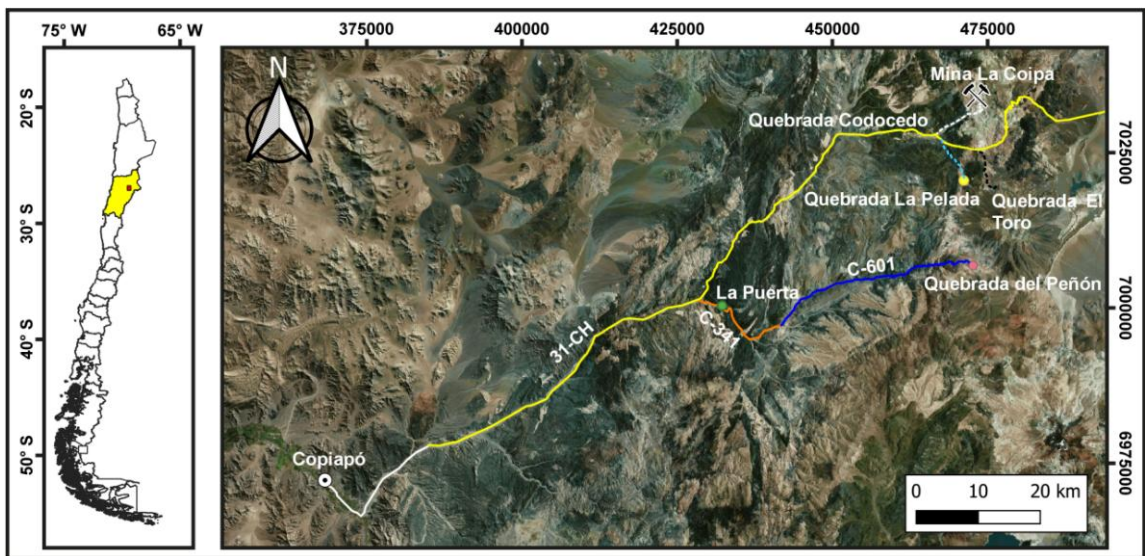


Figura 1.1. Ubicación y rutas de acceso a las localidades del área de estudio.

Para acceder al área de la mina La Coipa y quebrada La Pelada, desde Copiapó se debe tomar la avenida Copayapu (ruta 5) y avanzar hacia el sureste hasta alcanzar el desvío (ubicado a la altura de Paipote) hacia la ciudad de Diego de Almagro. Una vez que se toma el desvío, se debe avanzar unos 16 km hasta llegar a la intersección entre las rutas C-17 y 31-CH (ruta internacional, en color amarillo en la Fig. 1.1). En la intersección se debe tomar la ruta internacional 31-CH y avanzar unos 105 km hasta llegar al área cercana a la mina La Coipa. Desde este punto se puede acceder tanto a la mina La Coipa, quebrada La Pelada y quebrada El Toro (línea punteada blanca, celeste y negra, respectivamente, en la Fig. 1.1). Por otra parte, para acceder al área de la quebrada del Peñón, desde Copiapó, se debe llegar a la ruta internacional 31-CH,

recorrer ~52 km y tomar la ruta C-341 (línea naranja en la Fig. 1.1), hacia el sector de La Puerta. Una vez tomado el desvío, se deben recorrer ~18 km hasta la ruta C-601, que lleva directamente a la quebrada del Peñón.

## 1.2. Antecedentes previos

Davidson *et al.* (1978), proporcionan los primeros antecedentes sobre la existencia de sedimentitas triásicas en el sector de las nacientes de la quebrada Paipote, denominándolas como “depósitos de las quebradas El Mono-El Peñón”<sup>1</sup> y asignándoles una edad Triásico Medio a Superior. Luego, Mercado (1982) define informalmente la unidad como los “Estratos El Mono”, describiéndola como “una secuencia clástica, en parte volcánica, que aflora en la quebrada homónima, en las nacientes de la Quebrada de Paipote”.

En 1991, Suárez y Bell describieron los sedimentos del área de La Coipa, identificando cuatro asociaciones de facies: **(1)** asociación de facies de lutitas negras, **(2)** asociación de facies de conglomerados, areniscas y lutitas negras, **(3)** asociación de facies de areniscas con estratificación cruzada y **(4)** asociación de facies evaporíticas. Según Suárez y Bell (1991) las asociaciones de facies sedimentarias sugerirían la presencia de un gran lago subsidente y se les asignó una probable edad Triásica. Luego, Suárez y Bell (1992), nombran informalmente a los sedimentos triásicos del área La Coipa-quebrada Maranceles como “Estratos La Coipa”. De acuerdo con Suárez y Bell (1992), los Estratos La Coipa corresponderían al relleno de una cuenca continental de carácter lacustre, denominada “Cuenca La Coipa”. Posteriormente, Suárez *et al.* (1995), asignaron una edad Triásico Inferior con base en palinomorfos (*Polycingulatisporites crenulates* y *P. sp.*), reportando además fósiles tales como fragmentos de plantas, estherias, ostrácodos, *Diplodon* sp. y dientes de tiburones hybodóntidos.

Por otra parte, Blanco (1994, 1996) plantea que los afloramientos de quebrada El Mono corresponderían al extremo sur de la denominada cuenca “El Mono-La Coipa”, con un

---

<sup>1</sup> Quebrada del Peñón, de acuerdo a la carta Laguna del Negro Francisco (Mpodozis *et al.*, 2012).

depocentro lacustre en el área de La Coipa, cerrándose hacia el sur con delgados depósitos lacustres que interdigitan con abanicos aluviales (sector de la quebrada El Mono).

Gallego y Covacevich (1998), realizaron descripciones taxonómicas de conchostracos presentes en los Estratos La Coipa, identificando las especies *Menucoestheria terneraensis* y *Liograptia troncosoi*.

Lutz *et al.* (1999), describen troncos fósiles provenientes de los Estratos La Coipa y los identifican como *Prototaxoxylon intertrappeum*.

Posteriormente, Makshev *et al.* (2014), aportan nuevos datos geocronológicos para rocas ígneas del Paleozoico tardío al Triásico Temprano del norte de los Andes chilenos entre los 20° y 31°S. En este contexto, una datación U-Pb en tobas andesíticas, en la parte superior de los Estratos El Mono, arrojó una edad de  $291,5 \pm 4,0$  Ma (Pérmico inferior). De acuerdo con estos resultados, Makshev *et al.* (2014), ubicó estratigráficamente a los Estratos El Mono sobreyaciendo a los Estratos Elba e infrayaciendo a los Estratos La Coipa, representando, según el autor, la sedimentación del Carbonífero tardío al Pérmico temprano y un volcanismo piroclástico coetáneo.

Por otra parte, Gamonal (2015), en un trabajo sobre la estratigrafía volcánica y mineralización epidermal del distrito La Coipa, entrega información relevante sobre la relación estratigráfica de los Estratos El Mono con unidades paleozoicas, mesozoicas y paleógenas en el área de la mina La Coipa.

Por último, de forma reciente se han reportado registros de acumulaciones densas de conchostracos (especies *Menucoestheria terneraensis* y *Polygraptia troncosoi*), asociados a restos vegetales, bivalvos de agua dulce, insectos, ostrácodos y peces, asociados a subambientes de llanuras de inundación dentro de sucesiones fluvio-lacustres (Volosky *et al.*, 2022; Aguilar *et al.*, 2022; Flores *et al.*, 2022).

**NOTA:** Cabe mencionar que tanto los Estratos La Coipa como los Estratos El Mono corresponden, estratigráficamente, a la misma unidad<sup>2</sup>. Por lo tanto, en adelante, se priorizará únicamente el uso del nombre “Estratos El Mono”.

### **1.3. Delimitación y planteamiento del problema de investigación**

Los Estratos El Mono, definidos informalmente por Mercado (1982), son una sucesión de rocas sedimentarias clásticas, en parte volcánica, que afloran en la precordillera de Atacama, al noreste de Copiapó. Los Estratos El Mono se exponen tanto en el área que abarca la carta geológica del Salar de Maricunga (Cornejo *et al.*, 1998) como en el área de la carta geológica Laguna del Negro Francisco (Mpodozis *et al.*, 2012).

En los sectores de quebrada Codocedo y quebrada Caballo Muerto, los Estratos El Mono infrayacen en concordancia a calizas de la Formación Montandón (Cornejo *et al.*, 1998), mientras que en el sector de quebrada El Mono están cubiertos concordantemente por rocas marinas liásicas de la Formación Lautaro (Mercado, 1982; Blanco, 1994). Según Suárez *et al.* (1995), los Estratos El Mono no tienen una base expuesta, aunque de acuerdo con Blanco (1994), los Estratos El Mono se disponen en discordancia angular y *hiatus* sobre niveles pelito-arenosos paleozoicos de la Formación Chinchas. Además, en el área de la mina La Coipa, los Estratos El Mono se disponen sobre una granodiorita pérmica en una relación de no-conformidad (Gamonal, 2015). De acuerdo con Suárez y Bell (1991, 1992), los fósiles (conchostracos, ostrácodos, *Diplodon* sp., dientes de tiburones hybodontidos y abundantes fragmentos de plantas) y las características sedimentarias indican que los estratos fueron depositados en un ambiente predominantemente lacustre. Además, se han definido cuatro asociaciones de facies (Suárez y Bell, 1992; Suárez *et al.*, 1995), entre las cuales se encuentran: A) asociación de facies de lutitas negras, B) asociación de facies de conglomerados, areniscas y lutitas negras, C) asociación de facies de areniscas con estratificación cruzada y D) asociación de facies de fangolitas rojas.

---

<sup>2</sup> En la carta geológica Salar de Maricunga (Cornejo *et al.*, 1998) se homologan los sedimentos descritos por Suárez y Bell en 1991 (Estratos La Coipa según Suárez *et al.*, 1995) con los Estratos El Mono

En la asociación de facies de lutitas negras (A) se han reportado fósiles de estherias (crustáceos de agua dulce), plantas, *Diplodon* (bivalvos de agua dulce), oncolitos y dientes de tiburones hybodóntidos. En la asociación de facies de conglomerados, areniscas y lutitas negras (B) se reportan fósiles de estherias y plantas. Además, tanto en la asociación de facies de areniscas con estratificación cruzada (C) como en la asociación de facies de fangolitas rojas (D) no se reportaron fósiles (Suárez *et al.*, 1995). Por otra parte, también han sido descritos conchostracos (Gallego y Covacevich, 1998) y troncos fósiles (*Prototaxoxylon intertrappeum*) por Lutz *et al.* (1999). Basado en el contenido fósil de palinomorfos, Suárez *et al.* (1995), asignó una edad de Triásico Temprano para los Estratos El Mono. Por otro lado, Blanco (1996) reportó algunas plantas fósiles como *Dicroidium* sp., *Taeniopteris* sp., *Pterophyllum* sp. y *Dicroidium* aff. *odontopteroides* o *zuberi*. Además de fósiles de bivalvos como *Trigonia* sp. y *Diplodon* sp.

Según los antecedentes descritos, en el presente trabajo se plantea que la edad Triásico Inferior asignada por Suárez *et al.* (1995) con base en palinomorfos es dudosa, ya que no es concordante con la asociación paleoflorística presente en los Estratos El Mono, por lo que se propone una edad de Triásico Medio a Superior. Por lo tanto, para aportar a la resolución de este problema, se propone realizar, de manera inédita, una descripción detallada de la flora fósil de Estratos El Mono, lo que permitirá llegar a determinar una edad relativa más precisa y conocer en detalle la asociación paleoflorística de esta localidad.

#### **1.4. Hipótesis de trabajo**

La asociación paleoflorística presente en los Estratos El Mono indicaría una edad Triásico Medio a Superior, en contraste a la edad Triásico Inferior previamente asignada, lo cual indicaría una similitud paleoflorística con otras floras coetáneas en Chile y Argentina. Además, las características sedimentológicas, estratigráficas y fosilíferas indicarían un ambiente de depositación fluvio-lacustre.

### **1.5. Objetivo general**

Analizar detalladamente la flora fósil presente en los Estratos El Mono, para determinar su taxonomía, ambiente deposicional y paleoecología, con el objetivo de precisar la edad relativa de los estratos.

### **1.6. Objetivos específicos**

- Realizar identificaciones taxonómicas de la paleoflora, a través de análisis y descripción de la morfología vegetal.
- Determinar la edad relativa de la asociación paleoflorística, de acuerdo con la taxonomía de los fósiles identificados y a los rangos estratigráficos conocidos de cada uno de los taxones.
- Determinar la estratigrafía de las localidades estudiadas, mediante un levantamiento de columnas estratigráficas; y realizar un análisis de facies que permita determinar el paleoambiente de la flora fósil de los Estratos El Mono.
- Realizar una correlación bioestratigráfica con otras localidades, con el propósito de evaluar la afinidad de la asociación paleoflorística de los Estratos El Mono con otras localidades del Triásico Medio y Superior de Chile y Argentina.

## CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

### 2.1. Etapa de pre-terreno

En primer lugar, se realizó una recopilación bibliográfica exhaustiva en relación con los Estratos El Mono. Los artículos revisados fueron los de Suárez y Bell (1991, 1992), Suárez *et al.* (1995), Blanco (1994, 1996), Bell (1997), Gallego y Covacevich (1998), Lutz *et al.* (1999), Maksaev *et al.* (2014) y Gamonal (2015). Asimismo, se recopilaron las cartas geológicas (Cornejo *et al.*, 1998 y Mpodozis *et al.*, 2012) pertinentes para facilitar la visualización e interpretación de la geología regional, así como para identificar la ubicación de los principales afloramientos de la unidad a estudiar. Por último, con base en la información obtenida a partir de la revisión bibliográfica y las cartas geológicas, se delimitó el área de estudio y se identificaron las posibles localidades fosilíferas a prospectar.

### 2.2. Etapa de terreno

La etapa de campo se llevó a cabo entre los años 2021 a 2023, durante los cuales se realizaron un total de 11 salidas a terreno. Durante el período mencionado, se desarrollaron exploraciones en distintas localidades con el propósito de prospectar, investigar y analizar la geología local y los afloramientos claves relacionados con el tema de estudio.

En un principio, se realizaron tres salidas a terreno a finales del año 2021, las cuales se enfocaron exclusivamente en actividades prospectivas. Se recorrieron las quebradas Codocedo, El Toro, La Pelada, del Peñón y El Mono, con el objetivo de identificar afloramientos que contuvieran fósiles de plantas en un buen estado de preservación.

En 2022, hubo cuatro salidas a terreno, enfocados en los afloramientos de la quebrada La Pelada y la quebrada del Peñón. El objetivo de estas expediciones consistió

en recolectar muestras de flora fósil, así como en registrar columnas estratigráficas en los afloramientos investigados.

En el año 2023, se dedicaron cuatro días de trabajo de campo en la mina La Coipa y la quebrada La Pelada. Durante este período, se identificaron distintos puntos fosilíferos dentro de la mina, se recolectaron fósiles y se realizaron registros estratigráficos. Asimismo, se llevó a cabo una visita a la quebrada La Pelada, donde se recolectaron fósiles y se generó una columna estratigráfica.

### **2.3. Etapa de gabinete**

En el Laboratorio de Paleobotánica de la Universidad de Atacama, el material paleontológico recolectado en terreno fue organizado, etiquetado con un código y registrado en una base de datos, realizada con tablas *Excel*. Se elaboraron bases de datos para los fósiles de plantas (PB), vertebrados (PV) e invertebrados (PI) recolectados en terreno.

Posteriormente, en el Laboratorio de Paleobotánica, se prepararon manualmente y se fotografiaron las muestras paleontológicas, utilizando una mesa de reproducción fotográfica. La implementación técnica utilizada corresponde a: (1) una mesa de reproducción fotográfica marca Kaiser con iluminación oblicua, (2) una cámara fotográfica digital marca Nikon, modelo réflex D5600, equipada con (3) un macrolente marca Nikon, modelo NIKKOR de 60 mm. Los fósiles fueron también examinados y fotografiados usando una lupa marca Leica modelo EZ4W con cámara integrada de 5 megapíxeles y una lupa marca Olympus modelo SZ61TR con una cámara EP50 de 5 megapíxeles. Las fotografías fueron etiquetadas con el código correspondiente a cada fósil y fueron almacenadas en una base de datos. Para el etiquetado de las plantas fósiles se usó el acrónimo UDA-PB, con un total de 234 ejemplares. Una vez fotografiadas, las muestras fueron depositadas en el Laboratorio de Paleobotánica de la Universidad de Atacama.

Las columnas estratigráficas se realizaron de forma digital, utilizando el *software* Adobe Illustrator CC 19.2.1, a partir de los datos litológicos, sedimentológicos y paleontológicos recolectados en terreno.

La descripción y asociación de facies se realizó a partir de los datos obtenidos tanto en terreno como en laboratorio (datos litológicos, paleontológicos y estratigráficos). Las facies se clasificaron de acuerdo al sistema de clasificación de facies propuesto por Miall (1996, 2006), añadiendo modificaciones para incluir las litologías no presentes en el sistema.

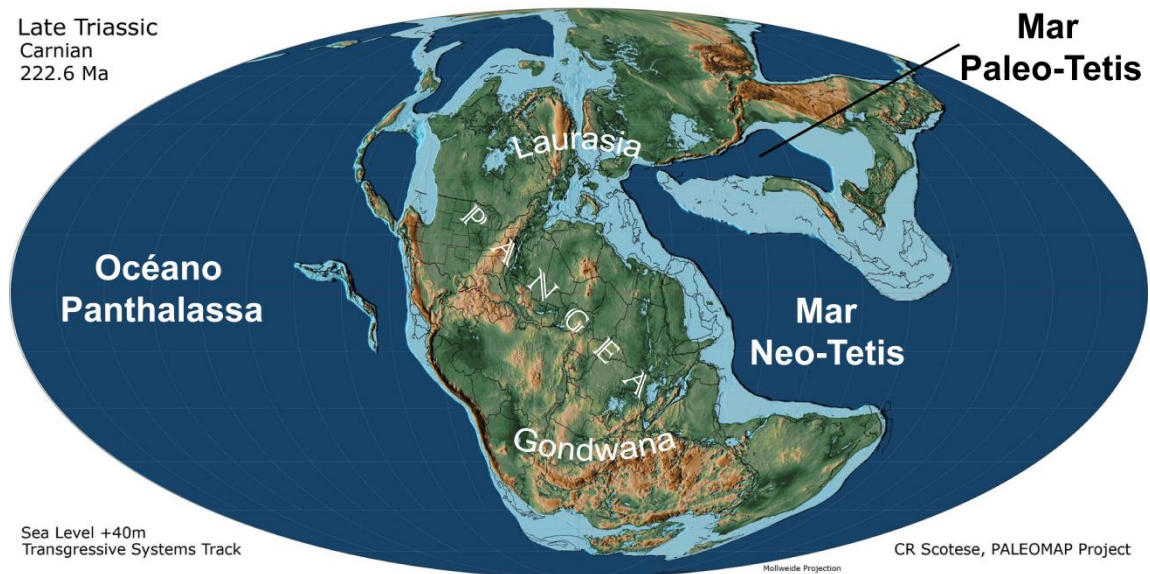
La taxonomía de la paleoflora se determinó a partir de la descripción morfológica de los ejemplares. La clasificación utilizada para los niveles supragenéricos corresponde a la propuesta por Taylor *et al.* (2009); mientras que para géneros y especies se usaron las propuestas en las diferentes publicaciones revisadas.

Las interacciones planta-insecto se identificaron a partir de la clasificación de tipos de daños foliares provocados por insectos (*insect damage types*), propuesta por Labandeira *et al.* (2007). La metodología se basa en la identificación de tipos de daños foliares (designados con las siglas *DT*, del inglés *Damage Type*) provocados por insectos, lo que permite asignar los *DT* a diferentes grupos de alimentación funcional de artrópodos terrestres (*FFG*, del inglés *Functional Feeding Groups*). De acuerdo con Labandeira *et al.* (2007), existen 150 *DT* y casi todos han sido asignados a algún grupo de alimentación funcional (*FFG*).

## CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

### 3.1. Paleogeografía global durante el Triásico

Tan pronto como se formó el supercontinente Pangea, los terrenos de acreción (*terranes*) comenzaron a separarse del noreste de Gondwana durante la transición Permo-Triásica. Los *terranes* alargados, correspondientes a Cimeria, formaron parte de Gondwana hasta la ruptura del Pensilvánico-Pérmico, momento en el que comienza la deriva de Cimeria hacia el norte. Como consecuencia de la ruptura, comenzó la apertura del mar neo-Tetis, primero a lo largo del norte de Australia y luego hacia el oeste, en la región del Mediterráneo. La deriva de Cimeria provocó el cierre del mar paleo-Tetis, colisionando de forma oblicua con el sur de Asia en el Triásico Tardío al Jurásico Temprano, generando la orogenia cimera. Los márgenes sur y este de Gondwana continuaron siendo de tipo cordillerano. El pulso orogénico culminante del Triásico Medio formó montañas (Gonwánides II) desde el noreste de Australia hasta el suroeste de América del Sur (Blakey, 2008).



**Figura 3.1.** Mapa de Pangea en el Triásico Tardío. Modificado de Scotese (2014).

Un aspecto importante de la configuración continental durante el Triásico es que las masas terrestres se distribuyeron de forma casi simétrica en un amplio arco alrededor

del ecuador (Sellwood y Valdes, 2006), extendiéndose casi de polo a polo, con Gondwana en el hemisferio sur y Laurasia en el hemisferio norte (ver Figura 3.1) (Anderson *et al.* 1999; Bomfleur *et al.* 2011; Kustatscher *et al.* 2018).

### **3.2. Paleoclima global y gondwánico durante el Triásico**

Mientras que el Pérmico temprano estuvo caracterizado por un clima frío, en la transición al Triásico se experimenta una evolución hacia un clima cálido (Frakes *et al.*, 1992; Kidder y Worsley, 2004; Limarino *et al.*, 2014). El período de clima frío fue seguido por un calentamiento global que se extendió desde el Pérmico tardío hasta el Jurásico, incluyendo el Triásico. Este período de calentamiento global se caracterizó por la ausencia de capas de hielo en los polos, junto con temperaturas medias globales de 18-22°C (Scotese *et al.*, 1999; Bomfleur *et al.*, 2011; Kustatscher *et al.*, 2018; Benedetto, 2019). De acuerdo con el modelo de Sellwood y Valdes (2006), un aspecto importante de la Tierra durante el Triásico fue su calidez general. A pesar de las bajas temperaturas alcanzadas en latitudes altas en invierno (-20°C o menos en Siberia y temperaturas similares en el extremo sur de Gondwana), la temperatura anual promedio del planeta en estas latitudes fue moderada debido a las altas temperaturas en verano (~24°C), lo que excluye la posibilidad de que haya habido hielo y nieve durante todo el año. A su vez, las regiones continentales entre ~40°N y ~40°S fueron generalmente cálidas (>20°C) durante todo el año, alcanzando temperaturas máximas de entre 30°C y 40°C durante la mayor parte del año (Sellwood y Valdes, 2006). Según Parrish (1993), el Triásico se caracterizó por el máximo desarrollo de un clima monzónico en amplias áreas de Pangea; o un régimen climático mega monzónico (Spalletti *et al.*, 2003). Las precipitaciones en el Triásico Tardío (Sellwood y Valdes, 2006) fueron escasas entre los 40°N y 40°S, cayendo gran parte sobre los océanos, mostrando un carácter convectivo. La zona principal de precipitaciones migra de norte a sur a lo largo del año con el movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Además, el suroeste del Gondwana se caracteriza por ser un bioma húmedo en invierno (con veranos templados, cálidos y secos).

El clima en el margen suroeste de Gondwana fue estacional subtropical durante el Triásico, con cambios de humedad, variando de árido, semiárido, subhúmedo a húmedo. Además, se desarrollaron condiciones secas en el Triásico Temprano, en el Ladiniense tardío-Carniense temprano, y desde el límite Carniense-Noriense hasta el Noriense medio. Asimismo, se pueden definir tres intervalos que presentaron un incremento en la humedad: Anisiense tardío-Ladiniense temprano, Carniense medio y Noriense tardío-Rhaetiense (Spalletti *et al.*, 2003; Bodnar *et al.*, 2018).

Según Pedernera *et al.* (2022), para el suroeste de Gondwana, el Triásico Temprano se caracterizó por un clima árido a semiárido, con una marcada concentración de precipitaciones estacionales durante los veranos. Durante el Triásico Medio se desarrolló un clima semi-árido a subhúmedo, con precipitaciones concentradas en los veranos. El Triásico Tardío temprano (Carniense) estuvo caracterizado por condiciones climáticas cálidas y húmedas sin estacionalidad marcada, mientras que para el Triásico Medio a Tardío hubo un cambio hacia condiciones áridas a semi-áridas con lluvias invernales.

Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el Triásico permitieron que la vegetación se extendiera lejos hacia latitudes polares (Anderson *et al.*, 1999; Bomfleur *et al.*, 2011).

### **3.3. Paleoecología: interacciones planta-insecto en el suroeste de Gondwana**

Durante el Triásico tuvo lugar lo que Labandeira (2006) ha denominado la Expansión de Herbivoría 3, que comienza en el Triásico Medio (245 M.a.) y que continúa hasta el Neógeno. La evidencia más temprana para la Expansión de Herbivoría 3 ha sido hallada en el suroeste de los Estados Unidos, en Europa Occidental y en la Cuenca Karoo de Sudáfrica. La Expansión de Herbivoría 3 contiene los 7 grupos funcionales de alimentación modernos (alimentación foliar externa, perforación y succión, perforación, minadura de hojas, agallas, depredación de semillas y oviposición), que proporcionan 95 asociaciones distintas de 56 biotas que representan 33 intervalos de

cinco millones de años.

Las plantas hospedantes dominantes durante esta etapa comprenden las pteridófitas, espermatofitas más derivadas y, en menor medida, espermatofitas más primitivas, que ya estaban siendo reemplazadas por clados de gimnospermas más derivadas. Por otra parte, los artrópodos herbívoros corresponden principalmente a ácaros, ortopteroides (Orthoptera, Holophasmatodea), hemipteroides (Lophioneurida, Thysanoptera, Auchenorrhyncha, Sternorrhyncha) y clados de holometábolos tempranos o plesiomorfos (como Archostemata, Nemonychidae, Belidae, Symphyta, Aneuretopsychina, Nemestrinidae, Archaeolepidae, Micropterygidae y Agathiphagidae). En la parte más temprana de la Expansión de Herbivoría 3, las plantas hospedantes fueron una variedad de ginkgoopsidas, peltaspermas, voltziales latifoliadas (*e.g. Heidiphyllum*) y podocarpáceas (Podocarpaceae y Araucariaceae), y quizás pteridófitas que fueron colonizadas durante el Triásico Medio a Triásico Tardío temprano por todos los grupos funcionales de alimentación (Labandeira, 2006).

En el suroeste de Gondwana se ha hallado evidencia de las interacciones planta-insecto principalmente en depósitos continentales de edad Triásico Medio a Superior (Cariglino *et al.*, 2021). En Argentina, la Formación Potrerillos (cuenca Cuyana, provincia de Mendoza), de edad Triásico Superior inferior, muestra evidencias de interacción planta-insecto, principalmente de daño foliar externo, perforación-y-succión, oviposición y minadura de hojas. Estas trazas se pueden asociar a hemípteros, ortópteros, odonatos y escarabajos, que se encuentran con frecuencia en la unidad. Asimismo, en las formaciones Cañadón Largo y Laguna Colorada (cuenca El Tranquilo, provincia de Santa Cruz), que contienen una paleoflora altamente diversa, de edad Ladiniense-Noriense, se han identificado interacciones planta-insecto tales como daño foliar externo, esqueletización, perforación-y-succión, oviposición, agallas y minaduras, principalmente en frondas de umkomasiales (*Dicroidium*), y también perforaciones de madera atribuibles a escarabajos (Cariglino *et al.*, 2021). Por otra parte, en Brasil, la Flora de *Dicroidium*, de edad Ladiniense-Carniense, de la Formación Santa María (cuenca Paraná, estado Rio Grande do Sul) exhibe una densidad excepcionalmente alta



importantes son *Pteruchus*, que representa un órgano polínico; y *Umkomasia*, que corresponde a una estructura que contiene semillas. Estos géneros son endémicos del Reino Gondwánico y aparecen, se diversifican y extinguen durante el Triásico (Artabe *et al.*, 2003; Artabe y Brea, 2003; Taylor *et al.*, 2009).

El género *Dicroidium* ha sido ampliamente registrado en América del Sur, la Antártida, India, Australia, Nueva Zelanda y el sur de África. (Anderson *et al.*, 2019). Las Corystospermales (=Umkomasiales), se encuentran entre las componentes más importantes de la Flora de la Formación Molteno (Carniense), en Sudáfrica, en particular el follaje atribuido a varias especies de *Dicroidium* (Kustatscher *et al.* 2018).

Las Peltaspermales, de origen boreal y Pérmico, alcanzan una distribución cosmopolita en el Triásico, declinando fuertemente a finales del mismo. En el Gondwana se han reconocido hojas asignadas a tres géneros: *Lepidopteris*, *Pachydermophyllum* y *Scytophyllum*, así como órganos reproductivos referidos a *Peltaspermum* y *Antevsia* (Zamuner *et al.*, 2001; Artabe *et al.*, 2003). La familia Dejersiaceae presenta una afinidad incierta, y ha sido asignada a las Peltaspermales, pero frecuentemente se les considera Pteridospermales *incertae sedis*, y está representada por los morfogéneros: *Dejerseya*, *Fanerotheca*, *Scleropteris* y *Sphenopteris* (Leppe, 2005).

Las Petriellales – restringidas al Triásico – son un grupo que ha sido definido sobre la base de un solo género (*Petriellaea*) de cúpula permineralizada que contiene semillas, del Triásico Medio de la Antártida. En cuanto a fósiles de hojas, se reconocen dos géneros: *Kannaskoppifolia*, del Triásico Superior de Sudáfrica; y *Rochipteris*, del Triásico Superior de Sudamérica (Taylor *et al.* 2009).

Durante el Triásico, en el Gondwana, se produce una notable disminución en las Licópsidas y Sphenopsidas en sus formas arborescentes clásicas del Paleozoico tardío, y comienzan a ser más abundantes los géneros *Equisetites*, *Neocalamites*, *Phyllotheca*, *Pleuromeia*, etc. (Leppe, 2005). Los morfogéneros *Equisetites*, *Neocalamites* y *Phyllotheca* pertenecen al orden Equisetales (clase Sphenopsida). El morfogénero

*Equisetites* tiene una amplia distribución y ha sido reportado en numerosas localidades de Europa, América del Norte, América Central y del Sur, Antártida y Nueva Zelanda, y la mayoría de los especímenes se conocen en rocas del Triásico. Asimismo, el morfogénero *Neocalamites* era un elemento muy común y extendido en las floras del Triásico (Taylor *et al.*, 2009). El morfogénero *Phyllothea* tiene un extenso rango geológico (Pennsylvánico-Pérmico), alcanzando su máxima distribución durante el Pérmico y extendiéndose al Triásico como elemento relictual (Artabe *et al.*, 2003; Taylor *et al.*, 2009). Para el grupo de las Licópsidas, es importante el orden Pleuromeiales, que tiene un rango geológico Triásico-Cretácico. Un taxón distintivo de las Pleuromeiales es el género *Pleuromeia*, que es exclusivo del Triásico y es conocido en diversas localidades alrededor del mundo, incluyendo Argentina y Australia (Taylor *et al.*, 2009).

El grupo de las Filicales experimenta una importante radiación durante el Triásico (Zamuner *et al.*, 2001) y está representado por familias tales como Osmundaceae, Gleicheniaceae, Dicksoniaceae y Dipteridaceae. Las familias Osmundaceae y Gleicheniaceae corresponden a las formas más primitivas de las Filicales (Zamuner *et al.*, 2001) y su registro fósil, para el caso de las Osmundaceae, corresponde a los géneros *Cladophlebis*, *Todites* y *Millerocaulis*; mientras que para las Gleicheniaceae se registran géneros tales como *Gleichenites* y *Chansitheca* (Artabe *et al.*, 2007). La familia Dipteridaceae, que aparece en el Mesotriásico y alcanza su acmé en el Neotriásico-Eojurásico (Zamuner *et al.*, 2001; Artabe *et al.*, 2003), presenta los géneros *Dictyophyllum*, *Goepertella* y *Hausmannia* (Artabe *et al.*, 2007). Algunas Dipteridaceae, como *Dictyophyllum*, son elementos típicos de la flora triásica que persisten durante el Jurásico (Artabe *et al.*, 2003; Leppe, 2005); mientras que *Goepertella* es un género que aparece durante el Triásico y que alcanza su acmé durante el Jurásico (Artabe *et al.*, 2003). Por último, la familia Dicksoniaceae está representada por los géneros *Coniopteris* (ampliamente distribuido en el hemisferio norte y sólo esporádico en el hemisferio sur) y *Lobifolia* (Zamuner *et al.*, 2001).

Las Marattiales del Triásico gondwánico están representadas principalmente por

las *Asterothecaceae*, que se extinguen al final del período; por géneros *incertae sedis*, y por las *Marattiaceae*, que comienzan su registro en el Neotriásico. Entre las *Asterothecaceae* se encuentran los géneros *Asterotheca* (cosmopolita) y *Rienitsia* (endémica) como elementos poco frecuentes y con distribución casi endémica en el Gondwana (Artabe *et al.*, 2003).

Las Cycadeoidales (=Bennettitales) se extienden del Triásico al Cretácico y se registran en ambos hemisferios (Taylor *et al.*, 2009). De acuerdo con Zamuner *et al.* (2001), en Argentina, las Cycadeoidales estarían representadas por los géneros de hojas *Anomozamites* y *Pterophyllum*. Por otra parte, según Barboni y Dutra (2013), los géneros *Zamites*, *Pterophyllum* y *Anomozamites* son los órganos vegetativos casi exclusivos de las Bennettitales en los estratos del Triásico Tardío en todo el mundo.

Las Cycadales son el grupo más primitivo de gimnospermas con representantes actuales. La historia evolutiva del grupo comienza en el Neopaleozoico, se diversifica alcanzando su máxima distribución durante el Mesozoico y comienza a declinar a fines del Cretácico (Zamuner *et al.*, 2001). Las Cycadales no han sido registradas como componentes dominantes de la flora global, pero fueron relativamente comunes en el sotobosque de muchas regiones durante el Mesozoico (McLoughlin, 2021). El grupo está compuesto por tres familias: *Cycadaceae*, *Stangeriaceae* y *Zamiaceae*. En el sudoeste del Gondwana, la familia *Stangeriaceae* está representada por los géneros *Ctenis* y *Pseudoctenis*, que corresponden a tipos foliares que tuvieron una amplia distribución durante el Mesozoico. La familia *Zamiaceae* está representada por los géneros *Kurtziana* y *Michelilloa*. En cuanto a las Cycadales *incertae sedis*, el género *Yabeiella* representa a un taxón gondwánico, eminentemente triásico y con apariciones esporádicas en el resto del Mesozoico (Zamuner *et al.*, 2001; Artabe *et al.*, 2003; Leppe, 2005).

Las Ginkgoales durante el Triásico experimentan una importante diversificación, con el advenimiento de géneros en su mayor parte cosmopolitas. Probablemente se trataba de formas arborescentes y caducifolias (Zamuner *et al.*, 2001). También llegan,

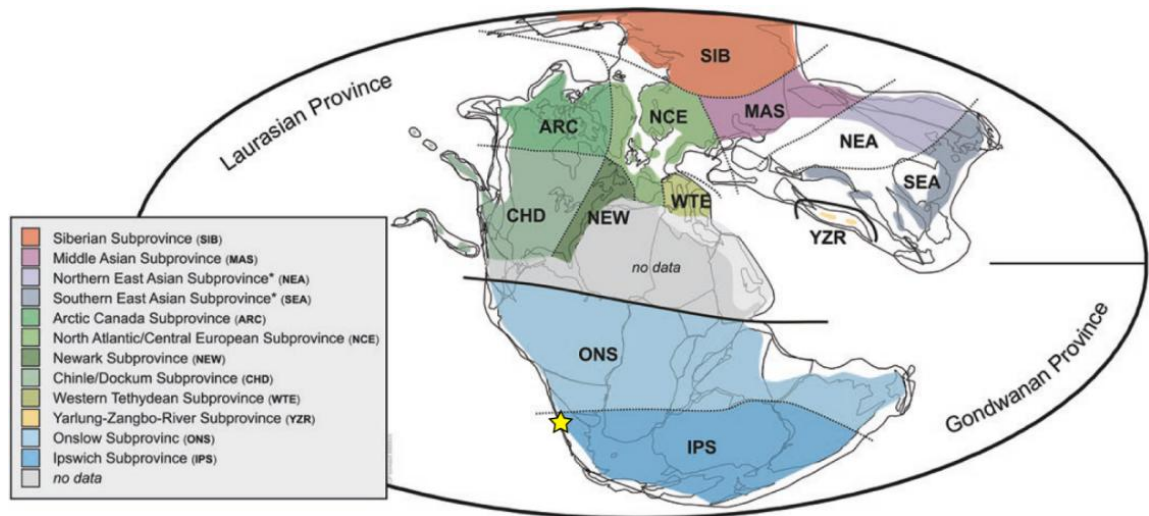
de forma relictual y endémica, algunos géneros de origen paleozoico, tales como *Rhipidopsis* y *Saportaea* (Zamuner *et al.*, 2001; Artabe *et al.*, 2003; Leppe, 2005). Géneros típicos del Triásico son: *Baiera*, *Rochipteris*, *Ginkgoidium*, *Ginkgoites* y *Sphenobaiera* (Leppe, 2005).

Las Coniferales tienen registro fósil en todo el Gondwana a través de la familia Podocarpaceae. El sureste de Gondwana se caracteriza por la familia Taxodiaceae, mientras que en el suroeste se han hallado registros de las familias Araucariaceae, Cupressaceae y Taxodiaceae. Un género importante es *Rissikia*, perteneciente a la familia Podocarpaceae y que se ha hallado a través de todo el Gondwana. Asimismo, *Linguifolium* corresponde a otro género gondwánico *incertae sedis* eminentemente triásico (Artabe *et al.*, 2003).

Las Voltziales están representadas principalmente por la familia Voltziaceae, la que se halla bien representada por un género de amplia distribución: *Heidiphyllum*. Asimismo, para el suroeste de Gondwana se han reportado los géneros *Dodrechtites* y *Telemachus* (de escamas y conos femeninos respectivamente; Leppe, 2005).

### **3.5. Paleoflora del margen suroeste del Gondwana**

En el Triásico, el Reino de Gondwana se componía de dos áreas: el área tropical definida por las microfloras de Onslow y el área extratropical definida por las microfloras de Ipswich (Spalletti *et al.*, 2003; Figura 3.2). Además, el área extratropical también es caracterizada por las megaflores de *Dicroidium*, las cuales se pueden identificar porque gran parte de sus componentes muestran una distribución endémica o restringida. Dentro del área extratropical, Artabe *et al.* (2003), reconocieron las provincias Sudoeste (identificada en Brasil, Chile, Argentina y Sudáfrica) y Sudeste (Antártica y Australasia).



**Figura 3.2.** Mapa paleogeográfico mostrando la zonación florística en el Triásico Tardío (Kustatscher *et al.*, 2018). La estrella amarilla indica la ubicación aproximada de los Estratos El Mono.

Spalletti *et al.* (1999, 2003) y Morel *et al.* (2003), reconocen tres eventos florísticos para el margen suroeste del Gondwana. En la etapa del Barreliano (Induense-Anisiense) ocurre el primer evento florístico, en un principio caracterizado como una asociación pura de *Pleuromeia sensu lato*, seguida posteriormente por el desarrollo de los primeros bosques subtropicales estacionales compuestos por floras transicionales con formas primitivas de Dipteridaceae, Corystospermaceae y Ginkgoales. La flora de este primer evento es dominada por Dipteridaceae (*Dictyophyllum castellanosii*, *D. barrealsensis*), Corystospermales (*Zuberia feistmantelii*, *Z. brownii*, *Dicroidium dubium*, *Johnstonia stelzneriana*), Ginkgoales (*Saportaea flabellata*, *S. dichotoma*, *S. intermedia*) y Voltziales (*Heidiphyllum elongatum*). Durante la etapa del Cortaderitiano (Ladiniense-Carniense) ocurre el segundo evento florístico, determinado por la máxima diversificación de la Flora de *Dicroidium* y la radiación de las Corystospermaceae, Cycadales y Peltaspermaceae, que constituían bosques siempreverdes subtropicales estacionales. Las Corystospermas dominan la mayoría de las asociaciones florísticas en las que aparecen Peltaspermales como *Scytophyllum* y *Yabeiella*. En la etapa del Floriano (Noriense-Rhaetiense) ocurre el tercer evento florístico y muestra la declinación de las Corystospermaceae, Peltaspermaceae y Ginkgoales; aparecen taxones que se volverán dominantes durante el Jurásico, tales como *Goepfertella* (*G. stipanicicii*), *Dictyophyllum* (*D. rothi*), *Marattia* (*M. münsteri*), *Cladophlebis* (*C. antarctica*, *C. denticulata*, *C. grahami*, *C. indica* y *C. oblonga*), *Scleropteris* (*S. grandis*)

y *Solenites* (*S. vimineus*) junto con el primer registro de Cheirolepidiaceae; y se forman paleocomunidades de bosques caducifolios subtropicales estacionales y subtropicales con influencia oceánica.

El modelo de evolución de la flora Triásica, presentado en Spalletti *et al.* (1999, 2003) y Morel *et al.* (2003), ha sido modificado por Bodnar *et al.* (2021), con base en nueva evidencia geológica y paleontológica, que ha modificado la estratigrafía y edad de varias unidades triásicas argentinas, lo que implica un nuevo escenario para la evolución de la vegetación durante el límite Pérmico-Triásico y principios del Triásico Medio en el suroeste de Gondwana. De acuerdo con Bodnar *et al.* (2021), la vegetación argentina del Pérmico tardío (Changhsingiense tardío) estuvo dominada por cícadas típicas de la Flora de *Dicroidium*, sobreviviendo en un área de refugio luego del colapso de la Flora de *Glossopteris*. Posteriormente, durante el Triásico Temprano, la recuperación de la vegetación tras la crisis del final del Pérmico la llevaron a cabo representantes de la Flora de *Dicroidium*. Por lo tanto, la primera diversificación de Umkomasiales (= Corystospermales) ocurrió en el Triásico Temprano (Induense), lo que implica el establecimiento temprano de la Flora de *Dicroidium*; en contraste a lo propuesto por Spalletti *et al.* (2003), donde se asigna una asociación pura de *Pleuromeia* para el Triásico Temprano (Induense-Olenekiense) y para quienes la Flora de *Dicroidium* aparecería recién en el Triásico Medio (Anisiense). En este sentido, en relación con las comunidades de plantas del Triásico Medio, Bodnar *et al.* (2021), plantean que se encontraban bien establecidas y eran más diversas de lo que se pensaba anteriormente y, por lo tanto, corresponden a la etapa de radiación de la Flora de *Dicroidium*.

Sobre la base de lo mencionado, Bodnar *et al.* (2021), reconstruyen el cuadro cronológico (Figura 3.3) de los diferentes eventos florísticos durante el Triásico para el margen suroeste de Gondwana. Así, el primer evento florístico correspondería al establecimiento de la Flora de *Dicroidium* durante el Triásico Temprano. El segundo evento florístico se relaciona con la diversificación de la Flora de *Dicroidium* desde el Anisiense hasta parte del Noriense. Finalmente, el tercer evento florístico se caracteriza por la declinación de la Flora de *Dicroidium* que ocurre desde el Noriense más superior

al Rhaetiense.

Periodo	Época	Edad	Ma	Magmatismo (Sato et al. 2015)	Paleoclimas (Spalletti et al 2003; Limarino et al. 2014; Bodnar et al. 2018)	Eventos de extinción	Evolución de la flora				
TRIÁSICO	Superior	Rhaetiense	201.3	Magmatismo Post-Choiyoi	Estacional subtropical	★ Crisis del final del Triásico	Decive de la Flora de <i>Dicroidium</i>				
		Noriense	~208.5				Húmedo	Diversificación de la Flora de <i>Dicroidium</i>			
		Carniense	~227				Semi-árido				
		Ladiniense	~237				Húmedo				
		Anisiense	~242				Semi-árido				
	Medio	Olenekiense	247.2		Magmatismo Choiyoi		Árido	★ Crisis del final del Pérmico	Establecimiento de la Flora de <i>Dicroidium</i>		
		Induense	251.2						Flora Refugio		
		Lopingiense	251.9							Semiárido-árido	Colapso de la Flora de <i>Glossopteris</i>
			Changhsingiense								254.1
		Wuchiapingiense	259.1						Postglacial	Flora de <i>Glossopteris</i>	
Guadalupiense	272.9	★ Crisis del final del Guadalupiense									
	Cisuraliense		298.9								

**Figura 3.3.** Relación entre magmatismo, paleoclimas y la evolución de la flora Permo-Triásica en el suroeste de Gondwana (modificado de Bodnar *et al.*, 2021).

### 3.6. Flora del Triásico del norte de Chile

Las floras triásicas en el norte de Chile se encuentran restringidas a localidades de las siguientes formaciones: Formación Quebrada El Salitre (definida por Naranjo y Puig, 1984); Formación Pular (definida por Brüggén, 1942); Formación Profeta (definida por Chong, 1973); Formación La Ternera (definida por Brüggén, 1917, 1950); Formación San Félix (definida por Reutter, 1974); Formación Las Breas (definida por Dediós, 1967; Letelier, 1977) y Formación El Puquén (definida por Cecioni y Westermann, 1968).

En el norte de Chile se tiene registro – según la sistemática propuesta por Taylor *et al.* (2009) – de las divisiones Sphenophyta (Herbst *et al.*, 1998; Herbst y Troncoso, 2012; Magnata y Valenzuela, 2015; Reyes *et al.*, 2016; Reyes, 2017), Pteridophyta (Herbst, 1994, 2000; Herbst *et al.*, 1998; Herbst y Troncoso, 2012; Reyes *et al.*, 2016;

Reyes, 2017), Pteridospermophyta (Gnaedinger y Herbst, 2001; Herbst y Troncoso, 2012; Magnata y Valenzuela, 2015; Reyes *et al.*, 2016, Reyes, 2017), Cycadophyta (Herbst y Gnaedinger, 2002; Niemeyer *et al.*, 2008; Herbst y Troncoso, 2012; Magnata y Valenzuela, 2015; Reyes *et al.*, 2016; Reyes, 2017); Ginkgophyta (Troncoso y Herbst, 1999; Herbst y Troncoso, 2012; Reyes, 2017) y Coniferophytas (Troncoso *et al.*, 2000; Herbst y Troncoso, 2012; Magnata y Valenzuela, 2015; Reyes *et al.*, 2016; Reyes, 2017); así como de otros elementos *incertae sedis* (Gnaedinger y Herbst, 2004a,b; Herbst y Troncoso, 2012; Reyes, 2017). El registro taxonómico de la flora triásica del norte de Chile se presenta en la tabla del Anexo 1.

Las esfenófitas se encuentran representadas principalmente por Equisetales, con especies tales como *Neocalamites* cf. *carrerei* (Herbst y Troncoso, 2012) y *Neocalamites* sp. (Reyes, 2017; Reyes *et al.*, 2016) en la Formación Quebrada del Salitre; y *Neocalamites carrerei* en la Formación La Ternera (Herbst *et al.*, 1998). Además, han sido identificados restos de Equisetales en la Formación Profeta, aunque no ha sido posible asignarlos a un género específico (Magnata y Valenzuela, 2015).

Las pteridófitas se encuentran representadas por Marattiales, Osmundales y Filicales. Las Marattiales han sido identificadas en la Formación La Ternera, con especies tales como *Asterotheca rigbyana* (Herbst *et al.*, 1998; Reyes, 2017), *Asterotheca fuchsi* y *Rienitsia ternerae* (Herbst *et al.*, 1998).

Entre las Osmundales se han identificado las especies *Todites chilensis*, *Todites* sp., *Cladophlebis mendozaensis*, *Cladophlebis kurtzi* y *Cladophlebis* sp. en la Formación La Ternera (Herbst *et al.*, 1998; Reyes, 2017). En la Formación Quebrada del Salitre se han identificado las especies *Cladophlebis* cf. *mesozoica*, *Cladophlebis* cf. *kurtzi*, *Cladophlebis* cf. *mendozaensis* y *Cladophlebis* sp. (Herbst y Troncoso, 2012; Reyes *et al.*, 2016; Reyes, 2017).

Las Filicales están representadas por las familias Gleicheniaceae (género *Gleichenites*) y Dipteridaceae (géneros *Dictyophyllum* y *Goepertella*). En la Formación

Quebrada del Salitre se han identificado las especies *Gleichenites cachivaritensis* y *Dictyophyllum (Dictyophyllum) tenuifolium*. Para la Formación La Ternera se han identificado las especies *Gleichenites cachivaritensis*, *Dictyophyllum (Dictyophyllum) tenuifolium*, *Dictyophyllum (Dictyophyllum) fuenzalidai*, *Dictyophyllum (Thaumatopteris) rothi* y *Dictyophyllum* sp. (Herbst, 1994, 2000; Herbst *et al.*, 1998; Reyes, 2017). En tanto, la especie *Goepertella taverai* fue identificada en la Formación Las Breas (Herbst, 2000).

Las pteridospermoformas se encuentran representadas por las Peltaspermales, las Corystospermales y las Petriellales. El registro de Peltaspermales es escaso, con especies identificadas en la Formación La Ternera, entre las cuales se encuentran *Lepidopteris madagascariensis* y *L. stormbergensis* (Gnaedinger y Herbst, 2001). Por otra parte, en el norte de Chile, las Corystospermales tienen un registro más extenso. En la Formación Quebrada del Salitre se han documentado las especies *Dicroidium odontopteroides*, *D. lancifolium*, *D. cf. crassum*, *D. sp.* y restos de semillas identificadas como *Umkomasia* sp. (Herbst y Troncoso, 2012; Reyes *et al.*, 2016; Reyes, 2017). En la Formación Profeta se han hallado las especies *Dicroidium odontopteroides*, *D. cf. dubium*, *D. zuberi* y *D. sp.* (Magnata y Valenzuela, 2015). La Formación La Ternera registra las especies *Dicroidium odontopteroides*, *D. lancifolium*, *D. hernandezii*, *Johnstonia dutoitii*, *Xylopteris argentina* y *cf. Zuberia* sp. (Gnaedinger y Herbst, 2001). En los Estratos El Mono se han mencionado, pero no descrito ni ilustrado, *Dicroidium* aff. *odontopteroides* o *zuberi* y *Dicroidium* sp. (Blanco, 1996). En la Formación Las Breas se han identificado las especies *Dicroidium odontopteroides*, *D. lancifolium*, *D. crassum*, *D. argenteum*, *D. obtusifolium*, *Xylopteris argentina* y *cf. Zuberia* sp. (Gnaedinger y Herbst, 2001). En la Formación El Puquén, el registro de Corystospermales está representado por *Dicroidium odontopteroides*, *D. lancifolium*, *D. dubium*, *D. obtusifolium* y *cf. Zuberia* sp. (Gnaedinger y Herbst, 2001). Por último, *cf. Rochipteris* sp. es la única especie identificada para las Petriellales, hallada en Formación Quebrada del Salitre (Herbst y Troncoso, 2012).

Las Cycadales y Bennetitales son dos grupos de cicadófitas presentes en el norte

de Chile. Las Cycadales se hallan en la Formación Pular, con la especie *Pseudoctenis fissa* (Niemeyer *et al.*, 2008); en la Formación Profeta, con la especie *Kurtziana* aff. *cacheutensis* (Magnata y Valenzuela, 2015) y en la Formación La Ternera, con las especies *Kurtziana cacheutensis*, *K. brandmayri* y *K. paipotensis*. Además, en la Formación Las Breas se registra la especie *Kurtziana cacheutensis* (Herbst y Gnaedinger, 2002). Por otro lado, los Bennettitales (o Cycadeoidales) se han documentado únicamente en la Formación Quebrada del Salitre, con las especies *Pterophyllum valdivianum*, *Pterophyllum* cf. *valdivianum*, *Pterophyllum* cf. *azcaratei* y *Pterophyllum* sp. (Herbst y Troncoso, 2012; Reyes *et al.*, 2016; Reyes, 2017). Además, Blanco (1996), menciona, sin descripciones ni ilustraciones, la presencia de *Pterophyllum* sp. en los Estratos El Mono.

Las ginkgófitas se hallan representadas únicamente por especies del grupo de las Ginkgoales. En la Formación Quebrada del Salitre se identifican las especies *Sphenobaiera* cf. *schenkii*, *Sphenobaiera* cf. *steinmannii* (Herbst y Troncoso, 2012), así como restos de Ginkgoales indeterminados (Reyes, 2017). En la Formación La Ternera han sido documentadas las especies *Ginkgoites dutoitii*, *G. waldeckensis*, ?*G. antarctica*, *G. covacevicii*, *G.* sp. y restos de semillas de Ginkgoales (Troncoso y Herbst, 1999; Reyes, 2017). Por último, en la Formación El Puquén, Troncoso y Herbst (1999) identifican las especies *Sphenobaiera stormbergensis*, cf. *S. pontifolia*, *S. sectina* y *Ginkgoites matatiensis*.

Las coniferófitas están representadas por el grupo de las Coniferales. La familia Podocarpaceae se halla presente a través de los géneros *Heidiphyllum* y *Rissikia*; mientras que el género *Pagiophyllum* representa a la familia Cheirolepidiaceae. Asimismo, han sido documentados elementos *incertae sedis* como *Desmiophyllum*. La especie *Heidiphyllum* cf. *elongatum* ha sido identificada en la Formación Quebrada del Salitre (Herbst y Troncoso, 2012). Asimismo, *Heidiphyllum elongatum* ha sido identificada en la Formación Quebrada del Salitre (Reyes *et al.*, 2016), Formación La Ternera (Troncoso *et al.*, 2000; Reyes 2017), Formación San Félix y Formación Las Breas (Troncoso *et al.*, 2000). Otra especie identificada es *Rissikia media*, presente en la

Formación La Ternera (Troncoso *et al.*, 2000). Por otro lado, la especie *Pagiophyllum* sp. ha sido identificada en la Formación Quebrada del Salitre (Herbst y Troncoso, 2012). Además, se han hallado algunas Coniferales *incertae sedis*, tales como las especies *Desmiophyllum* sp. aff. *Heidiphyllum elongatum* en la Formación Profeta (Magnata y Valenzuela, 2015) y *Desmiophyllum cacheutense* en la Formación El Puquén (Troncoso *et al.*, 2000).

Finalmente, es importante mencionar algunos elementos *incertae sedis* (de posición sistemática incierta) presentes en el registro paleoflorístico del norte de Chile, tales como *Taeniopteris densinervis*, *T. lutzae*, *T. magnifolia*, *T. plicatella*, *T. thomsoniana*, *T. troncosoi*, *T. vittata*, *T. wianamattae*, *T. sp.*, *Yabeiella* sp., *Y. brackebuschiana*, *Dejerseyia lobata*, *D. lunensis*, cf. *D. sp.*, *Linguifolium lillieanum* y hojas indeterminadas en Formación La Ternera (Gnaedinger y Herbst, 2004a,b; Reyes, 2017); *Taeniopteris* sp. en los Estratos El Mono (Blanco, 1996); *Taeniopteris densinervis*, *T. wianamattae* y *Yabeiella brackebuschiana* en Formación El Puquén (Gnaedinger y Herbst, 2004a,b); *T. anavolans*, *T. homerifolius*, *T. magnifolia*, *T. sp.* y cf. *Dejerseyia* sp. en Formación Las Breas (Gnaedinger y Herbst, 2004a,b) y *Linguifolium gracile*, *L. tenison-woodsii* y ?*L. sp.* en Formación Quebrada del Salitre (Herbst y Troncoso, 2012; Reyes, 2017), así como las fructificaciones *Matatiella suarezii* y ?*Switzianthus* sp. (Herbst y Troncoso, 2012). Además, se han registrado los palinomorfos cf. *Polycingulatisporites crenulates* y *Polycingulatisporites* sp. en los Estratos El Mono (Suárez *et al.*, 1995).

## CAPÍTULO 4: MARCO GEOLÓGICO

### 4.1. Introducción

De forma clásica, la evolución del margen suroeste de Sudamérica se ha subdividido en dos etapas: una etapa “colisional” y otra “erosional”. La etapa “colisional” se extiende desde el Proterozoico tardío hasta el Paleozoico tardío, caracterizada por la acreción de *terrane*s y la migración del arco hacia el oeste, mientras que la etapa “erosional” fue definida para los tiempos posteriores al Triásico y se caracteriza más por el retroceso hacia el este del margen continental y la migración hacia el este del arco, atribuida al proceso de erosión por subducción (Charrier *et al.*, 2007). El período intermedio, designado como ciclo pre-Andino, que abarca el Pérmico tardío y el Triásico, se caracterizó, según Charrier *et al.* (2007), como un episodio de actividad de subducción nula o muy lenta a lo largo del margen continental, durante el cual se desarrolló una organización paleogeográfica totalmente diferente. Las investigaciones más recientes han aportado nueva evidencia que permite establecer la continuidad de la subducción durante el ciclo pre-Andino (del Rey *et al.*, 2016; Coloma *et al.*, 2017; Oliveros *et al.*, 2020). En este sentido, Espinoza *et al.* (2016, 2018), para las cuencas triásicas del norte de Chile entre los 24° S y 26° S, plantea que la petrografía y la signatura geoquímica del volcanismo coetáneo sugieren que estos depocentros se desarrollaron como cuencas de *rift* relacionadas a subducción sobre un arco extensional.

En tal contexto, según Charrier *et al.* (2007), durante el ciclo pre-Andino se desarrolló una configuración paleogeográfica dominada por cuencas extensionales con orientación NNW-SSE. El extremo noroeste de las cuencas que alcanzaron el margen continental estaba ocupado por el mar y los depósitos en estas áreas son marinos, mientras que, en estas mismas cuencas, los depósitos ubicados más al sureste corresponden a sucesiones continentales. Las cuencas formadas en el interior contienen exclusivamente depósitos de origen continental. El ciclo pre-Andino se subdividiría en dos etapas, separadas por el pulso volcánico La Totorá-Pichidanguí, de edad Ladiniense-Carniense. Los depósitos de la primera etapa se caracterizan por presentar gruesos

depósitos de brechas en la base, que representan el comienzo de un ciclo de transgresión-regresión, desarrollado sobre diferentes unidades del Paleozoico. Estos depósitos están bien expuestos en las cuencas El Quereo-Los Molles y San Félix. Por otra parte, los depósitos de la segunda etapa son marinos y continentales y se superponen a las gruesas intercalaciones volcánicas del Ladiniense-Carniense, excepto en la cuenca del Biobío-Temuco, donde la intercalación silícica está presente sólo en su parte norte. Los depósitos marinos de esta etapa también corresponden a un ciclo de transgresión-regresión, como se describe para la etapa anterior, aunque en la mayoría de las secciones no se expone la parte superior del ciclo. Las porciones inferiores expuestas de las sucesiones marinas también indican una subsidencia rápida. Los depósitos continentales de la etapa más joven son de facies fluviales y lacustres (Charrier *et al.*, 2007).

En el norte de Chile, entre 24°S y 29°S, Suárez y Bell (1992), reconocieron y describieron cinco cuencas de *rift* triásicas: dos cuencas marinas (Profeta y San Félix) y tres cuencas continentales (Cifuncho, La Coipa y La Ternera). Según estos autores, las dos cuencas marinas, Profeta y San Félix, se encontraban separadas por una cadena montañosa continental de orientación noroeste, donde se acumularon los Estratos La Coipa (Estratos El Mono) y las Formaciones Cifuncho y La Ternera; o alternativamente, estaban conectadas por un canal entre dos áreas continentales. Por su parte, Charrier *et al.* (2007), identifica las cuencas extensionales entre los 22°S y 42°S, entre las cuales se encuentran las cuencas (A) El Profeta-La Ternera, que posiblemente continúa hacia el sur-sureste en Argentina como la Cuenca de Bermejo (Ischichusca-Villa Unión), en la región de La Rioja y el norte de San Juan; (B) San Félix-Cuyana, posiblemente extendiéndose hacia el sur-sureste en Argentina como la Cuenca de Cuyo (Barreal-Norte de Mendoza) en la región sur de San Juan y Mendoza; (C) La Ramada, expuesta en ambos lados de la frontera internacional; (D) El Quereo-Los Molles y (E) Biobío-Temuco.

Más recientemente se han propuesto nuevas interpretaciones para las cuencas de *rift* triásicas (Espinoza *et al.*, 2016, 2018, 2021; Salazar *et al.*, 2020), diferentes al modelo de cuencas triásicas con orientación NNW, que abarcaba tanto las cuencas

argentinas de Ischigualasto y Cuyo como las cuencas triásicas marinas y de transición chilenas distribuidas a lo largo del margen. En este sentido, según Salazar *et al.* (2020), la explicación clásica no es completamente compatible con la presencia de un cinturón magmático de orientación N-S en la Cordillera Frontal, compuesta por batolitos graníticos (Complejo Plutónico Chollay), una cuenca volcanoclástica (Formación Guanaco Sonso), ambos con firmas isotópicas y geoquímicas de un arco magmático continental, y con presencia de zonas de cizalla miloníticas de orientación norte-sur (Milonitas El Portillo). Estas características sugerirían el desacoplamiento mecánico de los sistemas de cuencas de *rift* clásticas ubicadas al oeste (Chile) y al este (Argentina) del cinturón magmático. Además, las cuencas del Triásico Inferior a Medio ubicadas al oeste del arco están delimitadas por fallas contemporáneas de orientación N-S (como la falla Las Pircas y las milonitas El Portillo) en lugar de la orientación NNW de las cuencas argentinas. Bajo estas consideraciones, los autores concluyen que es más probable que las cuencas volcánicas triásicas ubicadas en la actual Cordillera Frontal y las cuencas sedimentarias triásicas en Chile se hayan desarrollado como cuencas intra-arco y de antearco respectivamente, con orientación N-S.

Por otra parte, en Espinoza *et al.* (2021), se plantea que la Cuenca Domeyko, durante el Triásico, habría conformado una cuenca de *rift* elongada con orientación ~N-S. La orientación ~N-S de la cuenca de *rift* probablemente estuvo controlada por debilidades paralelas al margen, impulsadas por acción del *roll-back* de la placa subductada. La fuerza de *slab-pull* generada por la placa subductada tuvo una gran influencia en la dinámica de extensión del *rift*, desarrollando cuencas de *rift* relacionadas a subducción en el margen suroeste de Gondwana, mientras que los esfuerzos de campo lejano (*far-field stress*), relacionados con la ruptura de Pangea, fueron el principal mecanismo impulsor a lo largo de las cuencas de *rift* de más al interior (cuencas de *rift* de Ischigualasto, Cuyo y Neuquén).

En resumen, basado en los trabajos más actuales (Espinoza *et al.*, 2016, 2018, 2021; Salazar *et al.* 2020), se puede decir que, durante el Triásico, las cuencas de rift del norte de Chile (cuencas Domeyko, La Ternera y San Félix) se encontraban alineadas con

una orientación ~N-S y su dinámica se encontraba fuertemente influenciada por la subducción. Además, las cuencas de Chile se encontraban desacopladas mecánicamente respecto de las cuencas argentinas de orientación NNW (cuencas de Ischigualasto, Cuyo y Neuquén). El desarrollo de estas últimas respondía a los esfuerzos de campo lejano asociados a la ruptura de Pangea.

## 4.2. Cuenca La Coipa

La cuenca La Coipa (Suárez y Bell, 1992), que se extiende sobre un área de aproximadamente 300 km<sup>2</sup> en el área de la mina La Coipa-quebrada Maranceles, se encuentra conformada por depósitos continentales correspondientes a los Estratos El Mono.

Entre las diversas edades propuestas para los Estratos El Mono, hasta el momento, se encuentran las siguientes: Triásico Superior (Mercado, 1982), Triásico Inferior (Suárez y Bell, 1992; Suárez *et al.*, 1995) y Paleozoico superior (Maksaev *et al.*, 2014).

Los Estratos El Mono, definidos por Mercado (1982), corresponden a una secuencia sedimentaria detrítica de hasta 2.000 m de espesor. Los niveles inferiores de la secuencia incluyen **brechas volcanosedimentarias y conglomerados (TrJem a)** y **conglomerados y brechas gruesas (TrJem b)**. Los niveles intermedios corresponden a **lutitas carbonosas (TrJem c)** negras laminadas, ricas en materia orgánica, con intercalaciones de areniscas finas con laminación paralela y gradación normal. Los niveles superiores están conformados por **conglomerados finos y areniscas cuarcíferas (TrJem d)** de color pardo amarillento (Cornejo *et al.*, 1998).

La asociación de facies de los niveles intermedios (TrJem c) representa, según Suárez *et al.* (1995), depósitos acumulados principalmente por suspensión (lutitas) y corrientes de turbidez (areniscas) en una cuenca lacustre subsidente. Por otro lado, en relación con la asociación de facies de los niveles superiores (TrJem d), la sucesión repetidamente intercalada de sedimentos gruesos y finos contiene estructuras que

indican una amplia variedad de procesos de depositación (por suspensión, corrientes de turbidez, flujos de detritos y flujos de corriente). Esta complejidad sugiere una acumulación en la parte subacuática de un abanico deltaico (durante un nivel bajo) o en un talud (durante un nivel alto) (Suárez *et al.*, 1995).

Los Estratos El Mono representan el relleno sedimentario de una cuenca de *rift* triásica (Cuenca La Coipa), en donde las brechas (TrJem a y b) corresponden a las facies ‘sin-rift’, mientras que los niveles intermedios y superiores (TrJem c y d) representan facies del período de subsidencia térmica, durante el cual el dominio sedimentario se propagó fuera de los límites originales de la cuenca (Cornejo *et al.*, 1998).

### **4.3. Geología del área de estudio**

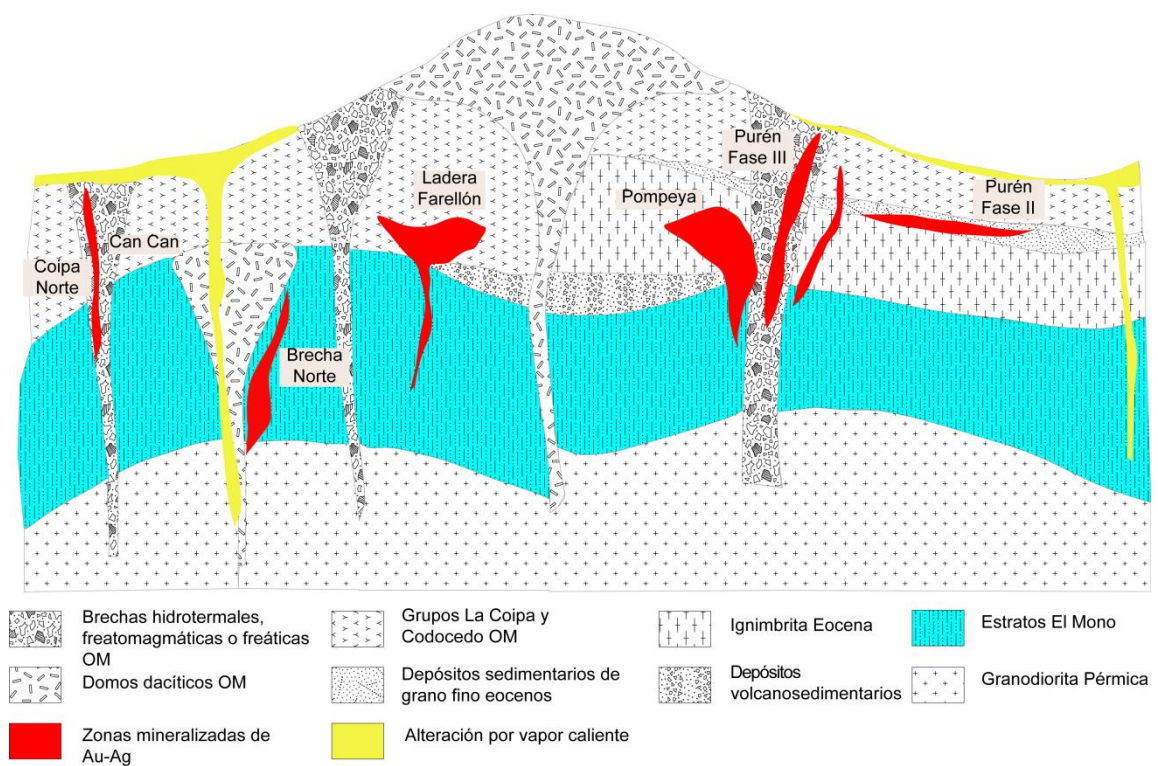
El área de estudio se caracteriza por presentar un amplio registro geológico, con afloramientos de rocas que abarcan desde el Paleozoico, Mesozoico, Paleógeno, hasta el Neógeno. A continuación, se describen las unidades más importantes para cada una de las localidades estudiadas (mina La Coipa, quebrada La Pelada y quebrada del Peñón) y que se encuentran en contacto con los Estratos El Mono.

#### **4.3.1. Mina La Coipa**

Los Estratos El Mono – en el área de la mina La Coipa – sobreyacen, en relación de no-conformidad, a un basamento cristalino de edad pérmica (Figura 4.1). El basamento corresponde a una granodiorita de edad  $266,01 \pm 0,17$  Ma, obtenida a partir de análisis de U-Pb en circones mediante la técnica de datación CA-ID-TIMS. La base de la granodiorita pérmica no ha sido observada (Gamonal, 2015). La granodiorita pérmica puede ser correlacionada con los batolitos Pedernales y Sierra Castillo (Cornejo *et al.*, 1993), ambos ubicados en la parte norte de la Franja de Maricunga. El monzogranito de quebrada Caballo Muerto, ubicado a 12 km al este de La Coipa, se ha datado en  $265 \pm 8$  Ma (Biotita, K-Ar; Cornejo *et al.*, 1998). En el área de Caballo Muerto, un bloque de rocas ígneas y volcánicas del Paleozoico tardío sobreyace a unidades del

Triásico y Mesozoico debido a la falla inversa de Caballo Muerto, de vergencia oeste, que aflora en la parte oriental del área de estudio. Estos batolitos y stocks, junto con la granodiorita pérmica (Gamonal, 2015) forman parte del Grupo plutónico Choiyoi (Carbonífero tardío-Pérmico), que constituye una gran proporción del basamento de la Franja de Maricunga (Cornejo *et al.*, 1993; Martín *et al.*, 1999).

Las unidades que se superponen a los Estratos El Mono, en el área de la mina La Coipa, corresponden a una serie de unidades sedimentarias, volcanosedimentarias y piroclásticas, cuyas edades abarcan desde el Eoceno al Mioceno. Las unidades corresponden a una dacita ignimbrítica (Tevd), depósitos volcanosedimentarios (Tedi), los Estratos de Huidobro (EOh) y los grupos La Coipa y Codocedo (Gamonal, 2015).

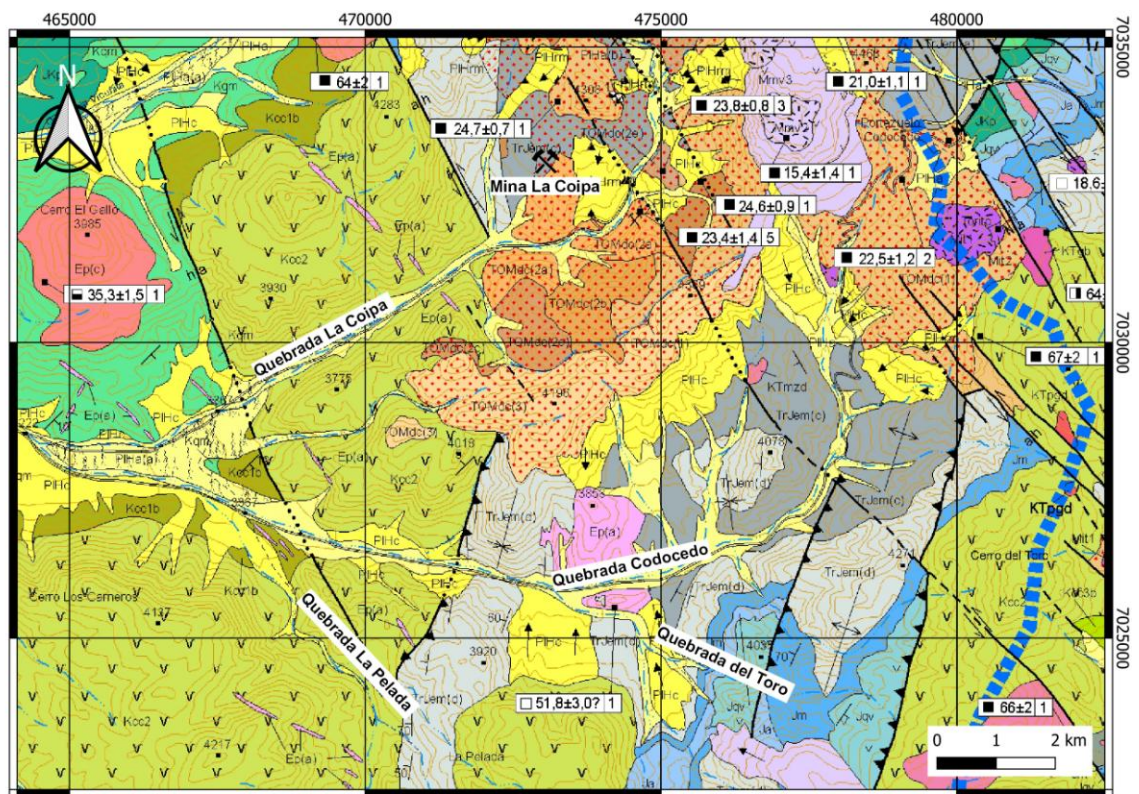


**Figura 4.1.** Sección geológica esquemática del distrito La Coipa. Abreviaciones: OM = Oligoceno-Mioceno. Modificado de Gamonal (2015).

#### 4.3.2. Quebrada Codocedo

En la quebrada Codocedo (ver figura 4.2), por la cual se extiende parte de la ruta

internacional 31-CH, se exponen diferentes asociaciones de facies de los Estratos El Mono. La asociación de facies de lutitas carbonosas (c) aflora a la altura del portezuelo Codocedo y son portadoras, junto a restos vegetales, de formas de conchostracos, ostrácodos y *Diplodon* sp. (Suárez *et al.*, 1995; Cornejo *et al.*, 1998). Por otra parte, entre las quebradas La Pelada y El Toro (Suárez *et al.*, 1995) se expone la asociación de facies de conglomerados finos y areniscas cuarcíferas (d), correspondientes a los niveles superiores de los Estratos El Mono. Esta alternancia ha sido interpretada, por Suárez y Bell (1991), como flujos de detritos gravitacionales y turbiditas lacustres, que se apoyan concordantemente sobre las lutitas negras carbonosas (c) (Cornejo *et al.*, 1998). Estratigráficamente, en la quebrada Codocedo, los niveles superiores de los Estratos El Mono muestran un paso gradual a calizas de la Fm. Montandón (Cornejo *et al.*, 1998).



**Figura 4.2.** Mapa geológico del área de las quebradas Codocedo y La Pelada. Modificado de Cornejo *et al.* (1998). Abreviaciones: TrJem = Estratos El Mono, Jm = Fm. Montandón, Ja = Fm. Asiento, Jqv = Estratos de Quebrada Vicuña, JKp = Fm. Pedernales, Kcc= Estratos de Cerro Los Carneros, TOMdc = Domas de La Coipa, Mmv = Aparatos volcánicos centrales, PIHc = Depósitos coluviales.

### 4.3.3. Quebrada La Pelada

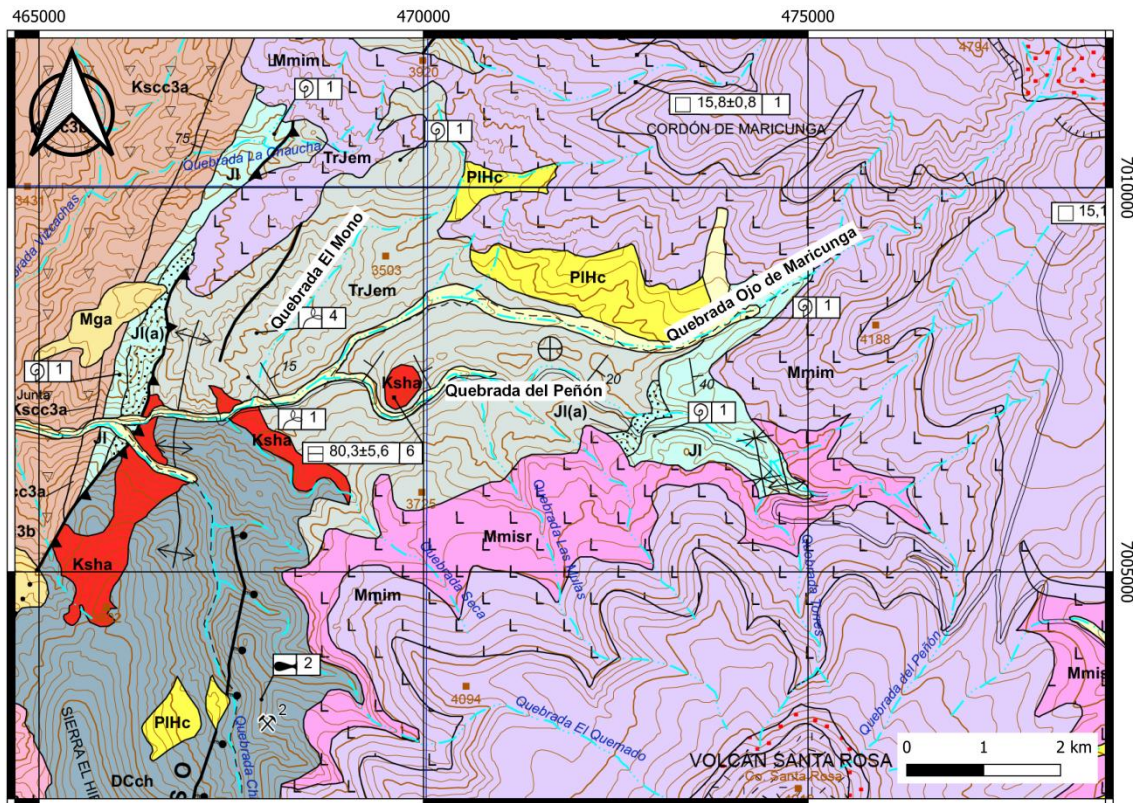
En la quebrada La Pelada (ver figura 4.2) se exponen los niveles superiores de los Estratos El Mono (miembro TrJem **d**), conformados por conglomerados finos y areniscas cuarcíferas de color pardo amarillento. Los conglomerados son matriz-soportados y las areniscas muestran gradación normal (Cornejo *et al.*, 1998). Suárez *et al.* (1995) interpretó estas facies como depósitos de flujos de detritos, corrientes de turbidez, flujos de corriente y acumulación por suspensión; formados en un ambiente de abanico deltaico subacuático o en un ambiente de talud.

### 4.3.4. Quebrada del Peñón

En la quebrada del Peñón (ver figura 4.3), localidad adyacente al flanco noroeste del volcán Santa Rosa, existen afloramientos discretos de los Estratos El Mono. De acuerdo con Blanco (1996), en este sector, los Estratos El Mono sobreyacen en discordancia angular a sedimentitas deformadas de la Formación Chinchas, mientras que se encuentran infrayaciendo a tobas ignimbríticas terciarias que cubren, en discordancia angular, a la secuencia triásica. Hacia las nacientes de la quebrada Paipote se observa el contacto concordante y transicional con las sedimentitas calcáreas de la Formación Lautaro.

Blanco (1996) distingue tres niveles de una secuencia sedimentaria clástica de 1420 m de espesor, expuesta en la vertiente occidental de la quebrada Ojos de Maricunga (paralela a la quebrada del Peñón), correspondiente a los Estratos El Mono. El **nivel basal** consta de conglomerados de bloque, conglomerados gruesos, areniscas medias y gruesas, de colores verdosos, lutitas negras con flora de *Dicrodium* sp., y areniscas y conglomerados medios de colores pardo verdosos. Estas rocas se encuentran intruídas por un filón manto andesítico con estructura columnar débilmente desarrollada y evidencias de metamorfismo de contacto en la roca de caja, tanto en la base como en el techo. El **nivel medio** de la secuencia está constituido por areniscas y conglomerados con estratificación cruzada, fangolitas rojizas, tobas ignimbríticas y de caída, de color

blanco. Algunos niveles arenosos son portadores de abundante flora fósil, dentro de las cuales se reconoce el género *Dicroidium* sp. El **nivel superior** consiste fundamentalmente en areniscas gruesas, areniscas conglomerádicas y conglomerados, con estratificación cruzada, de color rojizo, gradando a blanco hacia el techo. En este último tramo se intercalan al menos tres niveles calcáreos lenticulares portadores de bancos de *Diplodon* sp.



**Figura 4.3.** Mapa geológico del área de la quebrada del Peñón. Modificado de Mpodozis *et al.* (2012). Abreviaciones: DCch = Fm. Chinchas, TrJem = Estratos El Mono, JI = Fm. Lautaro, Ksc = Estratos de Cerro Los Carneros, Ksha = Intrusivos hipabisales andesíticos, Mmisr = Ignimbrita Santa Rosa, Mmim = Ignimbrita Maricunga, Mga = Gravas de Atacama, PIHc = Depósitos coluviales.

## CAPÍTULO 5: RESULTADOS

### 5.1. Estratigrafía

A continuación, se muestran las columnas estratigráficas levantadas en las diferentes localidades de los Estratos El Mono. La figura 5.1 corresponde a la leyenda utilizada para la litología y simbología de las columnas estratigráficas.


















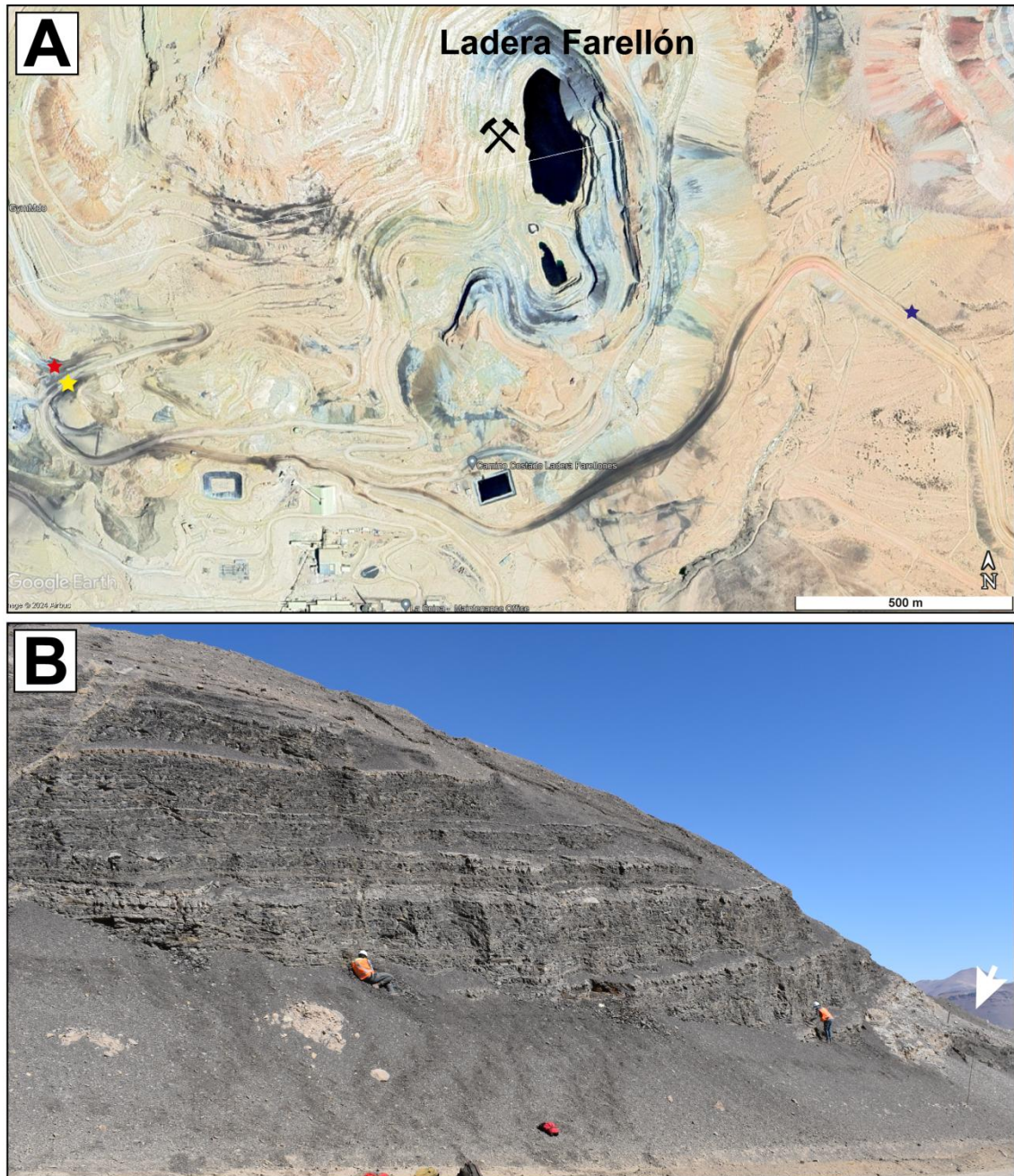
Litología		Simbología			
	Lutitas negras		Laminación paralela		Restos de peces
	Areniscas		Laminación cruzada		Restos de insectos
	Areniscas gravosas		Conchostracos		Contacto neto
	Limolitas		Restos de plantas		Contacto irregular
	Conglomerado matriz soportado		Ostrácodos		Tramo desconocido
			Detritos vegetales		Gradiente granulométrico

Figura 5.1. Leyenda de las columnas estratigráficas.

#### 5.1.1. Columna estratigráfica Mina La Coipa (MLC)

Sucesión ubicada al interior de la mina La Coipa (ver figuras 5.2 y 5.3), que aflora en los cortes de camino en el sector denominado “Camino antiguo”, aproximadamente a 3.941 m s.n.m. Sus coordenadas UTM son: 19J 473.047 E / 7.033.073 N.

La sucesión está dominada por lutitas negras finamente laminadas (láminas de ~1 mm de espesor), con intercalaciones subordinadas de areniscas finas y areniscas gravosas. Las lutitas negras contienen fósiles de conchostracos, plantas, detritos vegetales y, con menor abundancia, restos de peces e insectos. Por otra parte, las areniscas finas contienen fósiles de plantas y detritos vegetales; mientras que las areniscas gravosas sólo presentan restos fósiles de detritos vegetales. La potencia total de la columna levantada es de 9,25 m.



**Figura 5.2.** A. Imagen satelital de la mina La Coipa (sector Ladera Farellón; fuente: *Google Earth*). La estrella amarilla (coordenada UTM: 473.047 E / 7.033.073 N) indica la ubicación de la sección estratificada ilustrada en la Columna MLC (ver Figura 5.2). La estrella azul (coordenada UTM: 475.024 E / 7.033.241 N) y la estrella roja (coordenada UTM: 473.025 E / 7.033.114 N) indican otros puntos fosilíferos al interior de la mina La Coipa. B. Afloramiento de sección estratificada en el sector “Camino antiguo”, al interior de la mina La Coipa, indicado por la estrella amarilla en la imagen satelital (la flecha blanca indica la base de la sección estratificada).

# Columna Estratigráfica: Mina La Coipa (MLC)

Escala: 1:65

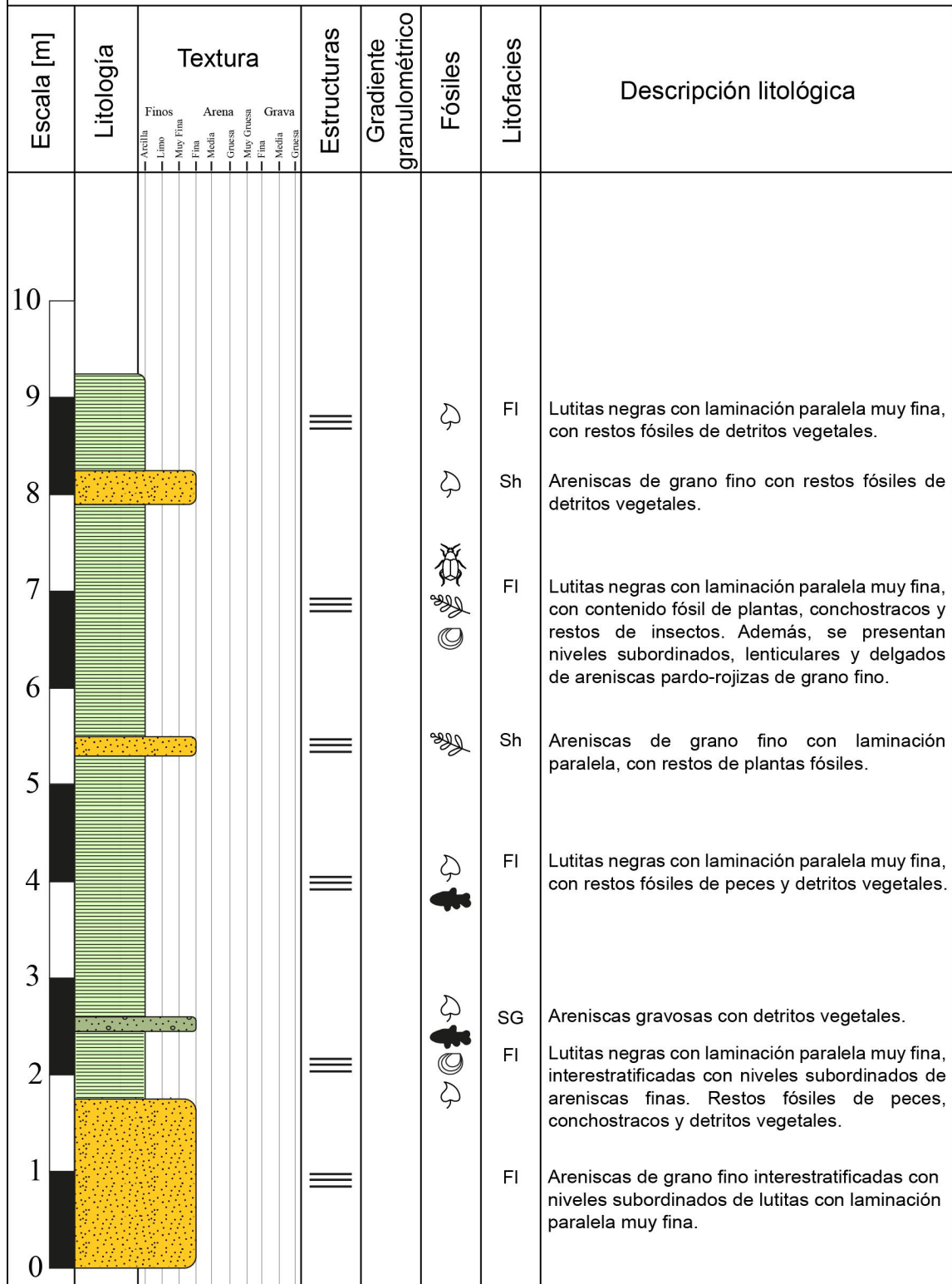
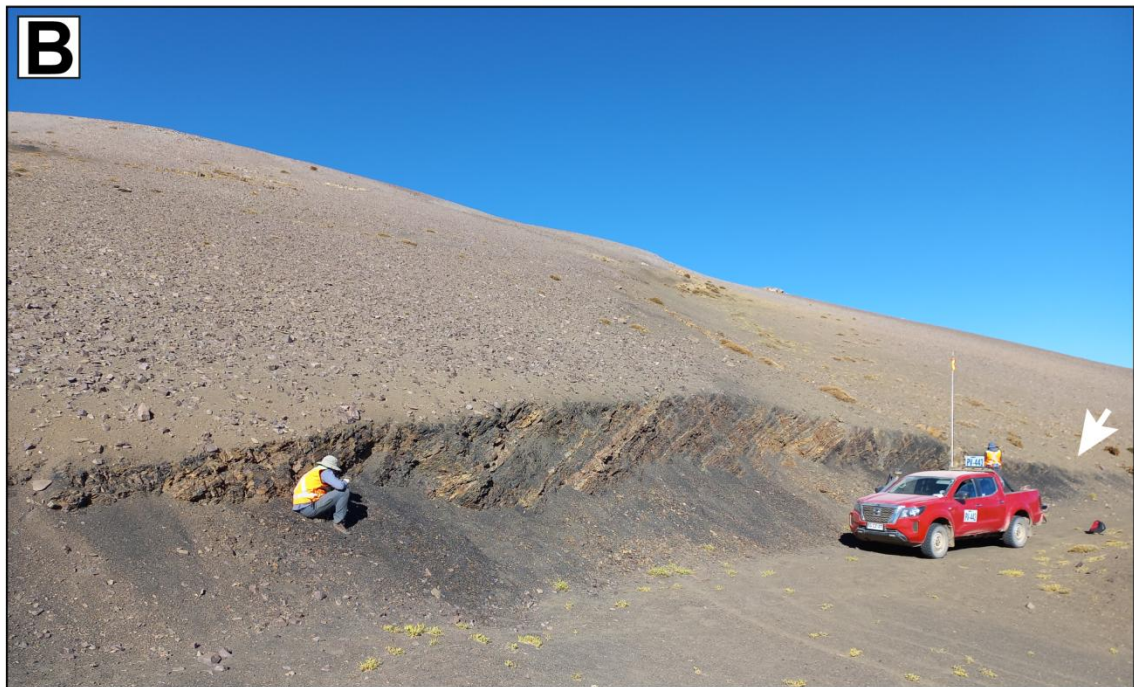
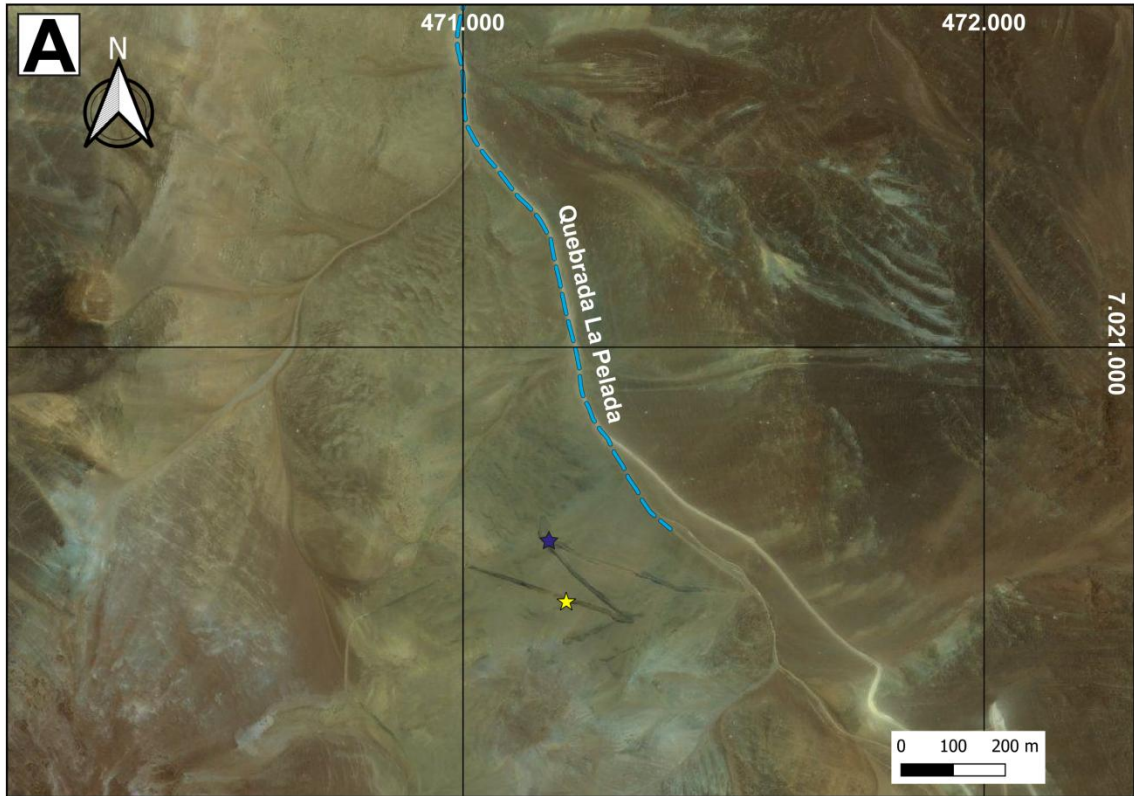


Figura 5.3. Columna estratigráfica “Mina La Coipa (MLC)”.

### **5.1.2. Columna estratigráfica de Quebrada La Pelada (QLP)**

A falta de información más precisa, se infiere que podría corresponder a la sección superior de la sucesión descrita por Suárez *et al.* (1995; ver Figura 6.1). La sección estratificada (figuras 5.4 y 5.5) aflora en un corte de camino, en la ladera suroeste de la quebrada, a 4.000 m s.n.m. Sus coordenadas UTM son: 19J 471.198 E / 7.020.511 N.

Al igual que la columna anterior, la sucesión está dominada por lutitas negras finamente laminadas (láminas de ~1 mm de espesor), con intercalaciones subordinadas de areniscas finas y areniscas gravosas. Las lutitas negras contienen fósiles de conchostracos, plantas, detritos vegetales y, con menor abundancia, restos de peces e insectos. Por otra parte, las areniscas no contienen fósiles. La potencia total de la columna levantada es de aproximadamente 12 m.



**Figura 5.4.** **A.** Imagen satelital de parte de la quebrada La Pelada. La estrella amarilla indica la ubicación de la sección estratificada (fossilífera) ilustrada en la Columna QLP (Figura 5.5). La estrella azul indica otro punto fossilífero (coordenada UTM: 471.151 E / 7.020.637 N). **B.** Afloramiento de sección estratificada en la quebrada La Pelada, ilustrada en la figura 5.5 (la flecha blanca indica la base de la sección estratificada).

# Columna Estratigráfica: Qda. La Pelada (QLP)

Escala: 1:80

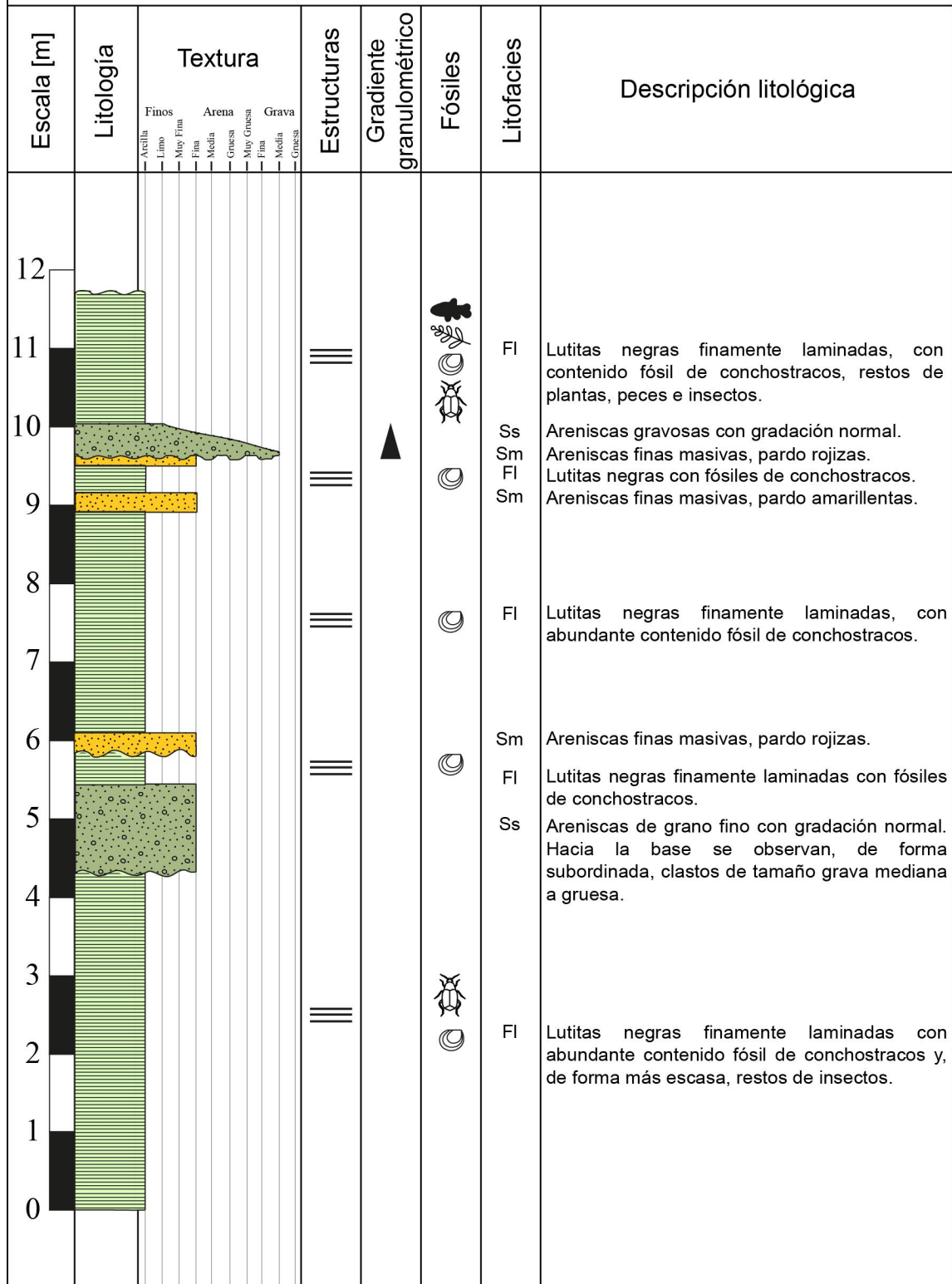


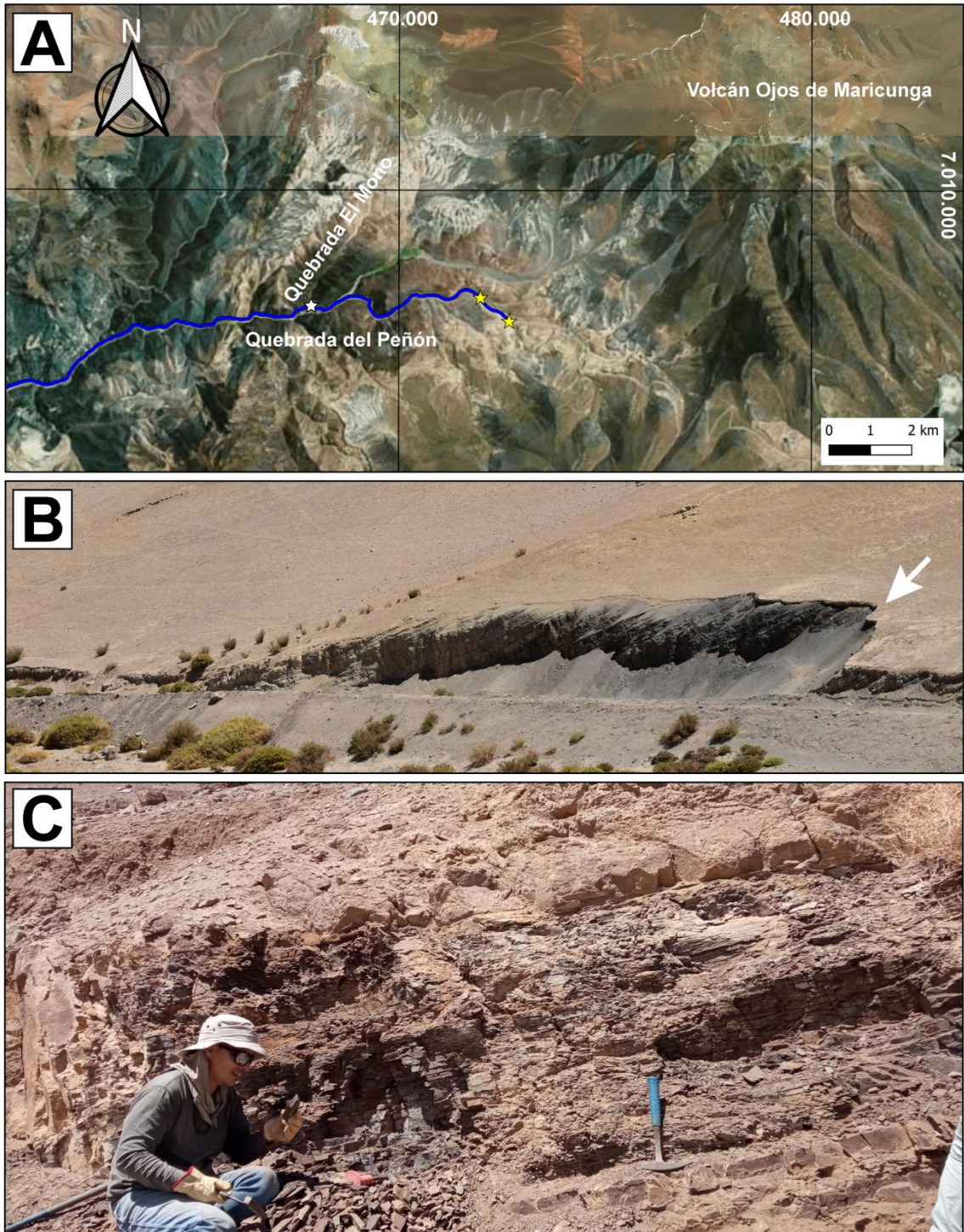
Figura 5.5. Columna estratigráfica “Quebrada La Pelada (QLP)”.

### **5.1.3. Columnas estratigráficas de Quebrada del Peñón (QP)**

Los afloramientos estudiados en la quebrada del Peñón corresponden a dos sucesiones de rocas estratificadas separadas por ~900 m de distancia.

El primer afloramiento (QP1; figura 5.6) se expone en un corte de camino y se ubica, según coordenadas UTM, en: 19J 472.672 E / 7.006.832 N, a una altura aproximada de 3.529 m s.n.m.

En este caso, la sucesión está dominada por lutitas negras finamente laminadas (láminas de ~1 mm de espesor) y limolitas gris anaranjadas, con un nivel de conglomerados matriz soportados en su parte más superior. Las lutitas negras contienen abundantes fósiles de conchostracos. Por otra parte, las limolitas contienen fósiles de plantas y ostrácodos; mientras que los conglomerados matriz soportados no presentan restos fósiles. La potencia total de la columna levantada es de 12,14 m.



**Figura 5.6.** A. Imagen satelital de parte de la quebrada del Peñón. Las estrellas amarillas indican la ubicación de las secciones estratificadas (fossilíferas) ilustradas en las figuras 5.7 y 5.8. La estrella blanca corresponde a un punto fossilífero en la entrada de la quebrada El Mono (coordenada UTM: 467.755 E / 7.007.197 N) B. Afloramiento de sección estratificada en la quebrada del Peñón, ilustrada en la figura 5.7 (la flecha blanca indica la base de la sección estratificada). C. Afloramiento de areniscas de grano fino con restos de plantas fósiles, ilustradas en la figura 5.8.

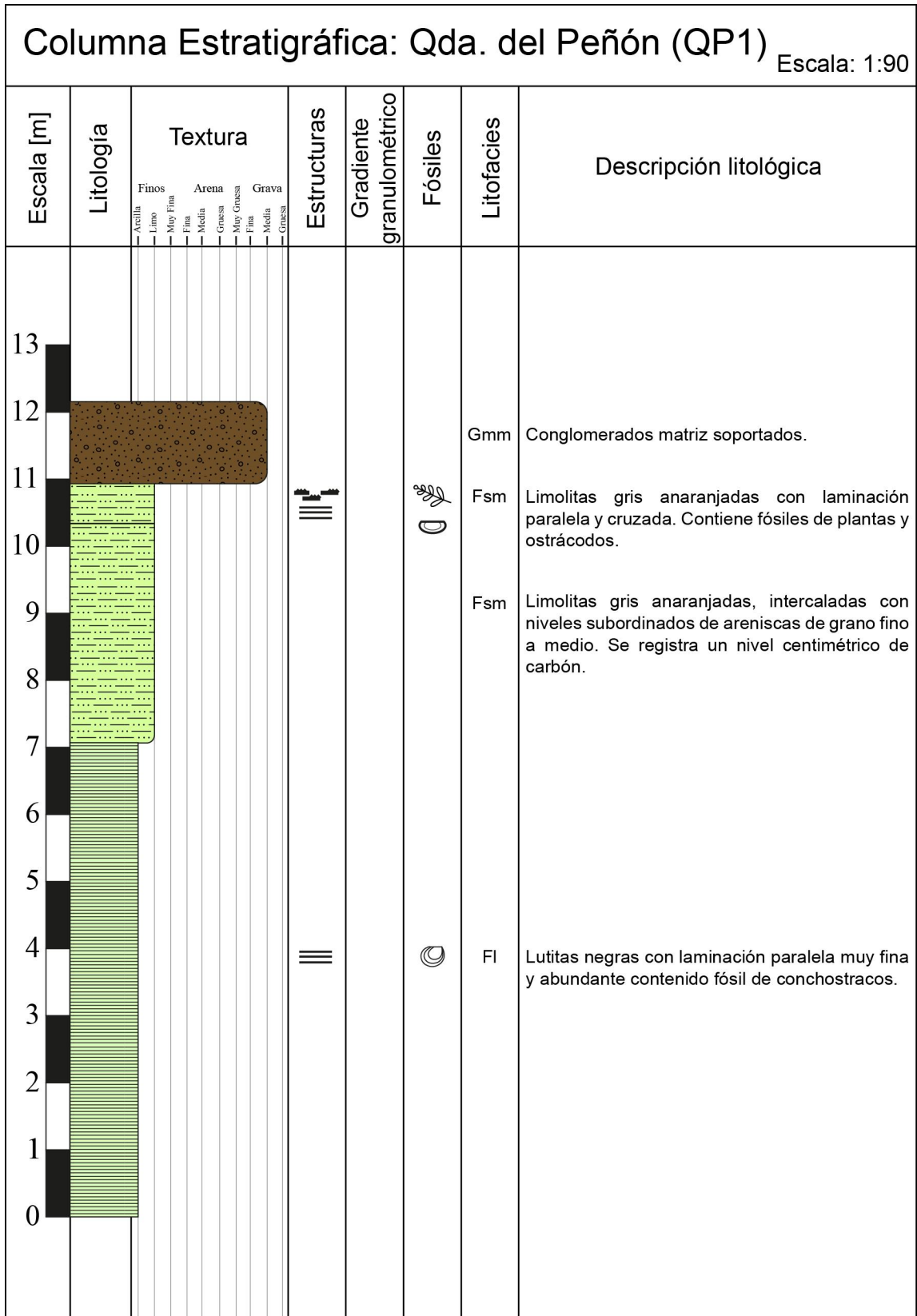


Figura 5.7. Columna estratigráfica “Quebrada del Peñón (QP1)”.

El segundo afloramiento (QP2; figura 5.8) se expone, al igual que QP1, en un corte de camino y se ubica, según coordenadas UTM, en: 19J 471.975E / 7.007.401N, a una altura aproximada de 3.456 m s.n.m.

En este caso, la sucesión está dominada por areniscas de diferentes tamaños de grano, con niveles subordinados de lutitas negras con laminación paralela muy fina. Las areniscas contienen principalmente restos fósiles de plantas. Por otra parte, las lutitas negras contienen restos fósiles de detritos vegetales. La potencia total de la columna levantada es de 10,94 m.

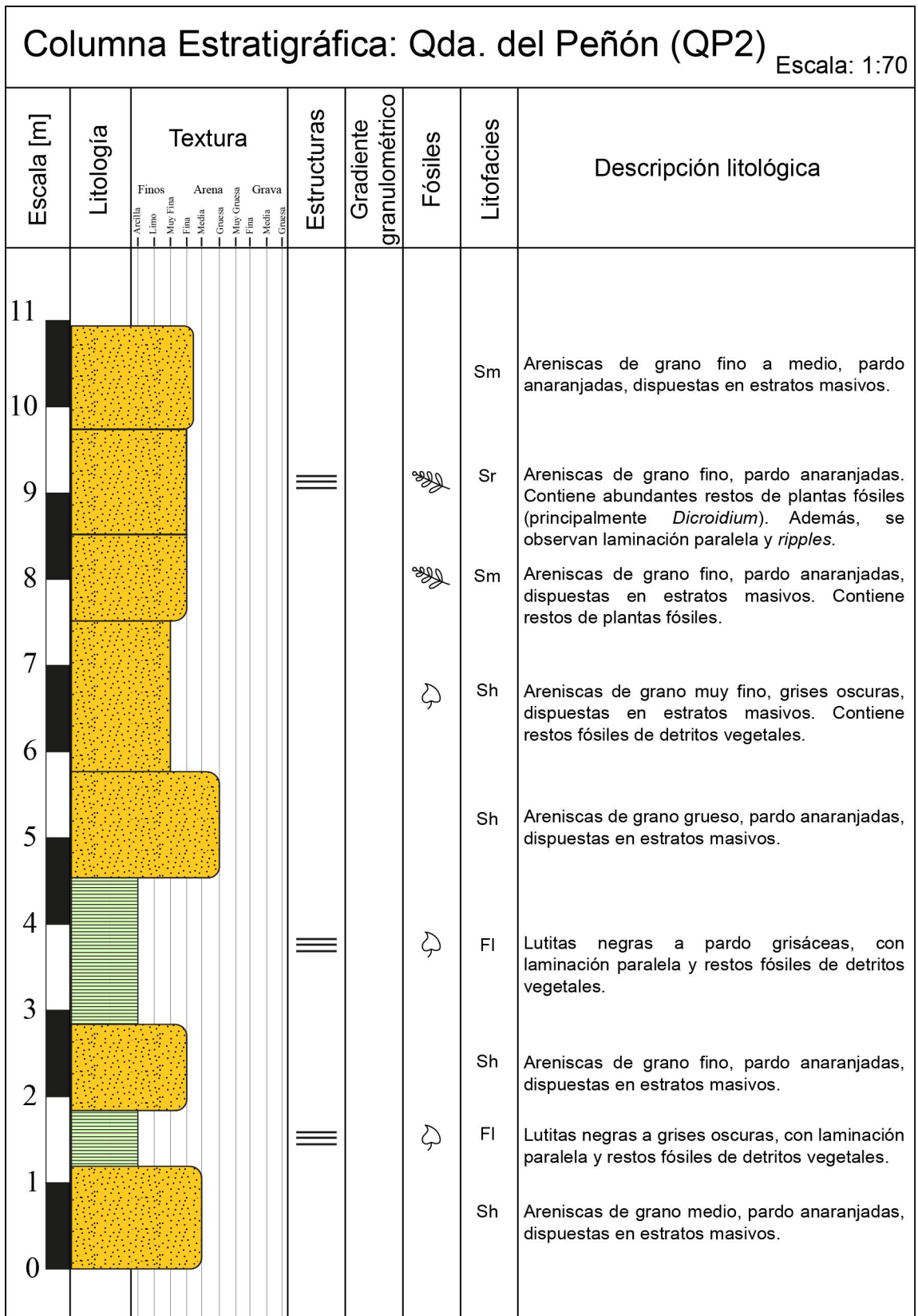


Figura 5.8. Columna estratigráfica “Quebrada del Peñón (QP2)”.

## 5.2. Análisis de litofacies sedimentarias

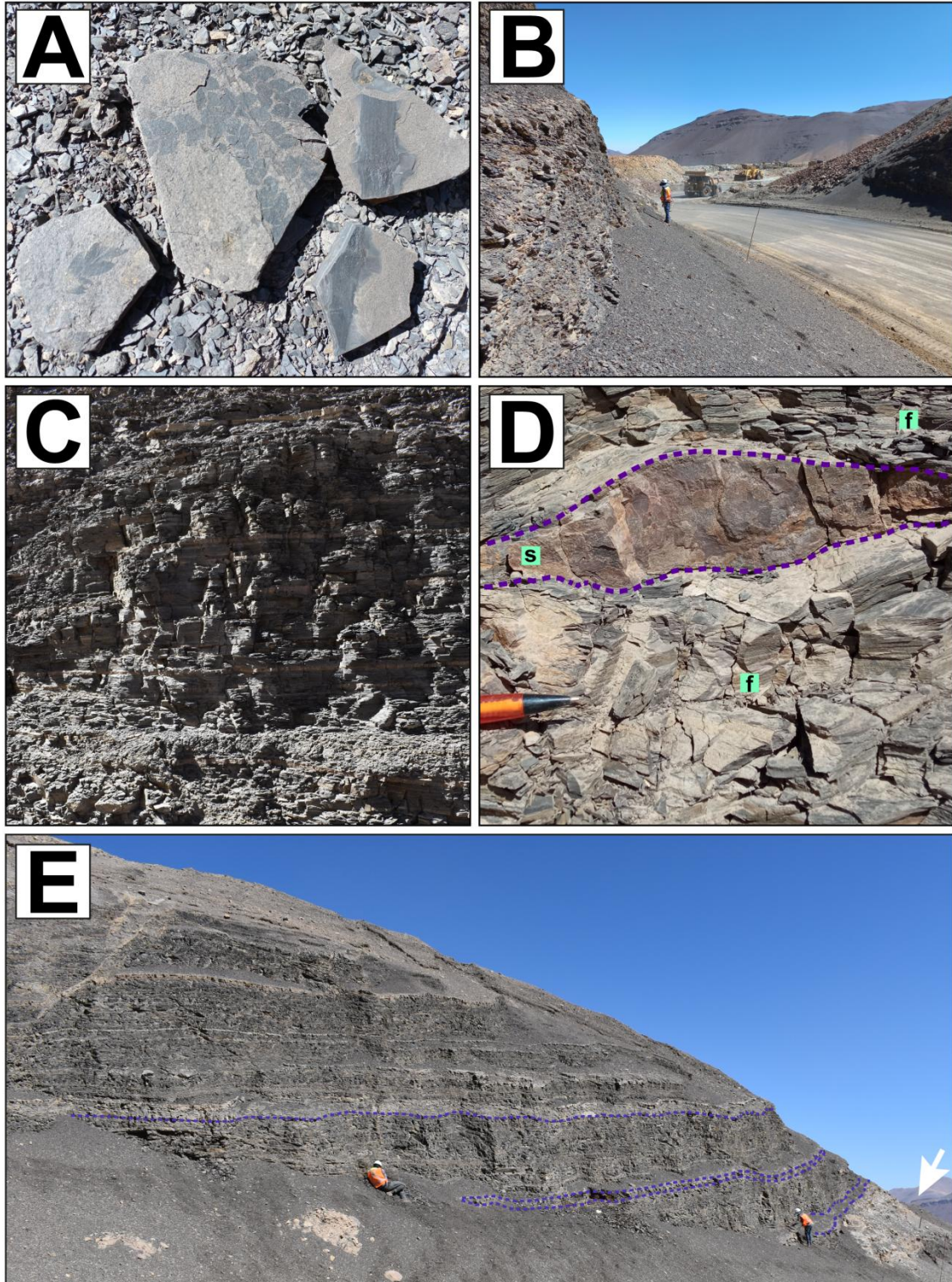
Sobre la base de la información recolectada en terreno y a partir de las columnas estratigráficas levantadas, se realizó una identificación y definición de las facies sedimentarias presentes en las localidades estudiadas.

**Columna Mina La Coipa (MLC)** (Lámina 5.1): en esta sección se reconocen seis facies principales.

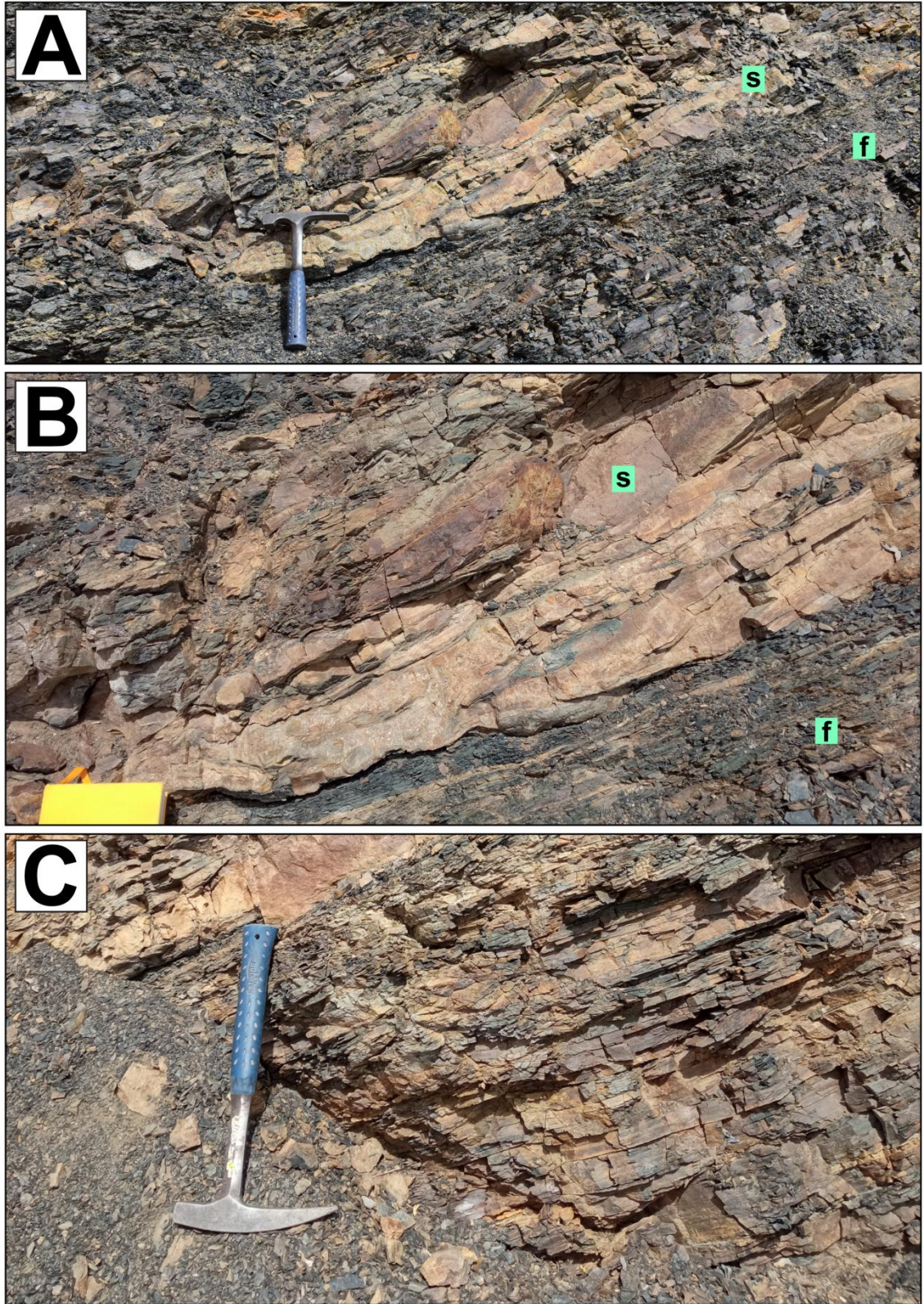
- ***Areniscas finas interestratificadas con niveles subordinados de lutitas (F1)***: corresponde a un nivel de areniscas amarillo pálidas a blanquecinas de grano fino interestratificadas con niveles subordinados de lutitas con laminación paralela muy fina, con intensa meteorización y blanquecinas.
- ***Lutitas negras interestratificadas con niveles subordinados de areniscas (F2)***: lutitas negras con laminación paralela muy fina, interestratificadas con niveles subordinados de areniscas finas con laminación paralela. El contenido fósil corresponde a detritos vegetales, conchostracos y restos de peces.
- ***Areniscas gravosas (F3)***: Areniscas finas que incluyen clastos dispersos de gravas medianas con formas redondeadas. El contenido fósil corresponde a detritos vegetales.
- ***Areniscas finas con laminación paralela (F4)***: areniscas finas con laminación paralela, que incluyen, de forma subordinada, estructuras lenticulares de lutitas negras de aproximadamente 1 mm de espesor. El contenido fósil corresponde a restos de plantas bien preservados y detritos vegetales.
- ***Lutitas negras con areniscas lenticulares intercaladas (F5)***: corresponde a un nivel de lutitas negras con laminación paralela muy fina, que incluyen niveles subordinados y delgados de areniscas finas con estructura lenticular. El contenido fósil corresponde a restos de plantas bien preservados, conchostracos y restos de insectos.

***Columna Quebrada La Pelada (QLP)*** (Lámina 5.2)

- ***Lutitas negras con conchostracos (F6)***: lutitas negras con laminación paralela muy fina. El contenido fósil se corresponde con una abundante cantidad de conchostracos, además de restos de plantas bien preservados y detritos vegetales. En menor medida se presentan restos de peces e insectos.
- ***Areniscas gravosas con gradación normal (F7)***: areniscas finas con base gravosa, que incluye clastos redondeados con tamaños de gravas medianas a gruesas. El nivel presenta gradación normal (decreciendo a areniscas finas hacia el techo) y base irregular.
- ***Areniscas finas masivas (F8)***: corresponde a niveles de areniscas finas con estructura masiva. El contacto, hacia la base, puede ser irregular o neto.



**Lámina 5.1.** A. Fósiles de plantas de la facies *F4*. B. Afloramiento de lutitas negras (facies *F2*). C. Detalle del afloramiento de lutitas negras (facies *F2*). D. Estructura lenticular de arenisca fina (s) rodeada por lutitas negras con laminación paralela (f) en la facies *F5*. E. Vista general del afloramiento de la mina La Coipa (las líneas segmentadas indican niveles de areniscas; mientras que la flecha blanca indica la base de la sección estratificada).



**Lámina 5.2.** A. Contacto erosivo entre lutitas negras (f) de la facies *F6* y areniscas gravosas (s) de la facies *F7*. B. Detalle de la imagen A. C. Lutitas negras con conchostracos (facies *F6*).

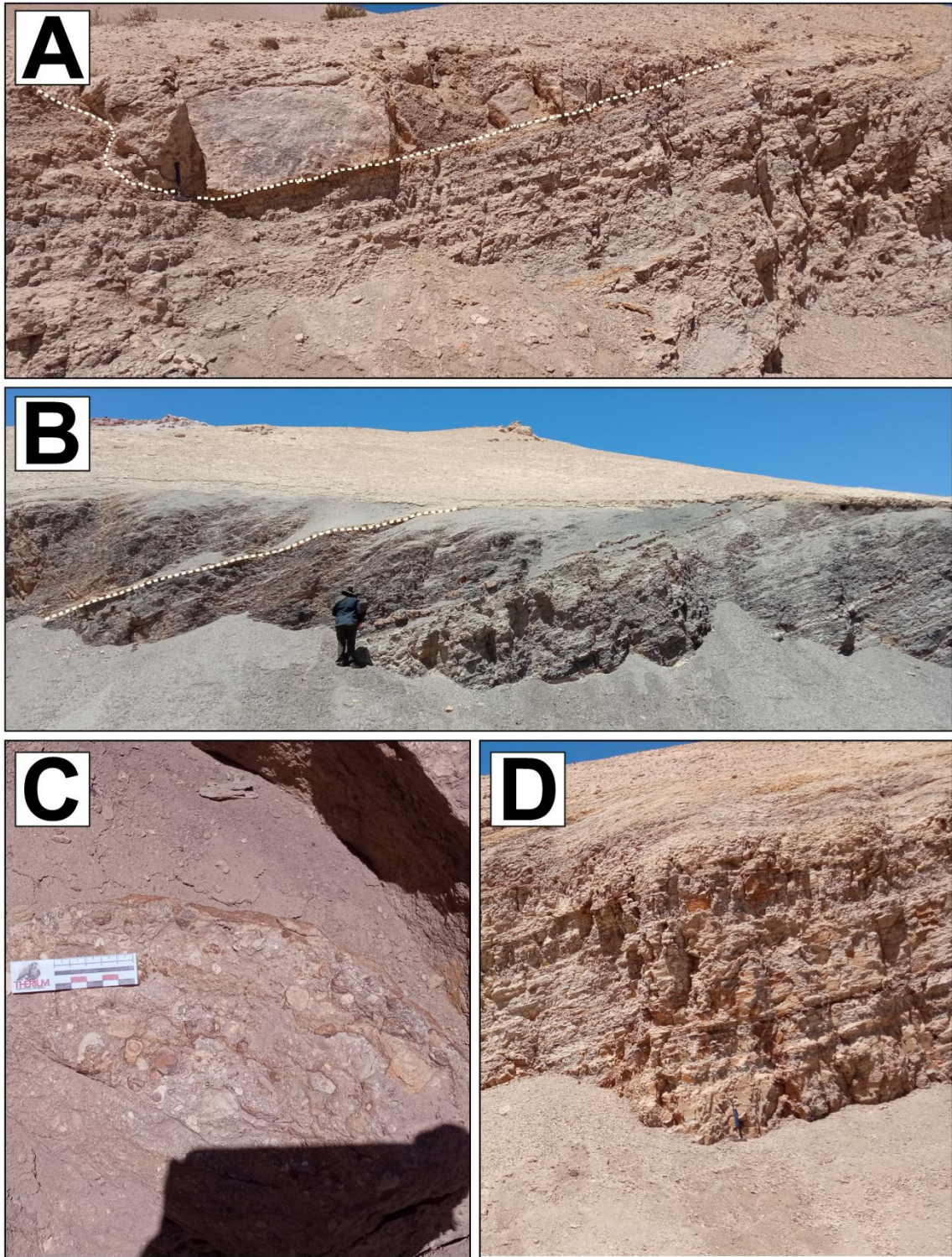
***Columna Quebrada del Peñón 1 (QP1)*** (Lámina 5.3)

- ***Lutitas negras con conchostracos y areniscas medias (F9)***: unidad predominantemente conformada por lutitas negras con laminación paralela, con niveles subordinados de areniscas medias. Las areniscas medias tienen una estructura plana en la base y ondulada hacia el techo. La unidad contiene abundantes fósiles de conchostracos.
- ***Limolitas gris anaranjadas (F10)***: corresponde a un nivel de limolitas gris anaranjadas, que en su mayor parte está conformada por estratos delgados de limolita. Además, se presentan niveles subordinados de areniscas finas a medias. Hacia el techo del nivel, aparecen estructuras de laminación paralela y, en menor medida, cruzada. También hacia el techo, el contenido fósil es de ostrácodos y restos de plantas bien preservados.
- ***Conglomerados matriz soportados (F11)***: conglomerados pardo anaranjados, matriz soportados, cuya matriz se compone de arena gruesa a muy gruesa; mientras que los clastos mayores corresponden a gravas finas a medianas, con formas subredondeadas. En la base presenta contacto neto a ligeramente irregular.

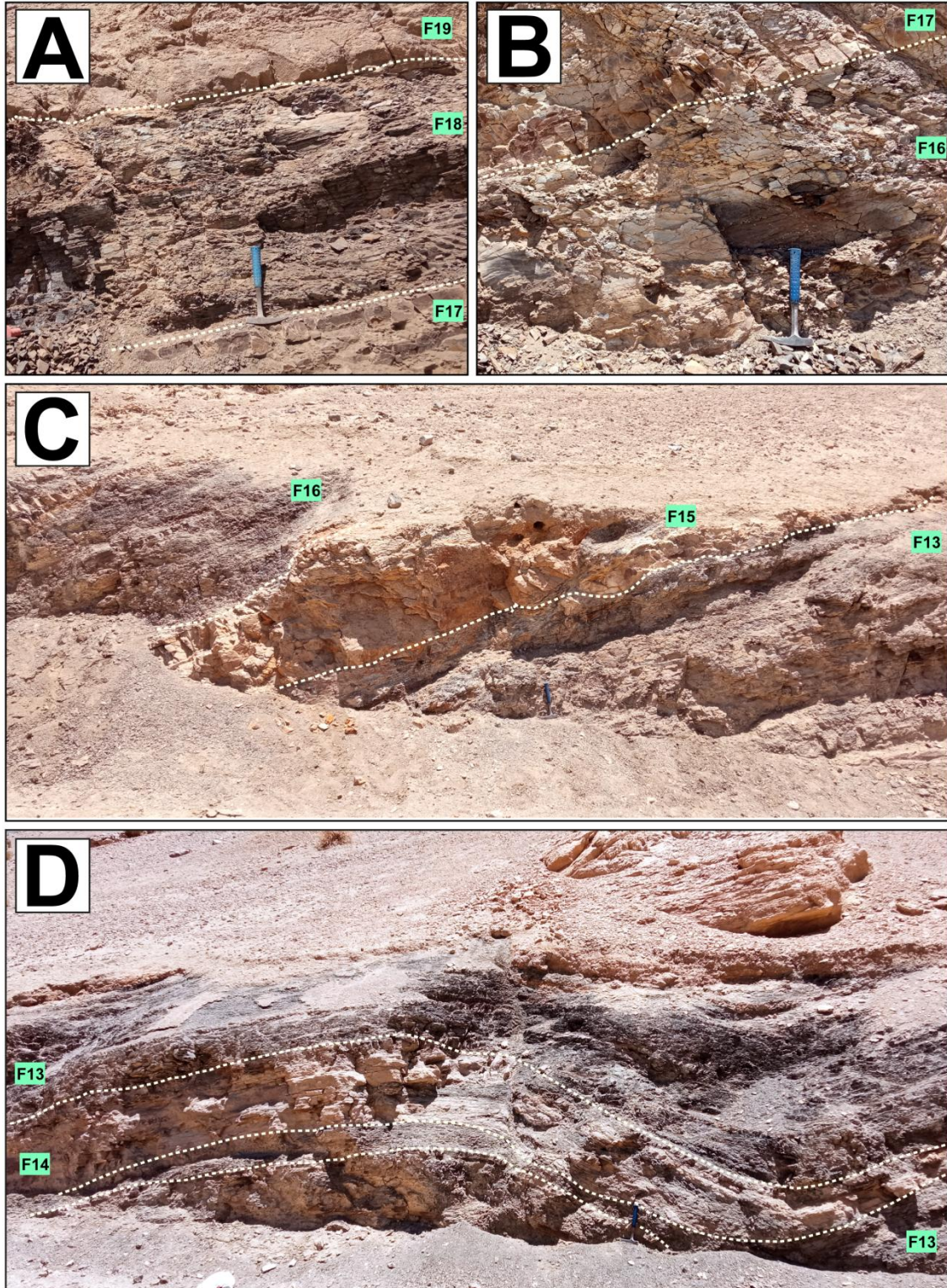
***Columna Quebrada del Peñón 2 (QP2)*** (Lámina 5.4)

- ***Areniscas medias masivas (F12)***: corresponde a areniscas medias pardo anaranjadas, dispuestas en estratos delgados, masivas.
- ***Lutitas negras con detritos vegetales (F13)***: corresponde a niveles de lutitas negras a gris oscuras, con laminación paralela y restos fósiles de detritos vegetales.
- ***Areniscas finas masivas (F14)***: niveles de areniscas finas, masivas, dispuestas en estratos delgados.
- ***Areniscas gruesas masivas (F15)***: nivel de areniscas gruesas, masivas, dispuestas en estratos delgados a medianos.
- ***Areniscas muy finas con detritos vegetales (F16)***: areniscas finas, masivas, dispuestas en estratos horizontales muy delgados a delgados. El contenido fósil corresponde a detritos vegetales.

- ***Areniscas finas masivas con estratificación mediana a gruesa (F17)***: areniscas finas masivas, dispuestas en estratos horizontales medianos a gruesos. El contenido fósil corresponde a restos de plantas bien preservados.
- ***Areniscas de grano fino con Dicroidium (F18)***: areniscas finas, dispuestas en estratos paralelos, muy delgados a delgados. Los estratos son masivos, algunos con pequeñas ondulaciones en su parte superior (*ripples*). El contenido fósil corresponde a restos abundantes de plantas fósiles bien preservados.
- ***Areniscas finas a medias masivas (F19)***: nivel correspondiente a areniscas finas a medias, dispuestas en estratos gruesos, masivos.



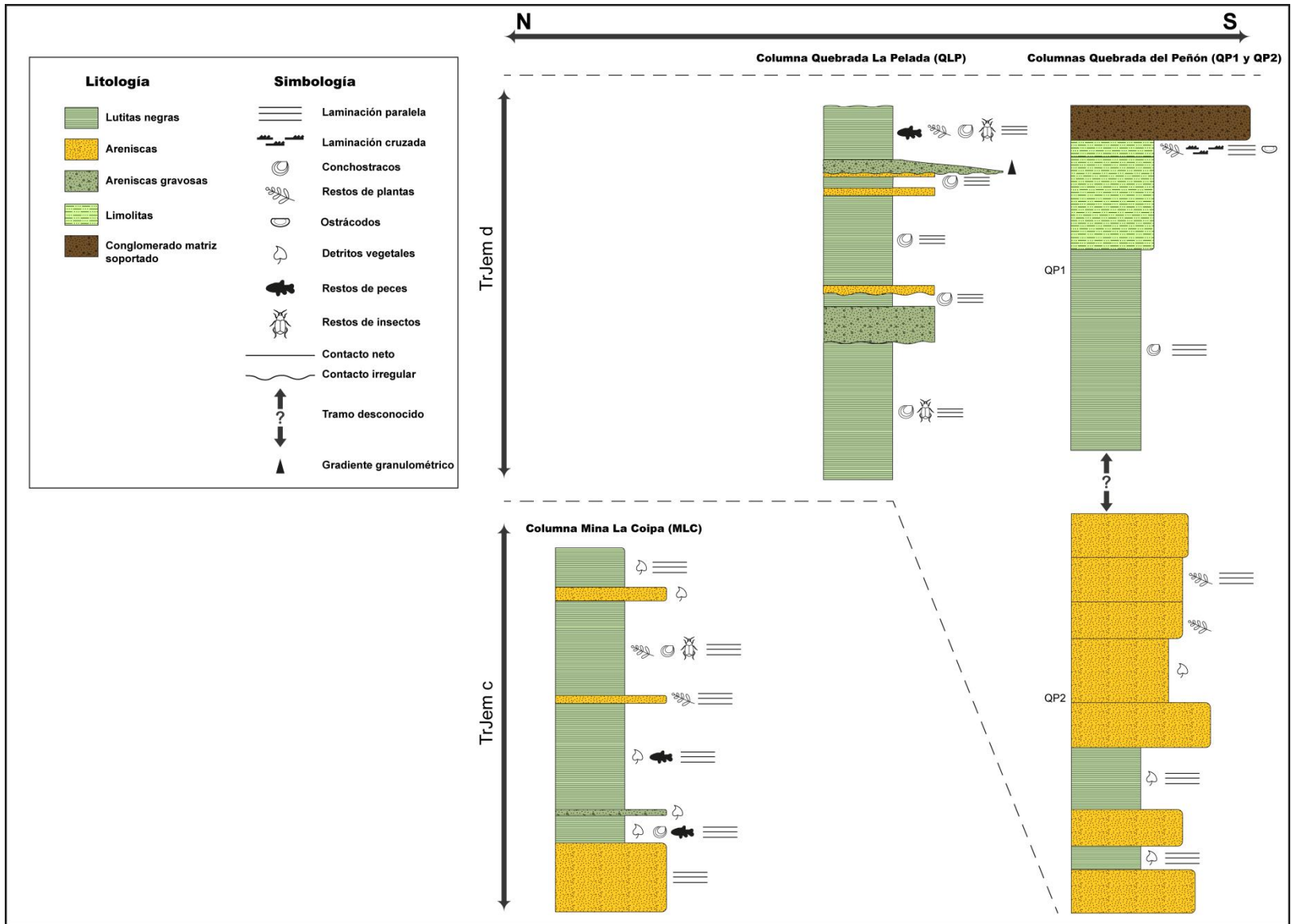
**Lámina 5.3.** **A.** Contacto erosivo entre conglomerados matriz soportados (facies 11; sobre la línea segmentada) y limolitas gris anaranjadas (facies 10; bajo la línea segmentada). **B.** Contacto neto entre limolitas gris anaranjadas (facies 10; sobre la línea segmentada) y lutitas negras (facies 9; bajo la línea segmentada). **C.** Detalle de los conglomerados matriz soportados (facies 11). **D.** Limolitas gris anaranjadas (facies 10).



**Lámina 5.4.** **A.** Relación de contacto entre areniscas finas masivas (F17), areniscas de grano fino con *Dicroidium* (F18) y areniscas finas a medias masivas (F19). **B.** Relación de contacto entre areniscas muy finas con detritos vegetales (F16) y areniscas finas masivas (F17). **C.** Relación de contacto entre lutitas negras (F13), areniscas gruesas masivas (F15) y areniscas muy finas con detritos vegetales (F16). **D.** Relación de contacto entre lutitas negras (F13) y areniscas finas masivas (F14).

A cada una de las facies identificadas en las distintas localidades, se le ha asignado un código de acuerdo con la clasificación de litofacies de Miall (1996, 2006), lo cual se representa en la siguiente tabla.

<b>Tabla 5.1. Litofacies presentes en los Estratos El Mono</b>					
<b>Código</b>	<b>Litofacies</b>	<b>Facies (trabajo actual)</b>	<b>Arquitectura</b>	<b>Estructuras sedimentarias</b>	<b>Fósiles</b>
<i>Gmm</i>	Conglomerados matriz soportados	<i>F11</i>	Tabular	Masivo, sin gradación	-
<i>GS</i>	Areniscas gravosas	<i>F3</i>	Tabular	Masivo, sin gradación	-
<i>Sr</i>	Areniscas finas	<i>F18</i>	Tabular	Estratificación paralela muy delgada a delgada; <i>ripples</i>	Restos de plantas ( <i>Dicroidium</i> )
<i>Sh</i>	Areniscas finas a gruesas	<i>F4, F12, F14, F15, F16</i>	Tabular	Laminación paralela; estructuras lenticulares de lutitas; estratificación muy delgada a mediana	Restos de plantas; detritos vegetales
<i>Ss</i>	Areniscas gravosas	<i>F7</i>	Acanalado	Gradación normal; base irregular	-
<i>Sm</i>	Areniscas finas a medias	<i>F8, F17, F19</i>	Tabular	Estratificación mediana a gruesa, masiva	Restos de plantas
<i>Fsm</i>	Limolitas	<i>F10</i>	Tabular	Estratificación delgada, laminación paralela y cruzada	Restos de plantas; ostrácodos
<i>Fl</i>	Lutitas negras, areniscas finas	<i>F1, F2, F5, F6, F9, F13</i>	Tabular	Laminación paralela; estructuras lenticulares de areniscas	Restos de plantas; detritos vegetales; restos de insectos; conchostracos; restos de peces



**Figura 5.9.** Diagrama esquemático de correlación (sin escalas) entre las columnas estratigráficas. **TrJem c:** Miembro intermedio de los Estratos El Mono. **TrJem d** = Miembro superior de los Estratos El Mono. La línea segmentada separa los miembros intermedio (TrJem c) y superior (TrJem d).

### 5.3. Asociaciones de facies

Luego de analizar e identificar las facies presentes en cada localidad, y sobre la base de las características estratigráficas, sedimentológicas y paleontológicas de las secciones estudiadas, se proponen cuatro asociaciones de facies (AF): **AF1**: *asociación de facies de lutitas negras y areniscas*; **AF2**: *asociación de facies de lutitas negras, areniscas masivas y areniscas gravosas*; **AF3**: *asociación de facies de lutitas negras, limolitas y conglomerados* y **AF4**: *asociación de facies de areniscas con niveles menores de lutitas negras*.

#### Asociación de facies de lutitas negras y areniscas (AF1)

Asociación de facies representada principalmente por litologías de granulometría fina (lutitas y areniscas finas), con ocurrencias menores de rocas con granulometría más gruesa (areniscas gravosas). De acuerdo con la clasificación de Miall (1996), la asociación de facies está compuesta por las facies *Fl* y *Sh*; además de la facies *GS*, la cual no está definida dentro de la clasificación referida. La facies *Fl* está representada principalmente por lutitas negras finamente laminadas; así como por areniscas finas interestratificadas con niveles subordinados de lutitas con laminación paralela. Las lutitas negras con laminación paralela se asocian con depósitos formados a partir de sedimentación por suspensión (Anadón *et al.*, 1991; Miall, 1996; Nichols, 2009), mientras que las areniscas finas interestratificadas se asocian a depósitos de flujos gravitacionales (Zhao *et al.*, 2015) o a corrientes de tracción débiles (Miall, 1996). La facies *Sh* de areniscas finas con laminación paralela se puede interpretar, en general, como un depósito de sedimentos por suspensión, aunque la presencia minoritaria de estructuras lenticulares de lutitas en las facies *Sh* pueden indicar una condición parecida a la estratificación tipo *flaser*, lo cual sugiere una depositación bajo condiciones variables de energía. La facies *GS* de areniscas gravosas puede ser asociada a flujos de detritos no-cohesivos o a corrientes de turbidez de alta concentración (Chun y Chough, 1995). El conjunto de fósiles (conchostracos, restos de plantas, detritos vegetales, restos de peces y restos de insectos) presentes en la asociación de facies, indicarían un

ambiente lacustre profundo (*offshore*) (Mancuso y Marsicano, 2008; Zhao *et al.*, 2015).

### **Asociación de facies de lutitas negras, areniscas masivas y areniscas gravosas (AF2)**

Asociación de facies dominada por litologías de granulometría fina (lutitas y areniscas finas). De acuerdo con la clasificación de Miall (1996), la asociación de facies se compone por las facies *Fl*, *Sm* y *Ss*. La facies *Fl*, compuesta por lutitas negras con conchostracos se puede interpretar como un depósito por suspensión. Por otra parte, la facies *Sm*, de areniscas finas masivas, se puede interpretar como depósitos de sedimentos por flujos de gravedad (Miall, 1996) o también como lóbulos de derrame (*crevasse splay deposits*). La facies *Ss* se puede asociar a un depósito de *scour fill* (erosión y relleno) (Miall, 1996) que, de acuerdo con su geometría acuñada lateralmente, representaría un relleno de canales distributarios. De acuerdo con Miall (2016), los canales y socavamientos (*scours*) generalmente se rellenan con sedimentos más gruesos en comparación con los sedimentos de los estratos erosionados, lo que indica que la generación del canal fue causada por un aumento local en el nivel de energía.

### **Asociación de facies de lutitas negras, limolitas y conglomerados (AF3)**

Asociación de facies compuesta mayoritariamente por litologías de granulometría fina (arcillas y limo); y en menor medida granulometrías más gruesas (arenas y gravas). De acuerdo con la clasificación de Miall (1996), la asociación de facies se compone por las facies *Fl*, *Fsm* y *Gmm*. La facies *Fl* de lutitas negras con conchostracos, se pueden asociar a depósitos por suspensión en un ambiente tranquilo, de carácter lacustre. De la misma forma, la facies *Fsm* se puede asociar a depósitos por suspensión en un ambiente tranquilo, principalmente lacustre, de acuerdo con el contenido fósil de conchostracos y ostrácodos; y con estructuras sedimentarias como laminación paralela y cruzada. Por otra parte, la facies *Gmm* de conglomerados matriz soportados se pueden interpretar como un flujo de detritos plástico (de alta resistencia, viscoso; Miall, 1996) asociado a un abanico aluvial, progradando hacia un ambiente lacustre.

#### **Asociación de facies de areniscas con niveles menores de lutitas negras (AF4)**

Asociación de facies dominada por areniscas, con afloramientos menores de lutitas. La facies *Sh*, representada principalmente por areniscas muy finas a gruesas, depositadas en estratos muy delgados a delgados, se pueden asociar a una depositación bajo una condición de lecho plano superior, en la transición desde un flujo subcrítico a supercrítico. Esta fase, según Miall (2006), es más estable en areniscas muy finas a medianas, a velocidades de aproximadamente 1 m/s y a profundidades de 0,25-0,5 m bajo el agua, pero también ocurre a velocidades menores a profundidades más someras. Por otra parte, esta fase se desarrolla a velocidades menores de flujo en areniscas gruesas (~ 0,4 m/s). De acuerdo con Miall (2006), se pueden depositar este tipo de unidades, de hasta varios metros de espesor, durante eventos dinámicos únicos, como inundaciones repentinas (*flash floods*), cuando las condiciones de flujo pueden permanecer en una etapa crítica durante períodos de muchas horas. Por otro lado, la facies *Sm* se puede asociar a depósitos de sedimentos por flujos de gravedad (Miall, 1996). La facies *Sr* se puede interpretar como depósitos asociados a un régimen de flujo inferior (Miall, 1996). Por último, la facies *Fl* de lutitas negras con detritos vegetales, corresponde a niveles subordinados en la sección estudiada, y se pueden asociar a depósitos por suspensión dentro de una llanura de inundación, en una etapa de baja energía.

A continuación se muestra una tabla que resume las asociaciones de facies (AF) identificadas en las localidades estudiadas.

<b>Tabla 5.2. Asociaciones de facies identificadas en los Estratos El Mono</b>				
<b>Código</b>	<b>Asociación de facies</b>	<b>Facies</b>	<b>Proceso depositacional</b>	<b>Ambiente</b>
AF1	Lutitas negras y areniscas	<i>GS</i>	Flujos de detritos no-cohesivos o corrientes de turbidez de alta concentración	Lacustre de aguas profundas ( <i>offshore</i> )
		<i>Sh</i>	Sedimentación por suspensión	
		<i>Fl</i>	Sedimentación por suspensión; flujos gravitacionales o corrientes de tracción débiles	
AF2	Lutitas negras, areniscas masivas y areniscas gravosas	<i>Ss</i>	Scour-fill	Llanura de inundación deltaica
		<i>Sm</i>	Flujos gravitacionales de sedimentos	
		<i>Fl</i>	Sedimentación por suspensión	
AF3	Lutitas negras, limolitas y conglomerados	<i>Gmm</i>	Flujo de detritos plástico (alta resistencia, viscoso)	Lacustre
		<i>Fsm</i>	Sedimentación por suspensión	
		<i>Fl</i>	Sedimentación por suspensión	
AF4	Areniscas con niveles menores de lutitas	<i>Sh</i>	Condición de flujo de lecho plano (régimen de flujo crítico)	Llanura de inundación deltaica
		<i>Sm</i>	Flujos gravitacionales de sedimentos	
		<i>Fl</i>	Sedimentación por suspensión	

#### 5.4. Sistemática paleobotánica

La clasificación o sistemática utilizada en esta sección para los niveles supragenéricos corresponde a la propuesta por Taylor *et al.* (2009).

División Sphenophyta

Orden Equisetales

Familia *Incertae Sedis*

Género *Neocalamites* (Halle) Vladimirovicz, 1958

***Neocalamites* sp.**

**Material estudiado:** UDA-PB: 251, 252, 395.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Quebrada del Peñón.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Los ejemplares corresponden a impresiones y moldes de fragmentos de tallos estériles. El ejemplar UDA-PB.251 (Lámina 5.5: A, D) corresponde a una sección internodal incompleta, de 88 mm de largo y 46 mm de ancho, mostrando la superficie perimedular, con presencia de costillas y surcos. Las costillas miden 0,7 mm de ancho y poseen una densidad de hasta 12 costillas/cm. El ejemplar UDA-PB.252 (Lámina 5.5: B) corresponde a un fragmento de tallo articulado, con un largo de 61 mm y ancho de 38 mm, con costillas y surcos. Esta muestra sugiere un largo de internodos mayor a 41 mm. En la zona del nodo el ancho de costillas es de 2 mm, con una densidad de 5 costillas/cm, con surcos principales y secundarios; mientras que hacia la zona del internodo, el ancho de las costillas es de 5 mm. El ejemplar UDA-PB.395 (Lámina 5.5: C) corresponde a una impresión de la zona de internodo, mostrando costillas y surcos. El ancho de las costillas es de 1 mm, con una densidad de 8 costillas/cm. Además, se observan las impresiones de unas hojas lineares, muy angostas, de aproximadamente 0,3

mm de ancho, y largo de hasta 28 mm, con ápice agudo (Lámina 5.5: E). En asociación, se encuentran los restos de un tallo de 12 mm de ancho y 11 mm de largo (Lámina 5.5: F). Por las medidas, es probable que se trate de un fragmento de las ramas que salen de los tallos principales.

**Comentarios:** Los ejemplares descritos comparten características con varios géneros registrados para el Triásico en el suroeste del Gondwana, por lo cual la asignación genérica es problemática. Entre los géneros que poseen similitud con el material descrito se encuentran *Neocalamites*, *Equisetites* y *Nododendron*. El género *Neocalamites* Halle 1908, fue descrito para tallos articulados, huecos, con superficie externa lisa y superficie interna estriada, y verticilos de hojas enteras, estrechas, lanceoladas, totalmente libres en su base (similares a las de otras Calamitáceas como *Annularia* y *Asterophyllites*) y con un único haz vascular (uninervada) (Halle, 1908 según Morel *et al.*, 2015). De estas características, el material estudiado sólo muestra evidencia de tallos articulados y superficie interna estriada, sin verticilos de hojas preservados. Probablemente, el material que muestra una mayor densidad de costillas, corresponda a tallos decorticados, tal como lo indican Herbst y Troncoso (2012) para ejemplares de la Formación Quebrada del Salitre.

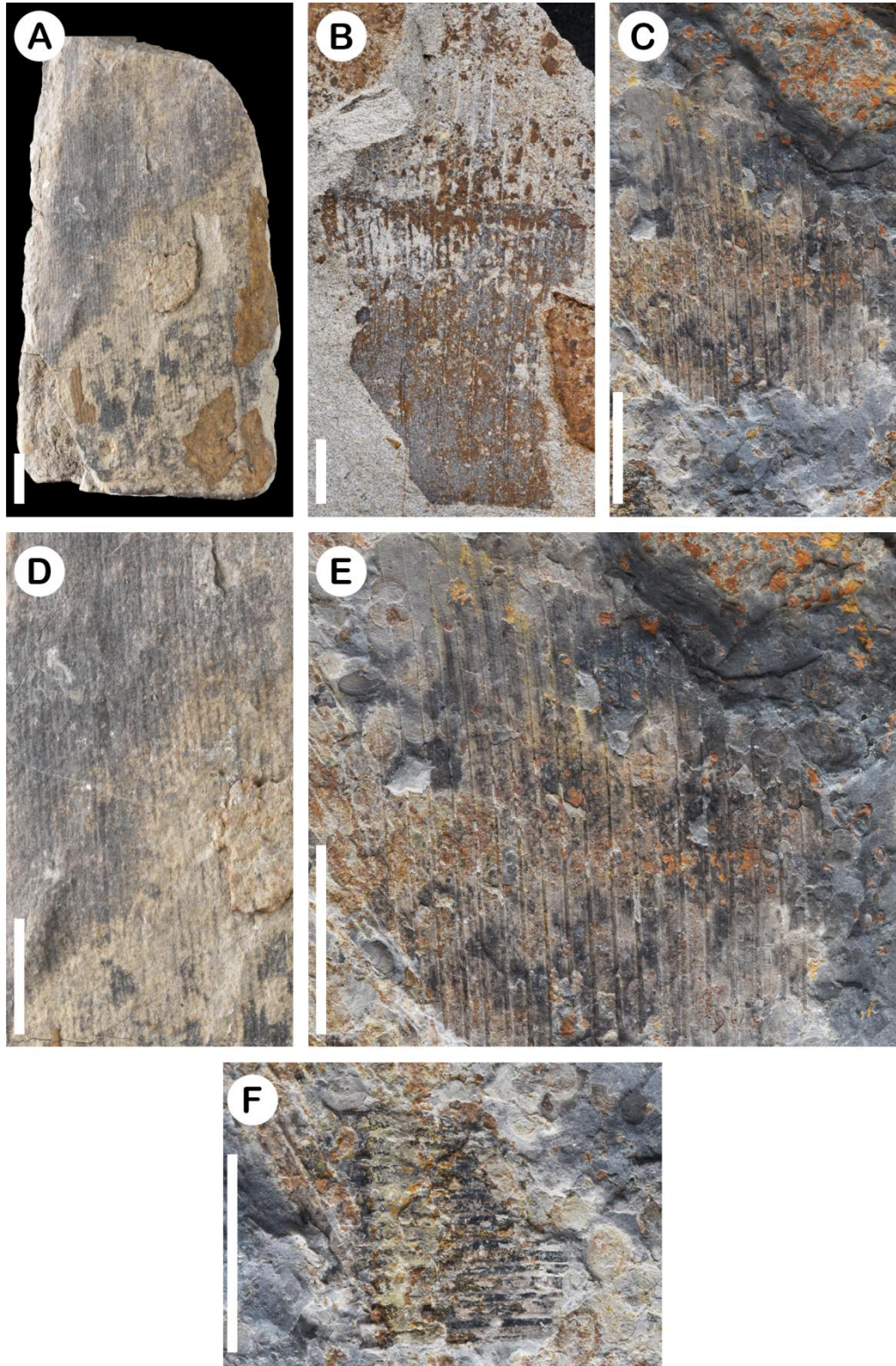
En cuanto al género *Equisetites*, se descarta que el material pueda corresponder a este género, debido a la ausencia de evidencias que indiquen verticilos foliares fusionados y reducidos, que es lo que lo diferencia del género *Neocalamites* (Escapa y Cúneo, 2006).

Por otra parte, con respecto al género *Nododendron*, Brea y Artabe (1999), sugirieron que corresponden a diferentes partes de una misma planta (*Neocalamites carrerei*), debido al hallazgo de *Nododendron suberosum* en asociación estrecha con *Neocalamites carrerei* y estructuras reproductivas (*Neocalamostachys arrondoi*), en la Formación Paramillo, en la Provincia de Mendoza, Argentina. Asimismo, Bomfleur *et al.* (2013), considera a la especie *Nododendron suberosum* como sinónimo de *Neocalamites suberosus*; aunque recientemente, Villalva *et al.* (2023), enmendaron la diagnosis original de Artabe y Zamuner (1991), revalidando el género *Nododendron*.

Finalmente, con base en lo mencionado, el material descrito, se asigna, con dudas, al género *Neocalamites*, debido a que es el género más frecuente en el Triásico

Gondwánico y, por otra parte, siguiendo a Lutz *et al.* (2011), porque los ejemplares hallados son fragmentarios y no es posible observar detalles de los nodos y verticilos foliares de los tallos, por lo cual se designa como *Neocalamites sp.*

**Distribución geográfica y cronológica:** El género *Neocalamites* tuvo una amplia distribución paleogeográfica en el Gondwana, y se ha registrado en Argentina, Chile, Sudáfrica, Australia, Nueva Zelanda y Antártica (Villalva *et al.*, 2023: Tabla 4). El biocrón del género es Pérmico Tardío-Jurásico Tardío (Villalva *et al.*, 2023).



**Lámina 5.5. *Neocalamites* sp.:** **A.** Fragmento internodal de un tallo. **B.** Fragmento de tallo a la altura del nodo. **C.** Impresión de superficie externa, con costillas y surcos. **D.** Detalle de superficie perimedular, con costillas y surcos (ejemplar imagen A). **E.** Detalle de costillas y surcos (ejemplar imagen C). **F.** Restos de tallo . Escala A-F: 1 cm.

Familia Equisetaceae

Género *Equisetites* Sternberg, 1833

***Equisetites* sp.**

**Material estudiado:** UDA-PB: 359, 360, 361, 384, 387, 388.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Mina La Coipa.

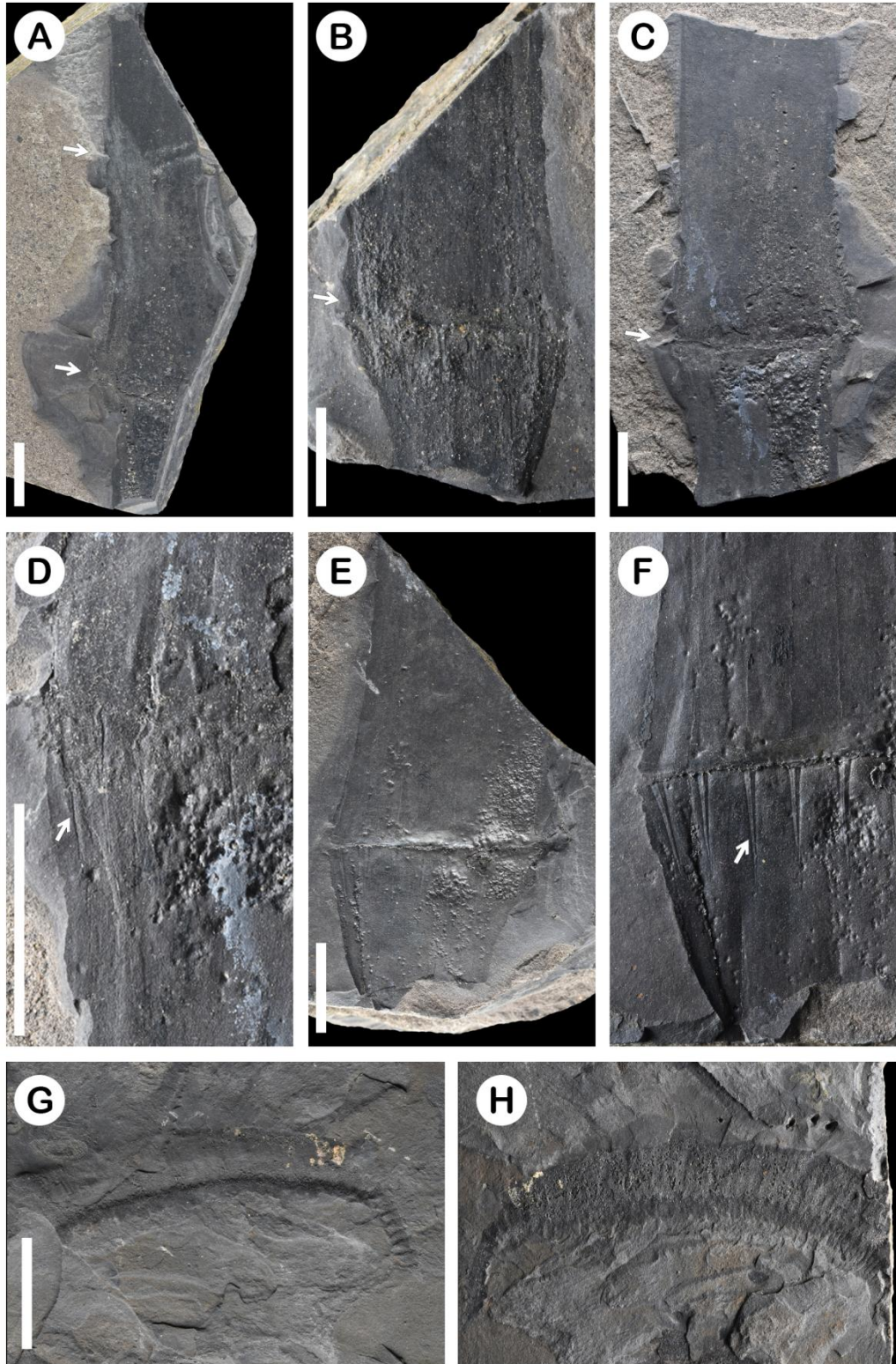
**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Los ejemplares (Lámina 5.6: A-F) corresponden a compresiones de tallos articulados (presentan nodos e internodos), de entre 49 a 76 mm de largo. Los tallos son más prominentes en los nodos y su superficie externa es lisa. El ancho de los tallos, en el internodo, es de 13 a 20,7 mm. El largo de los internodos es de 36 mm (Lámina 5.6: A). El ancho de los tallos, a la altura del nodo, es de 21,1 a 26 mm. Debajo del nodo, a la altura del verticilo, los ejemplares muestran surcos o líneas comisurales (líneas que se forman donde se unen las hojas), de 7,8 mm de largo (Lámina 5.6: E, F). Sobre el nodo se observan costillas de ~3 mm de ancho (Lámina 5.6: E, F). Además, se registran fragmentos de diafragmas nodales (Lámina 5.6: G, H).

**Comentarios:** El género *Equisetites* Sternberg (1833) se utiliza para referirse a moldes, impresiones y compresiones de restos vegetales con morfología similar a la del actual *Equisetum* L. Una de las características principales, que permite asociar a los ejemplares descritos con el género *Equisetites*, es la presencia de surcos o líneas comisurales, lo cual indica que existió una vaina foliar, que es un carácter diagnóstico del género. Se opta por nomenclatura abierta dado que no es posible una asignación específica, debido a lo fragmentario del material y a la ausencia de estructuras reproductivas.

**Distribución geográfica y cronológica:** El género *Equisetites* tuvo una amplia

distribución paleogeográfica en el Gondwana. Se ha registrado en Argentina, Antártica, Australia (Anderson y Anderson, 2018) y Chile (Leppe *et al.* 2003). El biocrón del género es Pérmico-Terciario (Anderson y Anderson, 2018).



**Lámina 5.6. *Equisetites* sp.:** A. Fragmento de tallo (flechas blancas indican los nodos). B. Fragmento de tallo (flecha blanca indica nodo). C. Fragmento de tallo (flecha blanca indica nodo). D. Detalles de nodo y surcos comisurales (ejemplar imagen C; flecha blanca indica surco comisural). E. Resto de tallo a la altura del nodo. F. Detalles de nodo, costillas y surcos comisurales (ejemplar imagen E; flecha blanca indica surco comisural). G-H. fragmentos de diafragmas nodales. Escala A-G: 1 cm.

Género *Equisetostachys* Halle, 1908

***Equisetostachys* sp.**

**Material estudiado:** UDA-PB: 253; 254; 255; 256; 257; 259; 261; 262; 263; 264; 265;  
266; 267; 268; 269; 270.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Quebrada del Peñón.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** El material corresponde a fragmentos de estróbilos y restos de discos esporangióforos individuales (Lámina 5.7: A-F). Los fragmentos de estróbilos son no bracteados, presentan un ancho de 30-38 mm y, en el caso del ejemplar mejor preservado (Lámina 5.7: A), un largo de 64 mm. Se puede inferir la presencia de un pedúnculo de 30 mm de largo y de 3.8 mm de ancho. El estróbilo se compone por esporangióforos, en forma de discos peltados hexagonales, dispuestos en verticilos alrededor de un eje central. El diámetro de los esporangióforos varía entre 6.5 y 9 mm. No se observan esporangios. En el caso de los esporangióforos que se han hallado de forma individual (Lámina 5.7: E, F), se trata de discos peltados hexagonales, con un ancho que varía entre 4.8-6.9 mm y un largo que varía entre 5.2-7.5 mm. En algunos esporangióforos, la superficie externa muestra surcos radiales que delimitan sectores triangulares convergentes hacia el centro, desde donde internamente emerge la parte proximal del esporangióforo.

**Comentarios:** De acuerdo con Anderson y Anderson (2018), para las esfenófitas triásicas de Gondwana, dentro del orden Equisetales se presentan tres géneros de estróbilos: *Viridistachys*, *Kraaiostachys* y *Equisetostachys*. Los dos primeros géneros se caracterizan por presentar algún tipo de proyección a partir del umbo de los esporangióforos, lo cual no concuerda con el material hallado en los Estratos El Mono; mientras que el tercer género, *Equisetostachys* se caracteriza por presentar discos de

esporangióforos con umbos centrales simples que carecen de puntas o proyecciones, lo cual concuerda con el material descrito. De esta forma, es posible asociar el material hallado al género *Equisetostachys*. Entre las diferentes especies de *Equisetostachys*, descritas por Anderson y Anderson (2018) para la Formación Molteno, ninguna coincide con el material hallado en los Estratos El Mono.

Por otra parte, para el Triásico de Argentina, es relevante mencionar que Brea y Artabe (1999), describen un estróbilo de esfenófita, asociándolo a la especie *Neocalamostachys arrondoi*, el cual muestra, al igual que el material hallado en los Estratos El Mono, esporangióforos que en su superficie externa presenta surcos radiales que delimitan sectores triangulares convergentes hacia el centro, de donde emerge internamente la parte proximal del esporangióforo. De todas formas, no se puede asociar el material hallado en los Estratos El Mono con la especie *Neocalamostachys arrondoi*, debido a que, en este último, el diámetro de los esporangióforos es menor (4,4-2,2 mm). Tampoco se puede asociar a otras especies del género *Neocalamostachys* (*N. pedunculatus*, *N. takahashii*), ni a *Angarotheca* (*A. originalis*), debido a la diferencia de tamaños tanto del estróbilo como de los esporangióforos (ver Brea y Artabe, 1999: Cuadro 1). Asimismo, no se puede asociar el material a los estróbilos de *Equisetites quindecimdentata*, que presenta conos de 7 mm de ancho y 12 mm de largo; y discos esporangióforos con un diámetro de 2 a 3 mm (Menéndez, 1958). Por otra parte, Coturel *et al.* (2016), describieron un estróbilo de *Equisetostachys* sp., pero con dimensiones menores (largo y ancho de 11,9 y 9,9 mm, respectivamente) en comparación con el material de los Estratos El Mono, además presenta esporangióforos cuadrangulares a pentagonales. Con respecto a los estróbilos de *Equisetites* sp. descritos por Cariglino *et al.* (2018), no muestran afinidad con el material de los Estratos El Mono, ya que corresponden a estróbilos con estructura bifurcada y presencia de dos conos. De la misma forma, no se presenta afinidad con el estróbilo de *Equicalastrobus glabratus* (Rodríguez *et al.*, 2024) que, a diferencia del material hallado en los Estratos El Mono, presenta conos con dimensiones menores (largo y ancho de 22 mm y 6 mm, respectivamente), con esporangióforos de menor tamaño (2,0 a 2,6 mm de diámetro) que muestran una proyección con forma de hoja desde el umbo, entre otras características que lo diferencian.

Finalmente, de acuerdo a lo mencionado en el párrafo precedente, se asigna el material al género *Equisetostachys*, y se refiere de la forma *Equisetostachys* sp.

**Distribución geográfica y cronológica:** El género *Equisetostachys* se distribuye ampliamente en el Triásico, estando presente en Sudáfrica (Formación Molteno), Argentina, Australia, Antártica, México (Formación Santa Clara), Japón (Formación Momanoki), Francia, Alemania, Korea y Rusia (Anderson y Anderson, 2018). El género se distribuye temporalmente desde el Pérmico hasta tiempos recientes (Terciario) (Anderson y Anderson, 2018).

División Pteridophyta

Orden Osmundales

Familia Osmundaceae

Género *Cladophlebis* Brongniart, 1849

*Cladophlebis mesozoica* Frenguelli, 1947

**Material estudiado:** UDA-PB: 019.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Quebrada La Pelada.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Pínnula falcada de 9 mm de largo y 5 mm de ancho en la base, estrechándose hacia el ápice (Lámina 5.7: G, H). La pínnula se inserta al raquis, de 1 mm de grosor, por todo el ancho de la base, con base constreñida (la constricción es más marcada en el margen basiscópico) y ligeramente procurrente. Además, presenta bordes lisos a ligeramente ondulados. La pínnula presenta una nervadura central, que emerge desde el raquis, siendo más ancha en la base y adelgazándose hacia el ápice. El ángulo entre la nervadura central y el raquis es de  $\sim 57^\circ$ . A partir de la nervadura central, se desprenden venas en ángulo agudo, que se dicotomizan cerca de la base, para luego

volver a dicotomizarse. Hacia la base de la pínula, en la zona basiscópica, algunas venas nacen directamente desde el raquis principal, y no desde la nervadura central de la pínula.

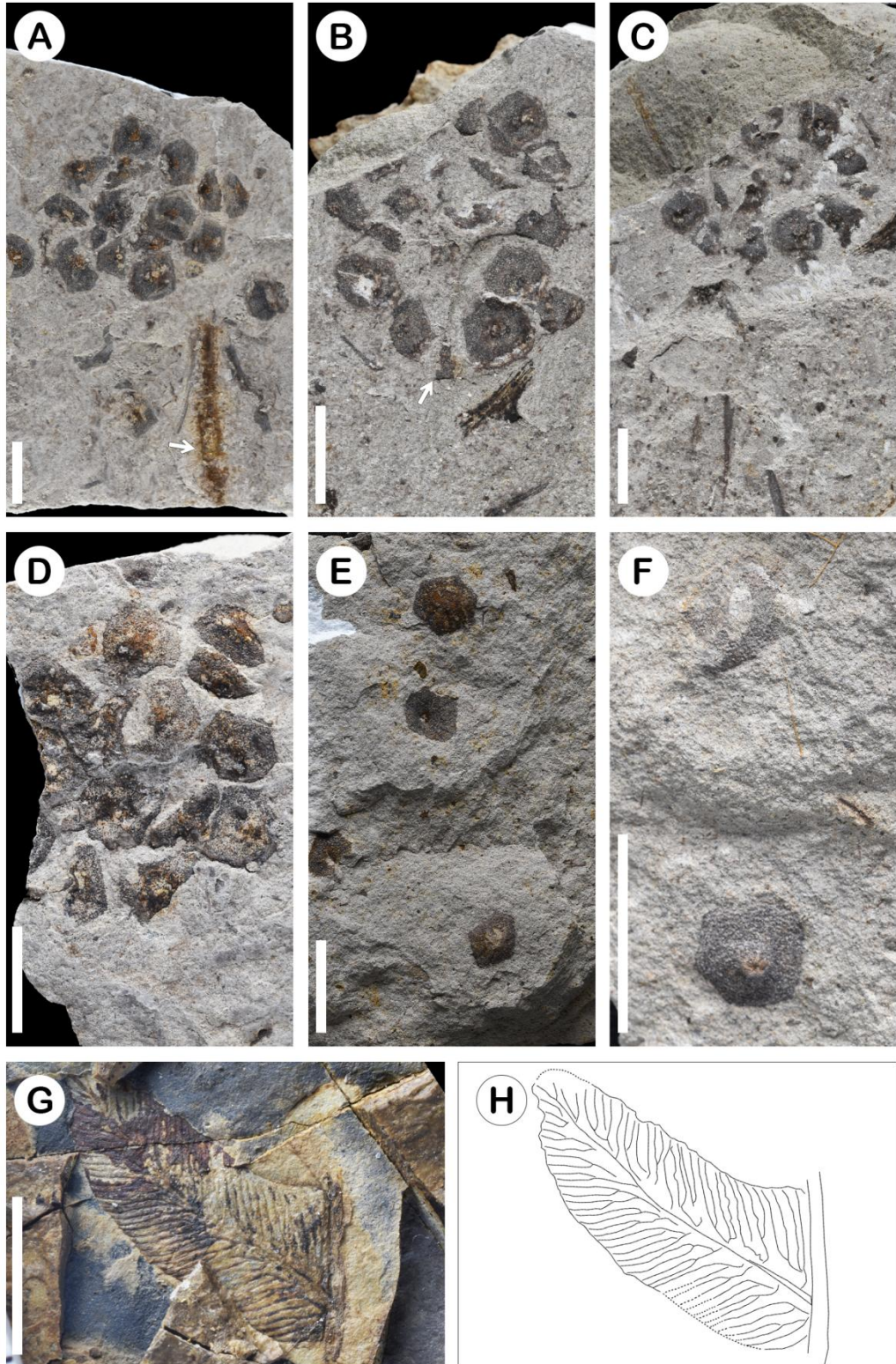
**Comentarios:** Brongniart (1849) erigió el género *Cladophlebis* para frondas con pínulas no aisladas del raquis, sino que adheridas a él, aunque a menudo puedan ser libres entre sí, y a veces parcialmente contraídas, presentando entonces pequeñas “orejas” redondeadas en su base. Las venas son menos delgadas, más separadas y se originan menos oblicuamente desde la vena central, que, aunque se estrecha hacia el extremo, se extiende de manera distintiva hasta la punta. Además, sus venas secundarias son curvadas y dicótomas. De acuerdo con las características diagnósticas mencionadas por Brongniart (1849), el material descrito se puede asignar al género *Cladophlebis*.

A nivel de especie, los ejemplares descritos pueden identificarse como *Cladophlebis mesozoica*, que corresponde a una especie caracterizada por presentar pínulas “cladophleboides”, es decir, ligeramente falcadas, con venas laterales bifurcadas dos veces y sin lobulación marcada en los márgenes, o de márgenes lisos (Herbst y Troncoso, 2012; Morel *et al.*, 2015; Pedernera *et al.*, 2020). Otras especies similares a *Cladophlebis mesozoica* son *C. mendozaensis* y *C. kurtzi*. *Cladophlebis mendozaensis* se diferencia en que posee pínulas con márgenes notoriamente lobulados o crenados, junto con venas laterales dos veces bifurcadas (Herbst *et al.*, 1998; Leppe *et al.*, 2006; Lutz *et al.*, 2011; Morel *et al.*, 2015); mientras que *C. kurtzi* se caracteriza por presentar pínulas con bordes lisos a ligeramente ondulados, con venas laterales generalmente bifurcadas una vez, aunque algunas de las venas pueden dividirse una segunda vez (Morel *et al.*, 1992; Herbst *et al.*, 1998; Morel *et al.*, 2015).

Cabe destacar que Herbst (1988) unificó *Cladophlebis mesozoica* con *Cladophlebis kurtzi*, sosteniendo que ambas serían porciones más o menos desarrolladas de una fronda. De esta forma, ambas especies constituirían una suerte de “complejo específico” (Herbst *et al.*, 1998), ya que ambas son difíciles de separar. Por otra parte, la especie *C. retallackii*, creada para Australia por Holmes (2003), es muy similar a *C. mesozoica*, y

de acuerdo con Artabe *et al.* (2007), en caso de que fuesen sinónimos, *C. mesozoica* tendría claramente prioridad. Asimismo, Anderson y Anderson (2008), notan que la especie *C. katherineae*, perteneciente a la Formación Molteno, en Sudáfrica, es muy similar a *C. mesozoica*, especialmente el lectotipo propuesto por Herbst (1971) e ilustrado por Frenguelli (1947: lámina 8A), pero se diferenciaría por las venas laterales más paralelas y la base acroscópica de la pinnula decurrente.

**Distribución geográfica y cronológica:** *Cladophlebis mesozoica* ha sido registrada en Argentina y en Chile (Bodnar *et al.*, 2020). Según Bodnar *et al.* (2020), la especie *Cladophlebis mesozoica* tiene una ocurrencia estratigráfica que abarca el Ladiniense-Carniense.



**Lámina 5.7. *Equisetostachys* sp.:** A. Resto de estróbilo, se observan esporangióforos hexagonales (flecha blanca indica pedúnculo). B-D. Restos de estróbilos. En la imagen B, la flecha blanca indica lo que parece ser el eje central del estróbilo. E-F. Esporangióforos aislados, con forma hexagonal. Escala A-F: 1 cm. ***Cladophlebis mesozoica*:** G. Pínnula falcada, con nervadura dos veces bifurcada. H. Ilustración de la pínnula de la imagen G. Escala G: 5 mm.

División Pteridospermophyta  
Orden Corystospermales  
Familia Corystospermaceae  
Género *Dicroidium* Gothan, 1912

***Dicroidium odontopteroides*** (Morris) Gothan, 1912

**Material estudiado:** UDA-PB: 001; 002a; 005a,b; 014a,b; 023; 025; 027; 036; 038; 242a,c; 243a,b; 244; 245; 271a; 272a,b; 273; 274; 275; 276; 277; 278; 279; 280; 281; 282; 283a,b; 284a; 285a,b; 286; 292; 293; 294; 296a,b; 297a,b; 298a,b; 299a-c; 300; 301a,b; 302; 305; 306; 307; 309a,b; 310; 311b; 312; 313a,b; 315a,b; 316; 312a,b; 323a,b; 324; 326; 327; 328; 329b; 331a,b; 332a,b; 336a,b; 338a-d; 341; 342; 343; 347a,b; 366; 367; 368; 369;370; 374; 375; 376; 377; 378a,b; 380; 381a,b; 382; 389.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidades:** Mina La Coipa, Quebrada La Pelada y Quebrada del Peñón.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Impresiones correspondientes a fragmentos de frondas unipinnadas con un tamaño de entre 25 y 75 mm de largo (incompletas; Lámina 5.8: A-G). Las frondas se bifurcan en el tercio inferior, con ángulos de entre 28° y 37° (Lámina 5.8: A-D); y presentan de 3 a 4 pinnas a cada lado del raquis antes de la bifurcación. Las pinnulas pueden ser cortas o ligeramente alargadas, insertas al raquis de forma opuesta a subopuesta, por todo el ancho de la base, sin constricción o ligeramente constreñidas, con ápices redondeados y margen entero. La forma de las pinnulas puede ser romboidal, trapezoidal asimétrica, triangular asimétrica o semicircular. La nervadura de las pinnulas es de tipo odontopteroidea (Lámina 5.8: H-I), preservada en algunos de los ejemplares.

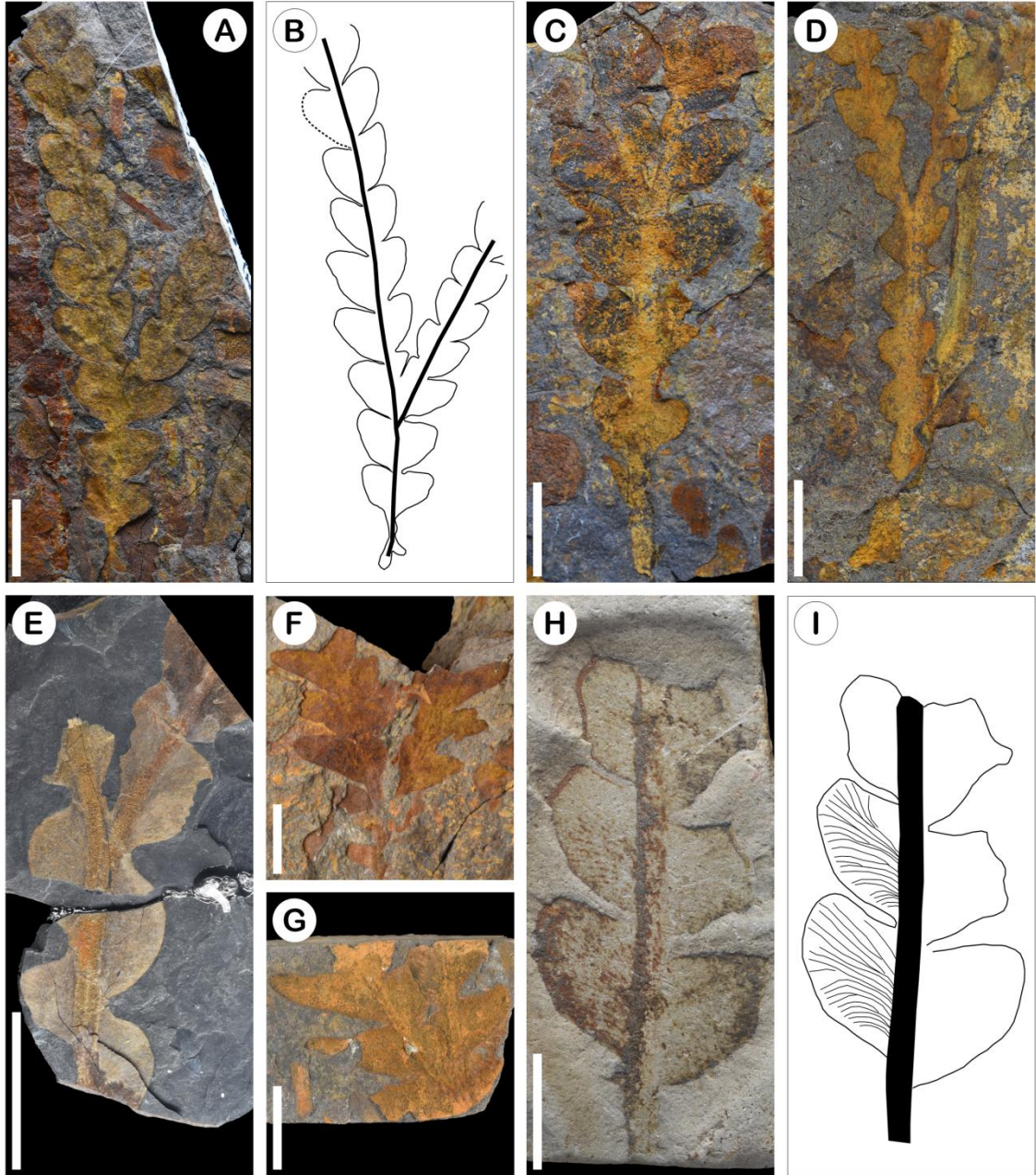
**Comentarios:** Los ejemplares se asignan al género *Dicroidium*, el cual se caracteriza, según Unverfärth *et al.* (2022), por frondas con una bifurcación aguda (25-30° de acuerdo con Anderson y Anderson, 1983) en el tercio basal, con una arquitectura que

varía desde enteras, pinnadas bipinnatífidas, bipinnadas o tripartitas, y con un contorno más o menos obcordado. Las frondas pueden ser pequeñas (< 10 cm), medianas (10-25 cm), grandes (25-50 cm) o muy grandes (>50 cm, hasta aproximadamente 100 cm) en longitud. Las pínulas se disponen de forma opuesta o subopuesta, con las pínulas más grandes y complejas en la porción central de la fronda. La base del pecíolo comúnmente presenta elementos basales foliares modificados, en muchos casos fuertemente lobulados y diferenciados de las pínulas subsiguientes. Debajo de la bifurcación de la fronda, las pínulas son más simples y claramente separadas; hacia los ápices de los segmentos por encima de la bifurcación, las pínulas se acercan y se insertan ampliamente al raquis. Las pínulas se acortan en la fronda interna por encima de la bifurcación. Cerca del ápice de la fronda, las pínulas se vuelven más simples y se fusionan gradualmente junto al raquis, hasta llegar al ápice, donde comúnmente tres a cinco pínulas se fusionan juntas. Las pínulas se insertan al raquis por todo el ancho de la base o con base contraída, con ápices obtusos. La nervadura de las pínulas comúnmente es pinnada-esfenopteroide, en pínulas es típicamente odontopteroide, originándose en la parte basiscópica del folíolo, o aleptopteroide. Según Anderson y Anderson (1983), refiriéndose al género *Dicroidium*, la nervadura varía según la forma de la fronda, pudiéndose presentar pínulas con nervadura taeniopteroidea, odontopteroidea o esfenopteroidea. De acuerdo con lo mencionado, a nivel genérico, las características del material estudiado concuerdan ampliamente con las características del género *Dicroidium*.

A nivel de especie, el material estudiado puede ser asignado a *Dicroidium odontopteroides*, que se caracteriza, según Pattemore (2016), por poseer una fronda unipinnatífida a unipinnada, con un raquis que se bifurca una vez. Pínulas opuestas a alternas, ramificadas entre 50° y 80°, pero menos en la porción apical de la fronda. Bases de las pínulas de ligeramente decurrentes a moderadamente constreñidas. Pínulas de lanceoladas a romboidales o casi semicirculares, comúnmente hacia la base del raquis. Los ápices de las pínulas suelen ser obtusos, pero pueden ser agudos, ligeramente retusos o irregulares. Los márgenes suelen ser enteros, pero pueden ser ligeramente sinuosos o ligeramente crenados. Las venas se ramifican agudamente desde el raquis y comúnmente se bifurcan al menos una vez (nervadura odontopteroidea). La

venación surge principalmente de una sola rama vascular que sale del raquis pero, particularmente en pinnulas más pequeñas, muchas venas comúnmente se extienden independientemente desde el raquis. Nervadura central ausente en pinnulas más cortas, pero prominente en pinnulas más largas. De acuerdo con lo mencionado, las características del material descrito concuerdan en gran medida con los caracteres diagnósticos de *Dicroidium odontopteroides*.

**Distribución geográfica y cronológica:** La especie *Dicroidium odontopteroides* es una de las más comunes del género *Dicroidium*, ocurriendo en el Triásico Medio y Superior de varias localidades de Gondwana (Bomfleur y Kerp, 2010; Bodnar *et al.*, 2020). Se han reportado hallazgos de la especie en Sudamérica, Sudáfrica, India, Australia y Antártica (Anderson y Anderson, 1983; Bomfleur y Kerp, 2010).



**Lámina 5.8. *Dicroidium odontopteroides*.** A, C, D-G. Fragmentos de frondas bifurcadas. B. Ilustración de la fronda de la imagen A. H. Fragmento de pinna, con venación odontopteroides medianamente preservada. I. Ilustración de la imagen H. Escala A-H: 1 cm.

*Dicroidium dutoitii* Townrow, 1967

**Material estudiado:** UDA-PB: 012a,b; 317a,b; 329a.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidades:** Quebrada La Pelada y Quebrada del Peñón.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Fronda simple, bifurcada, con margen entero (Lámina 5.9: A-C). El largo de las frondas varía entre 18-37 mm. El ancho antes de la bifurcación es de 4-7 mm. La fronda se bifurca con un ángulo de ~30°. Las hojas sobre la bifurcación son alargadas y redondeadas en el ápice (oblongas), con un ancho de 3-5 mm. Se presenta una vena media que desde la base se bifurca hacia las hojas. Debido al nivel de preservación, no es posible observar mayor detalle de la nervadura.

**Comentarios:** Las características del material descrito permiten asignarlo a la especie *Dicroidium dutoitii*, definida por Townrow (1967), como una fronda que se bifurca una vez (con un ángulo de 20-30° según Boucher, 1995), generalmente aproximadamente a la mitad de su longitud, pero a veces más cerca de su ápice, con una longitud de unos 7 cm y un ancho debajo de la bifurcación de 1-1,5 cm. Margen entero o lobulado. Presenta una nervadura central, desde la cual emergen venas en un ángulo de aproximadamente 45° y giran bruscamente para correr casi 90° hasta la nervadura central hacia el margen. De las características mencionadas, los caracteres que permiten asociar el material estudiado a la especie *Dicroidium dutoitii* son la presencia de una fronda simple, bifurcada a ~30°, con margen entero y con una nervadura central.

En 1967, Townrow estableció la especie *Dicroidium dutoitii* utilizando como holotipo un ejemplar de Du Toit (1927). Posteriormente, Retallack (1977a) reasignó a *D. dutoitii* y *Johnstonia coriacea* bajo la especie *J. dutoitii*, designando el mismo ejemplar de Du Toit (1927) como holotipo y manteniendo el mismo epíteto, pero incluyendo los especímenes determinados por Townrow como *D. dutoitii* en *Johnstonia coriacea* var.

*obesa*. Luego, Anderson y Anderson (1983) consideraron a *D. dutoitii* como sinónimo de *Dicroidium coriaceum* subsp. *dutoitii* junto con las variedades *Johnstonia coriacea* var. *obesa* y *Johnstonia dutoitii* de Retallack (1977a). *Dicroidium coriaceum* difiere con respecto a *D. dutoitii*, en que el último es el doble de grande y tiene una lámina mucho más ancha y generalmente entera (es decir, recta, no lobulada) (Townrow, 1967; Boucher *et al.*, 1995; Bomfleur y Kerp, 2010).

*Dicroidium dutoitii* se diferencia de *Dicroidium odontopteroides* en que este último corresponde a una fronda bifurcada unipinnatífida a unipinnada, mientras que *Dicroidium dutoitii* corresponde a una fronda bifurcada con margen entero o lobulado.

**Distribución geográfica y cronológica:** la especie *Dicroidium dutoitii* ha sido registrada en la Antártica (Boucher *et al.*, 1995), Sudáfrica y Argentina (Townrow, 1967). Su biocrón se restringe al Ladiniense-Carniense (Bomfleur y Kerp, 2010).

Género *Zuberia* Frenguelli, 1943 emend. Artabe, 1990

*Zuberia zuberi* (Szajnocha) Frenguelli, 1943

**Material estudiado:** UDA-PB: 004a, b; 018; 319; 320 a,b; 334; 335; 356; 357; 358 b; 373; 379; 385.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidades:** Quebrada La Pelada, Quebrada del Peñón y mina La Coipa.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Los ejemplares corresponden a fragmentos de frondas bipinnadas de entre 21-71 mm de largo y 15-45 mm de ancho (Lámina 5.9: D-F); junto con fragmentos de pinnas desarticuladas. El raquis principal mide entre 1,3-2,6 mm de ancho. Las pinnas presentan un largo entre 12-44 mm y un ancho entre 6-24 mm, insertándose al raquis con un ángulo de 31-50°, de forma subopuesta. Las pínulas son cortas

(aproximadamente equidimensionales), presentan una forma romboidal (en menor medida hay algunas más cuadradas y otras ligeramente triangulares hacia el ápice) con ápice redondeado u obtuso, casi recto en algunas pínulas, ligeramente falcadas, con márgenes paralelos y enteros, insertas al raquis de la pinna por todo el ancho de la base, de forma opuesta a subopuesta, con un ángulo de 55-82°. Las pínulas se pueden encontrar ligeramente separadas o superpuestas. Entre las pinnas, e insertas al raquis principal, se encuentran pínulas intercalares con forma subcuadrada (Anexo 5: D, E; las pínulas intercalares se indican con flechas). Las pínulas no preservan nervadura.

**Comentarios:** De acuerdo con Artabe (1990), el género *Zuberia* fue creado por Frenguelli (1943), para frondas de grandes dimensiones, imparipinnadas, con raquis principal bifurcado, bipinnadas o tripinnatífidas, con pínulas rectangulares, romboidales u orbiculares, con nervadura odontopteroide, e incluido en la Familia *Corystospermaceae*. De acuerdo con Frenguelli (1943), el carácter diferencial que distingue a *Zuberia* respecto de *Dicroidium*, sería la presencia de pínulas axilares, las que en realidad tendrían, según Artabe (1990), el carácter de pínulas intercalares. Sobre la base de las características mencionadas, el material descrito correspondería ampliamente al género *Zuberia*, sobre todo por la presencia del carácter diagnóstico de las pínulas intercalares.

Con respecto a la asignación a alguna especie, según Artabe (1990), dentro del género *Zuberia* se distinguen seis especies: *Z. zuberi*, *Z. feistmantellii*, *Z. papillata*, *Z. sahnii*, *Z. barrealensis* y *Z. brownii*. El material descrito comparte características que permiten asignarlo a la especie *Zuberia zuberi*, debido a que presenta características tales como una fronda bipinnada. Pinnae con pínulas cuadrangulares, subcuadrangulares, inclinadas sobre el raquis, de márgenes paralelos y margen apical redondeado o recto. Interpínulas semejantes a las pínulas normales o redondeadas.

El género *Zuberia* originalmente fue aceptado por algunos autores (Arnold, 1947; Andrews, 1961), mientras que fue rechazado por otros. Townrow (1957) lo sinonimizó con *Dicroidium* Gothan 1947, siendo seguido por Bonetti (1966), Archangelsky (1968),

Anderson y Anderson (1970, 1983), Retallack (1977a,b), Petriella (1979) y Artabe (1985). Cabe destacar que Townrow (1957), percibió las diferencias de ciertas formas de *Zuberia* y creó el género *Hoegia* para ellas, el cual fue sinonimizado con *Dicroidium* por Archangelsky (1968). Asimismo, Retallack (1977b), reconoció cuatro variedades en *Dicroidium zuberi* (Szajnocha) Archangelsky 1968, las que coinciden con las especies que distinguiera Frenguelli (1943). Posteriormente, Artabe (1990) propone la revalidación del género *Zuberia* Frenguelli 1943 sobre la base de la existencia de pínulas intercalares. Más recientemente, aún no existe consenso en cuanto a la aceptación del género *Zuberia*, siendo aceptado por unos (Zamuner *et al.*, 2001; Pattemore, 2016; Pedernera *et al.*, 2020) y rechazado por otros (Kustatscher y van Konijnenburg-van Cittert, 2007; Pal *et al.*, 2014; Anderson *et al.*, 2020). Finalmente, de acuerdo con Drovandi *et al.* (2022), en cuanto a si la presencia de pínulas intercalares es un rasgo diagnóstico válido o no para distinguir entre *Zuberia* y *Dicroidium*, se plantea que sigue siendo una cuestión sin resolver. Drovandi *et al.* (2022), a su vez, remite el material estudiado a *Dicroidium* (*Zuberia*) en busca de un consenso sistemático.

**Distribución geográfica y cronológica:** La especie *Zuberia zuberi* tiene una amplia distribución en Gondwana, y ha sido hallada en Argentina, Australia y Sudáfrica (Artabe, 1990). Su biocrón se puede restringir al rango Triásico Medio-Triásico Tardío (Zamuner *et al.*, 2001; Bodnar *et al.*, 2019; Pedernera, 2020; Pedernera *et al.*, 2020).

Género *Umkomasia* Thomas, 1933

***Umkomasia* sp.**

**Material estudiado:** UDA-PB: 337.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Quebrada del Peñón.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

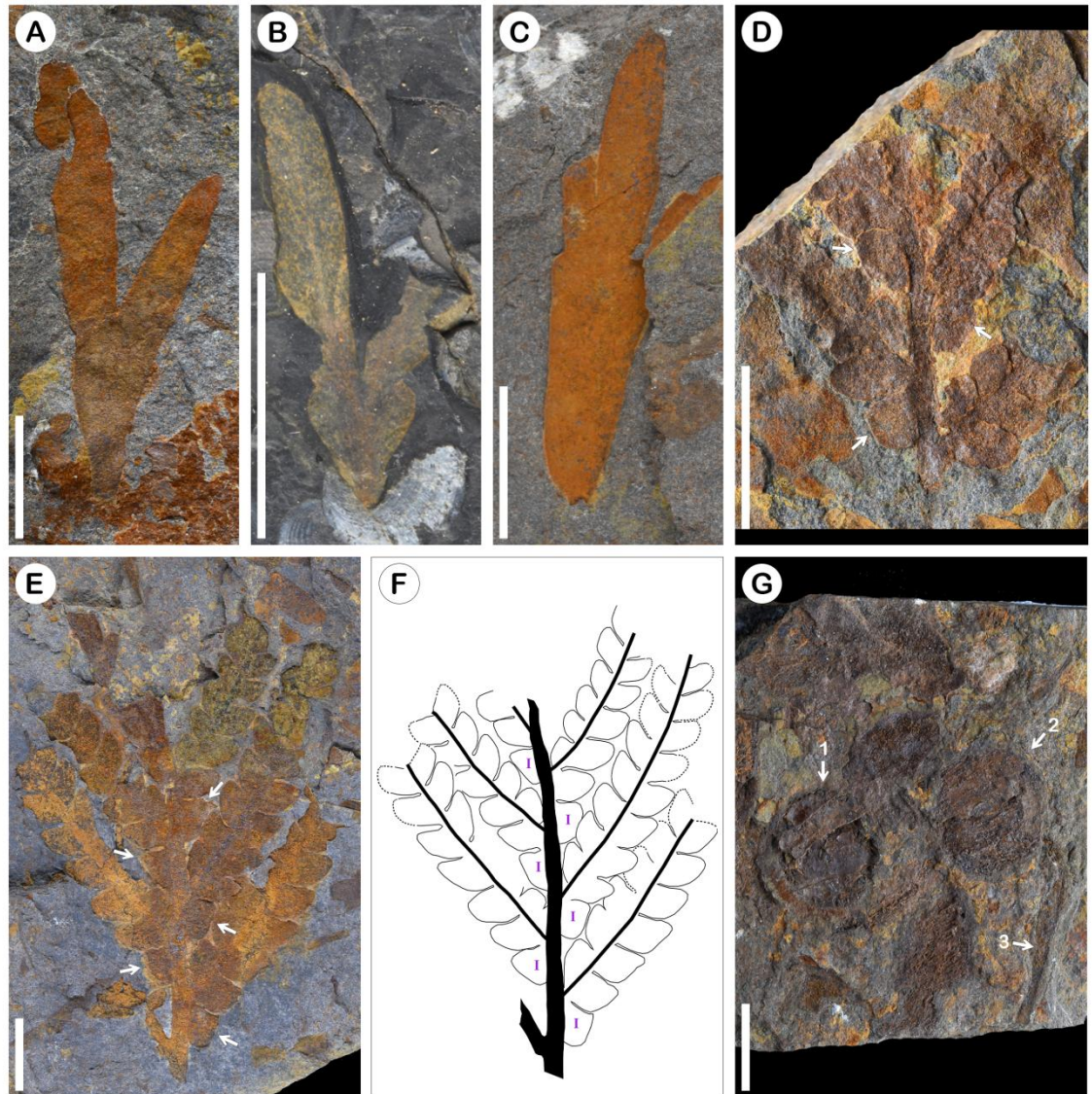
**Descripción:** Restos de cúpulas aproximadamente circulares (Lámina 5.9: G), con un diámetro entre 14,2 y 14,6 mm. Las cúpulas se encuentran unidas a un pedicelo.

**Comentarios:** El género *Umkomasia* fue reportado por primera vez por Thomas (1933), como una fructificación del género *Dicroidium* Gothan 1912, en la Formación Molteno, Sudáfrica. Originalmente fue asignado a la familia Corystospermaceae, en el orden Peltaspermales, para dar cabida a varios géneros y especies de fructificaciones portadoras de polen (masculinas) y ovuladas (femeninas), así como el follaje estéril de *Dicroidium*. Posteriormente, *Umkomasia*, *Pteruchus* y pteridospermas relacionadas se asignaron al orden Corystospermales. Desde entonces se han descrito varias especies de *Umkomasia* en depósitos triásicos (Chandra *et al.*, 2008). Los caracteres genéricos, de acuerdo con Anderson y Anderson (2003), corresponden a un estróbilo simple, laxo, paniculado, pequeño a grande (longitud: 40-150 mm); eje generalmente robusto, erecto, estrechándose gradualmente; varios a muchos megasporófilos, con inserción muy variable, desde semi opuestas o alternas, aparentemente planas hasta irregularmente helicoidales e irregularmente decusadas. Los megasporofilos son simples, pedunculados, planos a espigados; bractéolas prominentes, solas o en pares opuestos, axilares o a lo largo de pedúnculos; las cúpulas ovulíferas recurvadas, pediceladas a sésiles, en 1 a 7 pares opuestos a subopuestos. Las cúpulas son pequeñas a grandes (3 a 20 mm), circulares, triangulares redondeadas u ovaladas, parcialmente aplanadas, uniovuladas, encerrando total o parcialmente el óvulo y, generalmente en la madurez, se dividen profundamente en 2 o 4 lóbulos regulares.

Las características del material descrito coincide con la descripción de las cúpulas de *Umkomasia* (tamaño entre 3 a 20 mm, forma circular y pediceladas).

Anteriormente, en el norte de Chile, se han hallado restos de *Umkomasia* sp. en la Formación Quebrada del Salitre, localidad Quebrada Doña Inés Chica (Herbst y Troncoso, 2012), aunque las características de las cúpulas (invertidas, ovadas, bilobadas, de 3 mm de largo y 2-3 mm de ancho) difieren con las del material hallado en los

**Distribución geográfica y cronológica:** El género *Umkomasia* tuvo una amplia distribución en el Gondwana durante el Triásico, siendo hallado en Sudamérica, Sudáfrica, Australia y Antártica (Anderson y Anderson, 2003). Biocrón: Triásico Inferior-Triásico Superior (Anderson y Anderson, 2003; Herbst y Troncoso, 2012).



**Lámina 5.9. *Dicroidium dutoitii*:** A. Fronda bifurcada con margen entero. B. Fronda bifurcada con margen entero C. Fronda bifurcada con margen entero. ***Zuberia zuberi*:** D. Fragmento de fronda con estructura bipinnada (flechas blancas indican pinnulas intercalares). E. Fragmento de fronda con estructura bipinnada (flechas blancas indican pinnulas intercalares). F. Ilustración de la imagen E (I: pinnulas intercalares). ***Umkomasia* sp:** G. Cúpulas de *Umkomasia* sp. (1,2: cúpulas circulares; 3: pedicelo de la cúpula). Escala A-G: 1 cm.

División Cycadophyta  
Orden Cycadales  
Familia *Incertae Sedis*  
Género *Pseudoctenis* Seward, 1911

*Pseudoctenis multilineata* (Shirley) Herbst y Troncoso, 2000

**Material estudiado:** UDA-PB: 260; 272b; 284b; 325; 392.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Quebrada del Peñón.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Fragmentos de pinnas alargadas, con bordes rectos, paralelos y enteros (Lámina 5.10: A-E). Pinnas ensanchadas en la base (ala laminar, indicada con flechas en Lámina 5.10) y con ápice aparentemente truncado y redondeado. Las pinnas tienen un largo de 40-49 mm y un ancho de 10-14 mm. Presentan venación paralela, bien definida, con venas que nacen de forma independiente desde la base, con una leve curvatura, para luego seguir de forma recta en el resto de la hoja. La densidad de venas por centímetro es igual a 32-38.

**Comentarios:** El género *Pseudoctenis* fue creado por Seward (1911), para impresiones de hojas con caracteres intermedios entre *Ctenis* Lindley y Hutton y *Pterophyllum* Brongniart sobre la base de la morfología. El género *Ctenis* Lindley se diferencia por poseer venación anastomosada, mientras que *Pterophyllum* Brongniart se diferencia por sus hojas con bases simétricas, insertas lateralmente o hacia arriba en el raquis y sin ala laminar entre las pinnas. Du Toit (1927) propuso tres criterios para diferenciar las improntas de *Pseudoctenis* respecto de *Pterophyllum*. Estos criterios son (1) la presencia de segmentos con márgenes basales decurrentes; (2) bases de los segmentos más o menos confluentes y (3) arqueamiento de las venas al abandonar el raquis. Más tarde, Harris (1964), enmendó la diagnosis de Seward (1911), agregando datos cuticulares (las

hojas de Bennettiales se caracterizan por presentar estomas sindetoqueilicos, mientras que las hojas de Cycadales poseen estomas haploqueilicos; ver Pott *et al.*, 2009). Los caracteres diagnósticos, mencionados por Seward (1911), son: hojas pinnadas, pinnas enteras, más o menos confluentes, generalmente lineares, lanceoladas o anchamente oblongas, dispuestas con un ángulo próximo a 90° con respecto al raquis. Base generalmente ensanchada, decurrente basiscópicamente, formando una expansión aliforme a cada lado del raquis entre las pinnas. Ápice desde agudo a redondeado o truncado. Venación simple o con una dicotomía en la base de las pinnas, en algunas ocasiones en la mitad de la lámina. Las venas emergen del raquis, describiendo una curva, para luego seguir un curso paralelo al margen de la pinna (Bonetti, 1968: 435). Con base en lo mencionado, el material puede ser asignado al género *Pseudoctenis*, ya que presenta una base decurrente, y arqueamiento de las venas al abandonar el raquis.

A nivel de especie, los ejemplares se asignan a *Pseudoctenis multilineata*, debido a que presentan una densidad de venas por centímetro de 32 a 38, lo cual concuerda con los valores de densidad de venas por centímetro proporcionados por Herbst y Troncoso (2000), para la misma especie, según los autores, variable entre 28-39 y 55-58 venas/cm. Además de la densidad de venación, los ejemplares descritos comparten otras características con *Pseudoctenis multilineata*, tales como un largo de pinnas entre 38-65 mm, un ancho de pinnas entre 12-19 mm, pinnas simétricas, de bordes paralelos y ápice redondeado, con base ligeramente ensanchadas. Las venas salen ligeramente arqueadas hacia abajo y son finas paralelas (Herbst y Troncoso, 2000). Otra especie similar al material descrito es *Pseudoctenis ctenophylloides*, que presenta un ancho de pinnas entre 3 y 15 mm, con densidades de venas de 30/40 venas/cm, pero se descarta que los ejemplares de los Estratos El Mono correspondan a esta especie, ya que fue descrita originalmente para el Triásico argentino (Bonetti, 1968), y no ha sido reportada anteriormente en Chile.

**Distribución geográfica y cronológica:** La especie *Pseudoctenis multilineata* ha sido reportada en Chile (Herbst y Troncoso, 2000; Troncoso *et al.*, 2002; Herbst *et al.*, 2005), Australia (Shirley, 1897) y Sudáfrica (Du Toit, 1927; Anderson y Anderson, 1989). La

ocurrencia estratigráfica de la especie podría restringirse desde el Triásico Medio hasta el Noriense (Moisan, 2023).

***Pseudoctenis* sp. A**

**Material estudiado:** UDA-PB: 006; 017; 248; 396.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidades:** Quebrada La Pelada y Quebrada del Peñón.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Fragmentos incompletos de pinnas lineares, de márgenes rectos, paralelos y enteros (Lámina 5.10: F-I), con ala laminar (ensanchada en la base). El ancho en la base es de 13 mm, con un ancho sobre la base de 10-17 mm y un largo de 20-66 mm. Presenta venación paralela, con venas que nacen independientemente desde la base, con una densidad de 23-27 venas por centímetro. En su nacimiento, las venas presentan una pequeña curvatura, para luego tornarse rectas por toda la lámina. En algunos ejemplares se observa una estriación muy fina en el espacio entre las venas.

**Comentarios:** De acuerdo con lo mencionado, el material descrito se puede asociar al género *Pseudoctenis*, sobre todo por la presencia de pinnas con margen entero, lineares con base ensanchada, decurrente básicamente (ala laminar), con venación simple emergiendo desde el raquis, describiendo una curva, para luego continuar de forma paralela al margen foliar. De las diferentes especies de *Pseudoctenis* descritas para Gondwana (Bonetti, 1968; Artabe, 1985; Anderson y Anderson, 1989; Gnaedinger, 1999; Herbst y Troncoso, 2000; Zamuner *et al.*, 2001; Bodnar, 2010), los ejemplares descritos muestran similitud con *Pseudoctenis harringtoniana*, especie con la cual comparte varios elementos diagnósticos: densidad de venas por centímetro igual a 24-26 para hojas mayores y de 18-20 para hojas menores; base con ala laminar; ancho variable de las hojas, entre 7-17 mm y largo variable entre 35 y 40 mm, entre otras características (ver Bodnar, 2010: Cuadro VI.7). Cabe destacar que esta especie también ha sido

hallada en la Formación La Ternera (Herbst y Troncoso, 2000). Por otra parte, el material descrito también muestra algunas similitudes con la especie *Pseudoctenis grandifolia* (ancho de pinnas variable entre 1-1.5 cm, ensanchamiento leve en la base y densidad de venas de 26 venas/cm). Según lo mencionado, y por lo fragmentario y escaso del material, es preferible dejar una nomenclatura abierta.

**Distribución geográfica y cronológica:** el género *Pseudoctenis* presenta un gran número de especies en Pangea, y se extiende, cronológicamente, desde el Triásico Medio al Cretácico Tardío (Anderson y Anderson, 2003; Bodnar *et al.*, 2020). De acuerdo con Taylor *et al.* (2009) es bastante común en el Rhaetiense (Triásico Superior).

### ***Pseudoctenis* sp. B**

**Material estudiado:** UDA-PB: 010.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidades:** Quebrada La Pelada.

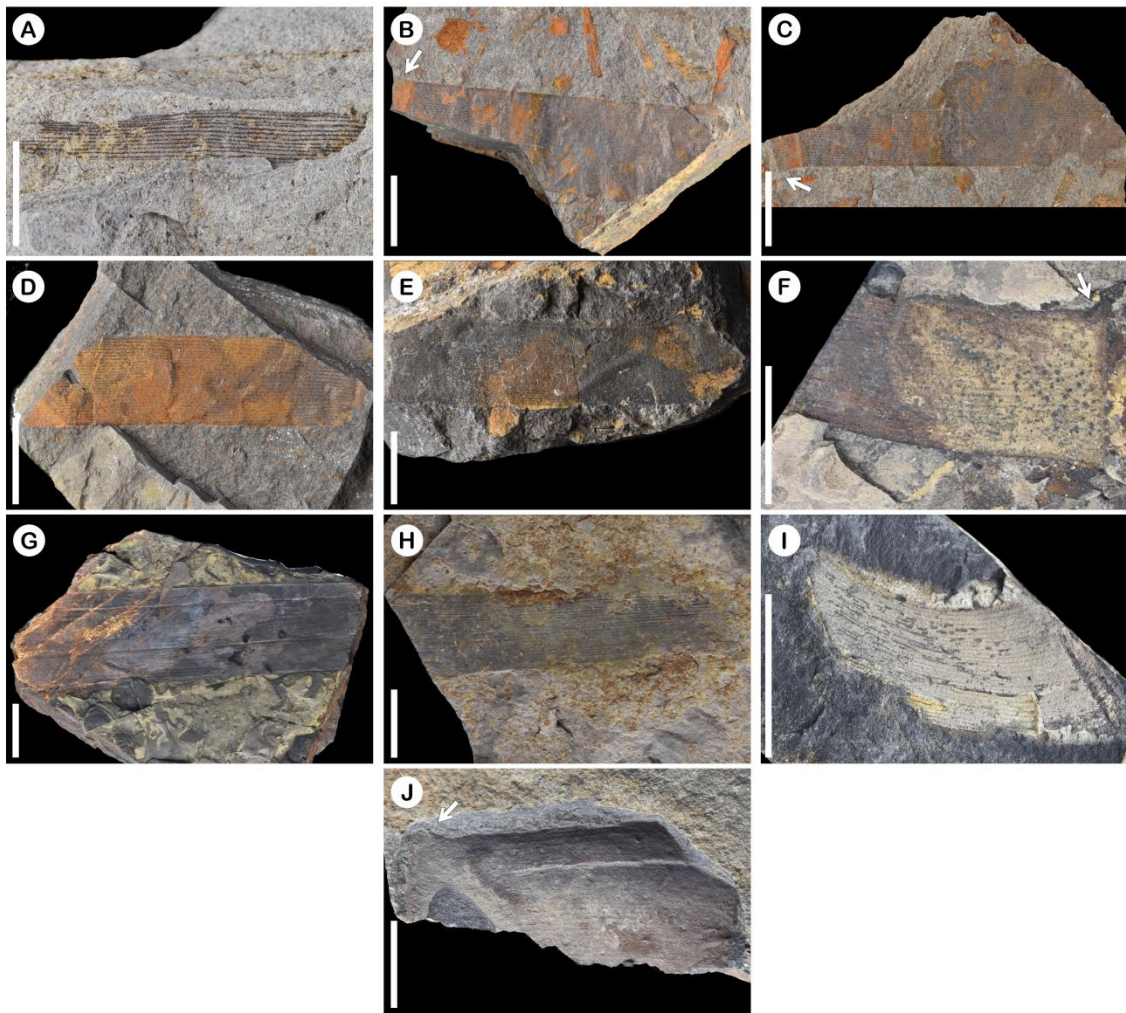
**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Impresión fragmentaria de una pinna linear (Lámina 5.10: J). Se preserva sólo un margen, recto y entero. Hacia la base se observa un ensanchamiento, lo que indica un ala laminar. El largo y ancho del ejemplar, es de 39 y 17 mm, respectivamente. Se presenta venación paralela, con cada vena separada cada 0,8 mm. Las venas muestran una pequeña curvatura al salir desde la base. La densidad de venas es igual a 13 venas/cm.

**Comentarios:** De acuerdo con las características observables del ejemplar (tamaño, ala laminar y densidad de nervadura), el material descrito presenta algunas similitudes con las especies *Pseudoctenis sanipassiensis* (densidad de 15 venas/cm y ensanchamiento leve en la base), *P. spectabilis* (largo máximo de pinnas de 17 cm y ancho de 2,5-4 cm, con densidades de venas de 10-20 venas/cm, con ensanchamiento en la base) y *P.*

*strahani* (densidad de venas de 12 venas/cm, con ensanchamiento en la base). Debido a lo fragmentario y escaso del material, se refiere el material como *Pseudoctenis* sp. B.

**Distribución geográfica y cronológica:** el género *Pseudoctenis* presenta un gran número de especies en Pangea, y se extiende, cronológicamente, desde el Triásico Medio al Cretácico Tardío (Anderson y Anderson, 2003; Bodnar *et al.*, 2020). De acuerdo con Taylor *et al.* (2009) es bastante común en el Rhaetiense (Triásico Superior).



**Lámina 5.10. *Pseudoctenis multilineata*:** A. Fragmento de pinna B. Fragmento de pinna (flecha blanca indica ala laminar) C. Fragmento de pinna (flecha blanca indica ala laminar) D-E. Fragmentos de pinnas, con bordes rectos y venación paralela. *Pseudoctenis* sp. A: F. Fragmento de pinna con bordes rectos y venación paralela. La flecha blanca indica ala laminar. G. Fragmento de pinna. H. Fragmento de pinna. I. Fragmento de pinna. *Pseudoctenis* sp. B: J. Fragmento de pinna con venación paralela y ala laminar (indicada con flecha blanca). Escala A-J: 1 cm.

Orden Bennettitales  
Familia *Incertae Sedis*  
Género *Pterophyllum* Brongniart, 1825 ('1824')

***Pterophyllum* cf. *azcaratei*** Herbst y Troncoso, 2000

**Material estudiado:** UDA-PB: 031; 033; 035a,b.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Quebrada La Pelada.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Material correspondiente a restos fragmentarios de la especie (Lámina 5.11: A-E). Presenta un raquis de 2,5 mm de ancho, al cual están insertas algunas pinnas (Lámina 5.11: B). Las pinnas son alargadas, con bordes rectos, paralelos e insertas la raquis por todo el ancho de la base, sin ala laminar. El largo y ancho de las pinnas es de 10 mm y 3,6 mm, respectivamente. Muestran venas paralelas, con 13-14 venas por pinna. La separación entre pinnas es de 1 mm. Además, se encuentra una pinna desarticulada, similar a las insertas al raquis de la hoja, con un largo de 33 mm y un ancho de 6 mm, con 14 venas por pinna (Lámina 5.11: D). La densidad de venas por centímetro varía entre 26-33 venas/cm.

**Comentarios:** El género *Pterophyllum* se caracteriza por presentar pinnas de lados paralelos, de apariencia simétrica y, a diferencia de *Pseudoctenis*, carece de alas laminares entre las bases de las pinnas (Moisan *et al.*, 2010). En este sentido, los ejemplares descritos, debido a la carencia de ala laminar en la base de las pinnas, se asignan al género *Pterophyllum*. Debido a lo fragmentario del material, es difícil asignar los ejemplares descritos a alguna especie en particular, aunque algunas de sus características se asemejan a las descritas por Herbst y Troncoso (2000) y Leppe y Moisan (2003) para la especie *Pterophyllum azcaratei*: ancho del raquis de la fronda de 2-5 mm, separación entre pinnas de 1-2 mm, ancho de pinnas de 3-5 mm, pinnas

simétricas, con bordes paralelos, sin arqueamiento basal ni ala laminar; con venas que salen de toda la base, paralelas, con escasas o sin dicotomías, con 11-13 venas por pinna y con una densidad de venas por centímetro de 28 venas/cm. De acuerdo con las características mencionadas, se asigna, con dudas, el material descrito a *Pterophyllum azcaratei*. Otra especie presente en el Triásico del norte de Chile es *Pterophyllum valdivianum* (Reyes, 2017), pero sus características no concuerdan con el material hallado en los Estratos El Mono, debido principalmente a su mayor densidad de venas/cm y a que sus pinnas tienen menor ancho.

**Distribución geográfica y cronológica:** La especie *Pterophyllum azcaratei* ha sido reportada únicamente en Chile (Herbst y Troncoso, 2000; Troncoso y Herbst, 2000; Leppe y Moisan, 2003). Su ocurrencia estratigráfica se puede restringir al Anisiense tardío-Rhaetense (Leppe, 2005).

División Coniferophytas

Orden Coniferales

Familia Podocarpaceae

Género *Heidiphyllum* Retallack, 1981

*Heidiphyllum elongatum* (Morris) Retallack, 1981

**Material estudiado:** UDA-PB: 372.

**Edad:** Triásico Medio a Superior.

**Unidad Geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Mina La Coipa.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Impresión de hoja aislada incompleta, alargada, con bordes enteros, subparalelos y poco preservados (Lámina 5.11: F-G). El contorno de la hoja tiende a ser linear-lanceolada o linear-elíptica. Largo de ~45 mm, ancho de ~9 mm en su parte más ancha; y de ~6 mm en su parte más estrecha. Venas paralelas bien definidas,

aproximadamente 18 venas por hoja, con ~0,5 mm de separación. Densidad de venación de 2 venas/mm, aproximadamente. Sin estrías intervenas.

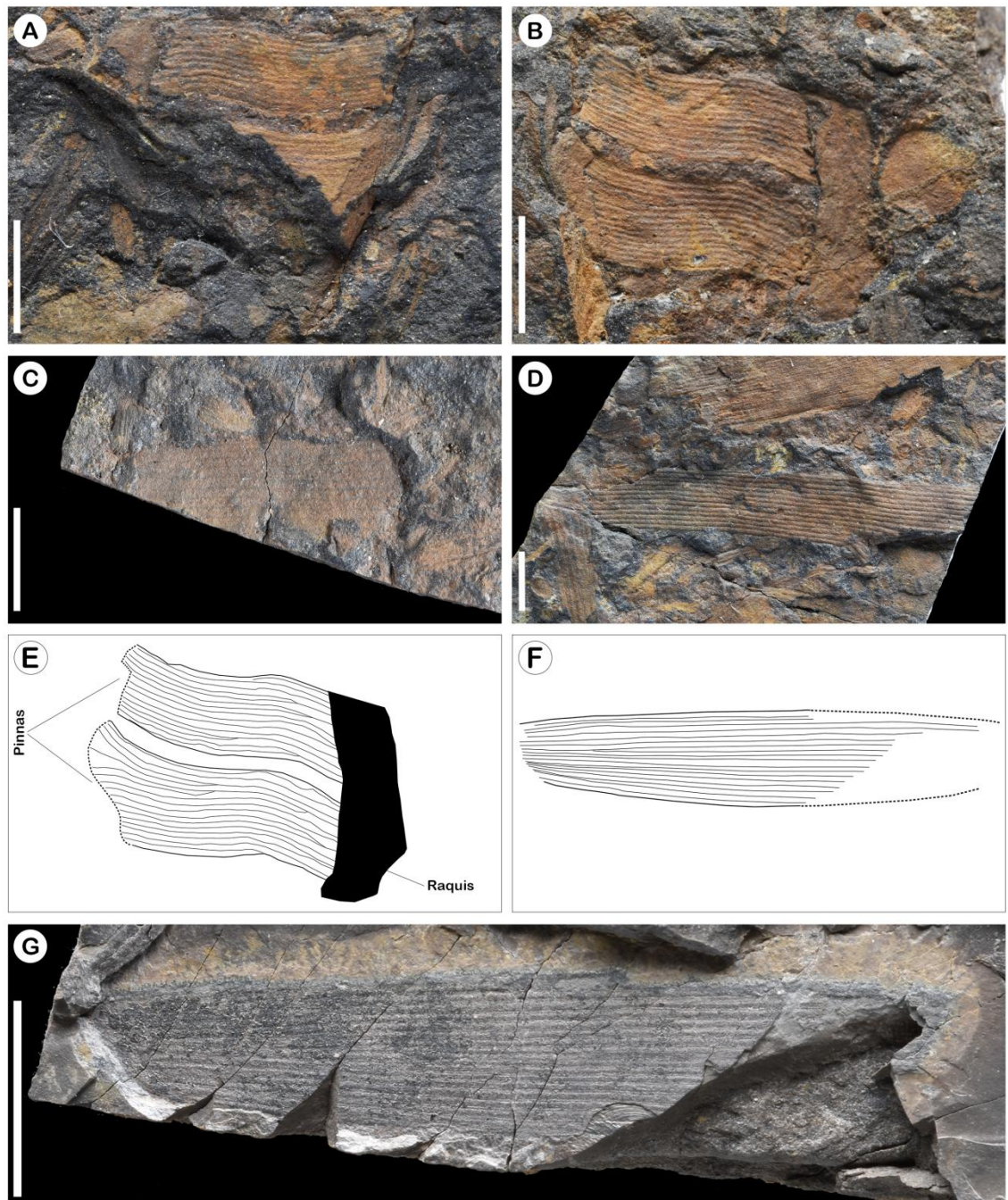
**Comentarios:** El género *Heidiphyllum* fue erigido por Retallack (1981), sobre la base de su morfología y caracteres cuticulares, para incluir hojas alargadas, de venación paralela bifurcada sólo cerca de la base, las que anteriormente eran asignadas a géneros tales como *Phoenicopsis*, *Podozamites*, *Zamites* o *Desmiophyllum*, entre otros. La diagnosis de Retallack (1981), para el género, en relación con su morfología, establece los siguientes caracteres: hojas alargadas, linear-elípticas a linear oblanceoladas. Base foliar apiciolada, atenuada; ápice foliar subagudo a obtusamente redondeado; venas paralelas, bien espaciadas, a menudo conspicuas estrías intervenas, convergiendo cerca del ápice; cada una de las 2 a 4 venas basales bifurcándose una o dos veces sólo cerca de la base foliar. El material descrito puede asociarse a *Heidiphyllum*, sobre la base de las características hojas alargadas, linear elípticas, base foliar atenuada y venas paralelas. En cuanto a la asignación a nivel de especie, el material descrito muestra afinidad con *Heidiphyllum elongatum* y *Heidiphyllum cacheutense*. La especie *H. elongatum*, a nivel morfológico, se caracteriza por presentar hojas lineares elípticas a linear-oblanceoladas, de 5,8 a 17,0 cm de largo y de 0,7 a 1,6 cm de ancho, de 8 a 12 venas por cm, bifurcadas una o dos veces sólo cerca de la base de la hoja, de 2 a 4 venas basales que convergen en el ápice (Beltrán *et al.*, 2021); mientras que la especie *H. cacheutense* se caracteriza por poseer una mayor densidad de venas por cm (más de 12 venas por cm), además de una menor amplitud de la hoja (3-7 mm) (Bodnar *et al.*, 2020). El material descrito muestra una densidad de venas por cm parecido al de *H. cacheutense*, pero el largo y ancho de la hoja coincide con los descritos para la especie *H. elongatum*. En este sentido, se prefiere asignar el material descrito a la especie *Heidiphyllum elongatum*, debido a que el largo y el ancho del material descrito se ubican dentro de los rangos de tamaños diagnósticos para *H. elongatum*, además de que es la especie de *Heidiphyllum* más reportada en Chile.

Existen otras especies de *Heidiphyllum* reportadas para el Triásico del suroeste de Gondwana (*H. minutifolium*, *H. clarifolium*), pero sus características son diferentes a las

del material descrito aquí (ver Bodnar *et al.*, 2015; Beltrán *et al.*, 2021).

El criterio para diferenciar las hojas de *Heidiphyllum elongatum* de las pinnas aisladas de cicadófitas fue la morfología de la hoja, que en *Heidiphyllum elongatum* tiende a ser linear-oblanceolada.

**Distribución geográfica y cronológica:** La especie *Heidiphyllum elongatum* es una especie ampliamente distribuida en el Triásico del Gondwana (Anderson y Anderson, 2003) y es un elemento dominante en las floras del Triásico Tardío (Kustatscher *et al.*, 2018). Su ocurrencia estratigráfica se restringe al Olenekiense-Jurásico (Leppe, 2005; Bodnar *et al.*, 2020).



**Lámina 5.11.** *Pterophyllum* cf. *azcaratei*. **A.** Restos de dos pinnas con márgenes rectos y venación paralela. **B.** Restos de dos pinnas con márgenes rectos y venación paralela; unidas a un raquis fragmentario. **C.** Fragmento de pinna. **D.** Restos fragmentarios de pinnas alargadas. **E.** Ilustración de la imagen B. Escala A-D: 5 mm. *Heidiphyllum elongatum*. **F.** Ilustración de la imagen G. **G.** Impresión de hoja aislada, incompleta. Escala G: 1 cm.

*Incertae Sedis*

**Gen. et sp. indet. A**

**Material estudiado:** UDA-PB: 330a,b; 340a,b; 349a,b.

**Unidad geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Quebrada del Peñón.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Compresión de una estructura vegetal con forma palmada, dividida en cinco lóbulos ovalados, distribuidos de manera radial en relación al centro (geometría parecida a una estrella) (Lámina 5.12: A-D). El ejemplar mide aproximadamente 29 mm de diámetro. De igual forma, se preservan restos fragmentarios de la estructura descrita.

**Comentarios:** El material muestra similitud con varios megasporófilos asociados a diferentes géneros de plantas registradas en el Triásico gondwánico (ver Anderson y Anderson, 2003). De forma particular, la morfología del material descrito es comparable con megasporófilos de los géneros *Peltaspermum*, *Matatiella*, *Avatia* y *Stachyopitys*; así como con el microsporófilo del género *Antevsia* (principalmente con sus discos fértiles). Sin embargo, debido al estado de preservación y a lo fragmentario del material, se opta por no asignarlo a ningún taxón conocido.

**Gen et sp. indet. B**

**Material estudiado:** UDA-PB: 364, 365.

**Unidad geológica:** Estratos El Mono.

**Localidad:** Mina La Coipa.

**Repositorio:** Laboratorio de Paleobotánica, Universidad de Atacama.

**Descripción:** Compresión de una estructura vegetal alargada (Lámina 5.12: E-F), de ~40 mm de largo y de ~10-12 mm de ancho. Sus bordes proyectan, de forma perpendicular,

pequeñas estructuras puntiagudas, similares a hojas. La estructura completa se asemeja a una hoja con morfología incisa. En su superficie muestra estriaciones longitudinales muy finas, pobremente preservadas.

**Comentarios:** El material no se asigna a ningún taxón conocido, debido a su mala preservación y a lo escaso del material, lo que impide realizar una comparación más precisa con taxones conocidos.

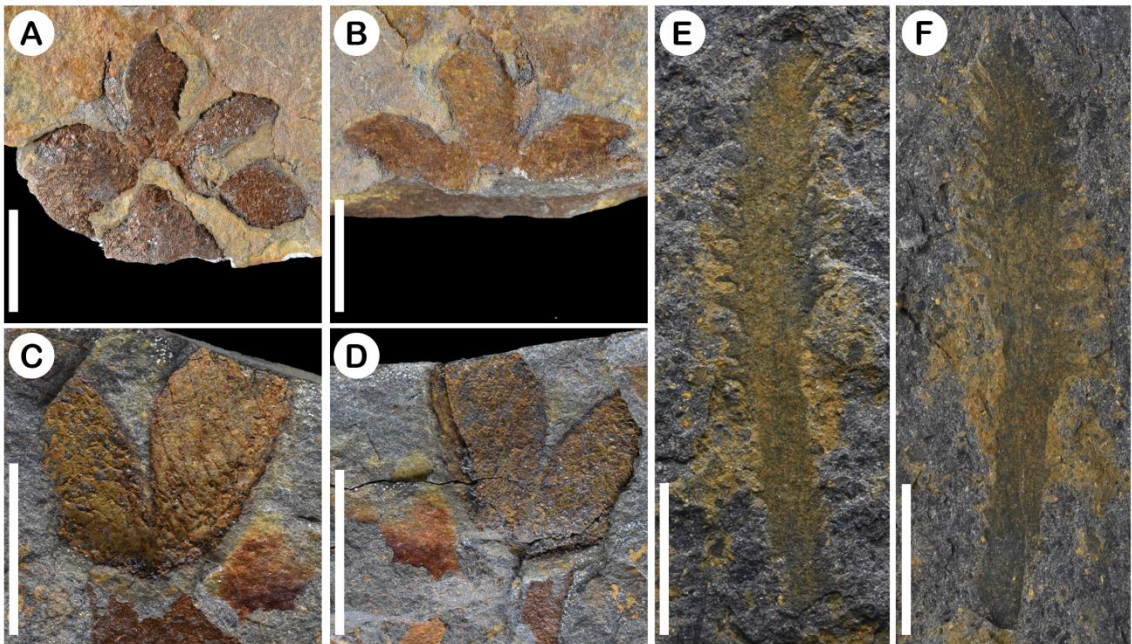
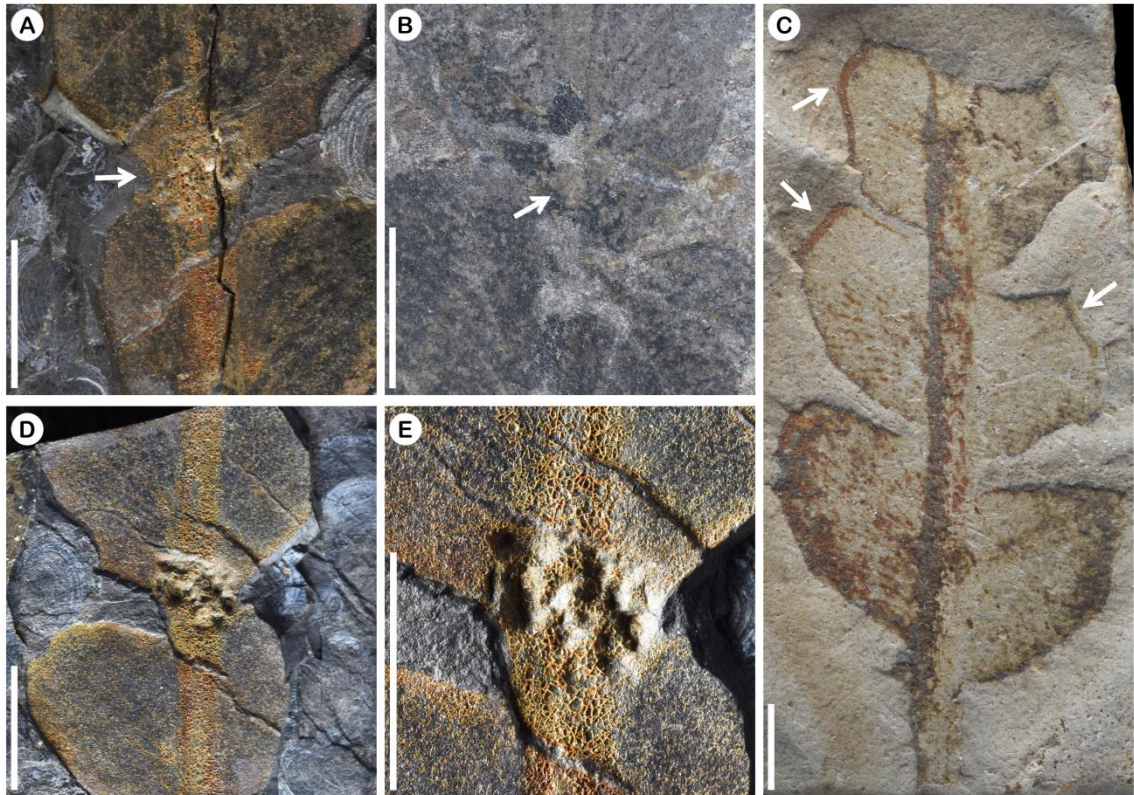


Lámina 5.12. A-D. Gen. *et sp.* indet. A. E-F. Gen. *et sp.* indet. B. Escala A-F: 1 cm.



## 5.6. Paleoecología: interacciones planta-insecto y restos de insectos

De acuerdo con la clasificación de Labandeira *et al.* (2007) se han identificado dos tipos de daños causados por insectos (*DT's*, del inglés *Damage Types*). El primer tipo corresponde a daño por alimentación foliar externa (*margin feeding*), mientras que el segundo tipo corresponde a daños por agallas (*galling*).



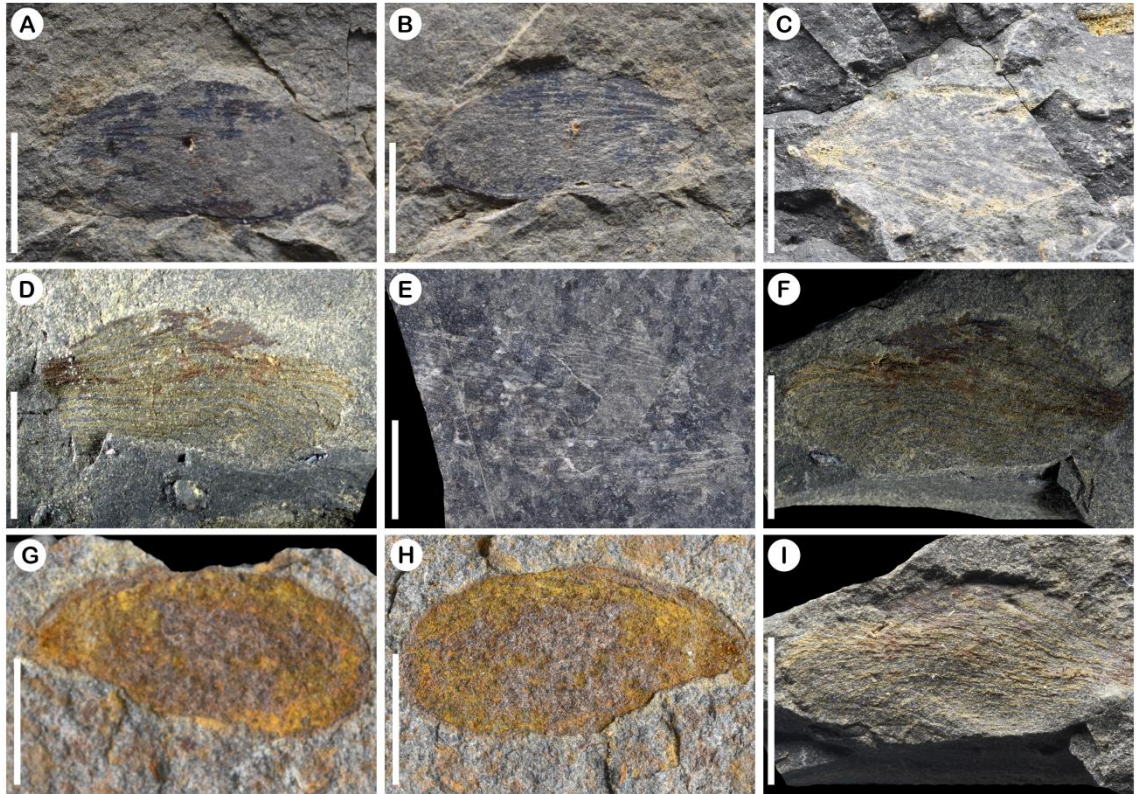
**Lámina 5.13.** Interacciones planta-insecto. **A.** Agallas en *Dicroidium odontopteroides* (la flecha blanca indica la agalla). **B.** Agalla en *Dicroidium odontopteroides*, pobremente preservada (la flecha blanca indica la agalla). **C.** Daño por alimentación foliar externa (indicado por flechas blancas) en *Dicroidium odontopteroides*. **D.** Agallas en *Dicroidium odontopteroides*. **E.** Detalle de la imagen D. Escala A-E: 5 mm.

De acuerdo con la clasificación de Labandeira *et al.* (2007), el daño por alimentación foliar externa (Lámina 5.13: C) se asemeja al DT12, definido como un tipo de daño provocado por excisiones aisladas, aproximadamente circulares, superficiales a profundas en el margen foliar, por menos de 180° de arco, aunque en el caso del material del presente trabajo no se aprecia la forma circular de las excisiones. Por otra parte, en cuanto al daño provocado por agallas, una parte del material (Lámina 5.13: A, D-E) se

asemeja al DT119, así como al DT127. El DT119 se define como agallas alargadas y lobuladas unidas por una base relativamente pequeña y que se expanden distalmente, en las venas secundarias, con un tamaño que varía de 2 a 3 mm de largo y 1.2 mm de ancho en la parte superior en los especímenes más grandes, a menudo causando deformación de la vena que las suministra; originadas en la vena secundaria de la planta hospedante. Por otro lado, el DT127 se define como agallas distintivas de forma elipsoidal a esferoidal con una superficie botroidal a rugosa; que varían de 3,5 mm a 4,5 mm de largo y de 1 a 2 mm de ancho; aparentemente suministradas por un solo rastro vascular (vena). Por último, la agalla que se muestra en la Lámina 5.13: B, muestra similitud con el DT34, aunque por su estado de preservación no se alcanza a observar de la mejor forma. El DT34 se define como agallas estructuralmente similares, no diagnósticas, con formas circulares a elipsoidales, que ocurren en las venas secundarias de las hojas (en este caso, de las frondas de *Dicroidium*).

Además, es necesario mencionar que el tipo de daño por alimentación foliar externa (DT12) puede ser asociado tanto a ortópteros de tamaño mediano a grande y, probablemente, a escarabajos igualmente grandes (Labandeira *et al.*, 2018); mientras que en el caso de las agallas, el DT34 se asocia con diferentes grupos de insectos (dípteros, hemípteros e himenópteros), el DT119 se asocia a hemípteros (Labandeira, 2021) y para el DT127 no se ha hallado un grupo de insectos asociado en la literatura revisada.

Finalmente, es necesario mencionar que, además de las interacciones planta-insecto, se hallaron restos de insectos (Lámina 5.14, en la próxima página) que hasta el momento no han sido descritos taxonómicamente. Estos restos de insectos constituyen, además, la primera evidencia de este grupo de organismos para los Estratos El Mono.



**Lámina 5.14.** A-I. Restos de insectos indeterminados. Escala A-I: 5 mm.

## CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

### 6.1. Paleoflora

La flora fósil de los Estratos El Mono, al igual que la flora triásica en otros afloramientos gondwánicos, se encuentra dominada por *Dicroidium*. Otros elementos presentes son Equisetales, Osmundales, Cycadales, Bennettitales y Coniferales, también de amplia distribución en yacimientos fosilíferos triásicos. Los taxones mencionados forman parte de la denominada Flora de *Dicroidium*, fósiles típicos del Triásico a nivel de Gondwana (Townrow, 1967; Retallack, 1977; Anderson y Anderson, 1983; Retallack, 1987; Spalletti *et al.*, 1999; Anderson y Anderson, 2003; Morel *et al.*, 2003; Anderson y Anderson, 2008; Bomfleur y Kerp, 2010; Anderson y Anderson, 2018; entre otros). En sentido amplio, la flora fósil presente en los Estratos El Mono se puede correlacionar con otras asociaciones paleoflorísticas triásicas, preservadas en diferentes depósitos de carácter continental en el Gondwana. Sólo por citar algunos ejemplos: Formación Molteno, en Sudáfrica (Anderson y Anderson, 1983); formaciones Basin Creek y Long Gully, en Australia (Retallack, 1977a) y Nueva Zelanda (Retallack, 1987), respectivamente; Formación Lashly, en Antártica (Chatterjee *et al.*, 2013); y formaciones Los Rastros y Carrizal, en Argentina (Lutz *et al.*, 2011; Morel *et al.*, 2015).

La asociación paleoflorística presente en los Estratos El Mono comparte elementos presentes en otras formaciones triásicas del norte de Chile en las regiones de Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo y Valparaíso (ver tabla del Anexo 1). En la región de Tarapacá, en la Formación Mamiña se presentan los géneros *Neocalamites*, *Dicroidium*, *Heidiphyllum* y *Pterophyllum*, como elementos en común con los Estratos El Mono. Por otro lado, en la región de Antofagasta, en la Formación Quebrada del Salitre los géneros y/o especies en común son *Neocalamites*, *Cladophlebis* cf. *mesozoica* (*Cladophlebis mesozoica* en los Estratos El Mono), *Dicroidium odontopteroides*, *Umkomasia* sp., *Pterophyllum* cf. *azcaratei* y *Heidiphyllum elongatum*. En la Formación Pular, los géneros y/o especies en común corresponden a *Dicroidium*, *Zuberia*, *Pseudoctenis* y *Heidiphyllum elongatum*. Asimismo, en la Formación Profeta solo se

encuentra una especie en común: *Dicroidium odontopteroides*. Por otra parte, en los Estratos El Bordo se han registrado los géneros *Neocalamites*, *Pterophyllum*, *Dicroidium* y las especies *Neocalamites carrerei*, *Pseudecten* cf. *multilineata* y cf. *Heidiphyllum elongatum*. Por último, en la Formación Sierra de Varas se han registrado los géneros *Neocalamites*, *Dicroidium*, *Pterophyllum*, *Cladophlebis* y *Heidiphyllum*; mientras que en la Formación Cifuncho se presentan los géneros *Cladophlebis*, *Heidiphyllum* y *Pterophyllum*.

En la región de Atacama, la Formación La Ternera presenta géneros y/o especies comunes tales como *Neocalamites*, *Cladophlebis*, *Dicroidium odontopteroides*, *Pseudecten multilineata*, *Pterophyllum azcaratei* (*P.* cf. *azcaratei* en los Estratos El Mono), *Heidiphyllum elongatum* y *Taeniopteris*. Por otra parte, en la Formación San Félix sólo se presenta un elemento en común, correspondiente a *Heidiphyllum elongatum*. En la Formación Agua Chica los géneros en común corresponden a *Dicroidium* y *Pseudecten*; mientras que en la Formación Canto del Agua se registran los géneros *Neocalamites* y *Dicroidium*. Por último, en la Formación Guanaco Sonso, se presentan los géneros *Neocalamites* y *Heidiphyllum*.

En la región de Coquimbo, la Formación Las Breas comparte las especies *Dicroidium odontopteroides* y *Heidiphyllum elongatum*, junto con los géneros *Zuberia* y *Taeniopteris*.

Por último, en la Formación El Puquén, en la región de Valparaíso, como elementos comunes se encuentran la especie *Dicroidium odontopteroides* y los géneros *Zuberia*, *Pseudecten* y *Taeniopteris*.

En resumen, con base en el análisis paleoflorístico, es posible establecer que las unidades triásicas con mayor afinidad con la asociación paleoflorística presente en los Estratos El Mono son la Formación Quebrada del Salitre y la Formación La Ternera, lo que se resume en la Tabla 6.1.

Además, el hallazgo de nueva evidencia paleoflorística, en el área de la quebrada del Peñón, confirma los hallazgos de flora fósil reportados (sin descripciones ni fotografías) por Blanco (1996) en el área adyacente, en específico de los géneros *Dicroidium* y *Pterophyllum*; aunque no se encontró evidencia acerca del género *Taeniopteris* reportado por el mismo autor. Junto con lo anterior, es importante destacar el hallazgo de estructuras reproductivas, tales como los estróbilos asociados a Equisetales y los restos de *Umkomasia* sp., una estructura reproductiva asociada a Corystospermales que, en el norte de Chile, sólo había sido registrada anteriormente en la Formación Quebrada del Salitre.

**Tabla 6.1. Cuadro comparativo de la ocurrencia de los géneros de los Estratos El Mono (EEM) en otras formaciones del norte de Chile (ver referencias en el Anexo 1).**

Géneros (EEM)	M	FP	B	QS	FPr	SV	Ci	AC	LT	SF	CA	GS	LB	EP
<i>Neocalamites</i>	x		x	x		x			x	x	x	x		
<i>Equisetites</i>													x	x
<i>Cladophlebis</i>				x		x	x		x					x
<i>Dicroidium</i>	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
<i>Umkomasia</i>				x										
<i>Zuberia</i>		x							x				x	x
<i>Pseudoctenis</i>		x	x					x	x					x
<i>Pterophyllum</i>	x		x	x		x	x		x					
<i>Heidiphyllum</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	

**Abreviaciones.** **M:** Formación Mamiña **FP:** Formación Pular; **B:** Estratos El Bordo; **QS:** Formación Quebrada del Salitre; **FPr:** Formación Profeta; **SV:** Formación Sierra de Varas; **Ci:** Formación Cifuncho; **AC:** Formación Agua Chica; **LT:** Formación La Ternera; **SF:** Formación San Félix; **CA:** Formación Canto del Agua; **GS:** Formación Guanaco Sonso; **LB:** Formación Las Breas; **EP:** Formación El Puquén.

Por otra parte, en cuanto a la edad de la paleoflora, la taxonomía de la asociación paleoflorística presente en los Estratos El Mono es concordante con una edad Ladiniense-Carniense (es decir, Triásico Medio a Superior; ver Tabla 5.1), lo que contrasta tanto con la edad Triásico Inferior asignada por Suárez *et al.* (1995) con base en palinomorfos (cf. *Polycingulatisporites crenulates* y *Polycingulatisporites* sp.), como con la edad de  $291,5 \pm 4,0$  Ma (interpretada dentro del rango Carbonífero tardío-Pérmico temprano) determinada por Maksaev *et al.* (2014).

Con respecto a la edad Triásico Inferior asignada por Suárez *et al.* (1995) con base en palinomorfos, es necesario mencionar que la especie *Polycingulatisporites crenulatus* posee un rango estratigráfico mucho más amplio, y ha sido hallado en rocas de casi todo el Mesozoico, extendiéndose desde el Carbonífero tardío hasta el Cretácico Inferior (de acuerdo a la información extraída de la base de datos PALYNODATA de [paleobotany.ru](http://paleobotany.ru)). Por lo tanto, dado su amplio biocrón, el palinomorfo cf. *Polycingulatisporites crenulatus* tiene poca utilidad como fósil guía, y difícilmente podría indicar una edad relativa de Triásico Inferior, tal como lo plantearon Suárez *et al.* (1995), por lo cual se descarta esta edad. Por otra parte, en cuanto a la edad de  $291,5 \pm 4,0$  (Carbonífero tardío-Pérmico temprano) obtenida por Maksaev *et al.* (2014), es preciso recalcar que la edad determinada por aquellos autores es contradictoria con la presencia de una asociación de Flora de *Dicroidium* en los Estratos El Mono, la cual es una asociación paleoflorística típica del Triásico Medio a Superior en un gran número de depósitos continentales a nivel de Gondwana, como ya ha sido mencionado en párrafos anteriores. La discrepancia entre la edad de  $291,5 \pm 4,0$  obtenida por Maksaev *et al.* (2014) y la presencia de la Flora de *Dicroidium*, puede explicarse a partir de los extensos afloramientos paleozoicos (Formación Chinchas, Formación Pantanosos) presentes en el área de estudio, siendo probable que la edad determinada a partir de un análisis de U-Pb en circones de tobas andesíticas, corresponda, en realidad, a edades obtenidas en rocas de edad paleozoica. Para resolver esta discrepancia, se hace necesario realizar nuevas dataciones radiométricas que arrojen nuevas luces sobre el problema planteado, y que permitan confirmar o refutar lo planteado por Maksaev *et al.* (2014).

Finalmente, la nueva edad propuesta (Ladiniense-Carniense) sobre la base de la ocurrencia de una Flora de *Dicroidium*, es más cercana a la edad Triásico Superior asignada originalmente a los Estratos El Mono por Mercado (1982). Aunque, de todas formas, es importante mencionar que se hace necesario determinar nuevas edades radiométricas para los Estratos El Mono, debido a que la bioestratigrafía - basada principalmente en palinomorfos - no ha sido tan precisa para el Triásico del suroeste de Gondwana, como lo demuestra el trabajo de Benavente *et al.* (2024).

## 6.2. Asociaciones de facies sedimentarias y ambientes de depositación

Suárez *et al.* (1995), identificaron cuatro asociaciones de facies en el área de la mina La Coipa (A: asociación de facies de lutitas negras; B: asociación de facies de conglomerados, areniscas y lutitas negras; C: asociación de facies de areniscas con estratificación cruzada; D: asociación de facies de lutitas rojas). En el presente trabajo se han podido identificar las asociaciones de facies A (aflorante en la mina La Coipa) y B (aflorante en la quebrada La Pelada).

De acuerdo con Suárez *et al.* (1995), la asociación de facies A comprende mayoritariamente (1) facies de lutitas negras carbonosas finamente laminadas con conchostracos y fósiles de plantas y (2) facies de lutitas finamente estratificadas y areniscas de grano muy fino con estratificación paralela y gradación normal en capas de hasta 5 cm de espesor, con conchostracos y fósiles de plantas. La asociación de facies A, descrita por Suárez *et al.* (1995), en la mina La Coipa, es concordante con la asociación de facies *AF1* identificada en el presente trabajo, compuesta por lutitas negras (*Fl*) y areniscas (*Sh* y *GS*). Suárez *et al.* (1995) interpretaron las facies (1) y (2), respectivamente, como depósitos de sedimentación por suspensión en aguas relativamente profundas y depósitos de corrientes de turbidez diluida. En el presente trabajo se interpretan estas facies como depósitos sedimentados por suspensión; flujos gravitacionales o corrientes de tracción débiles, en un ambiente lacustre de aguas relativamente profundas (*offshore*).

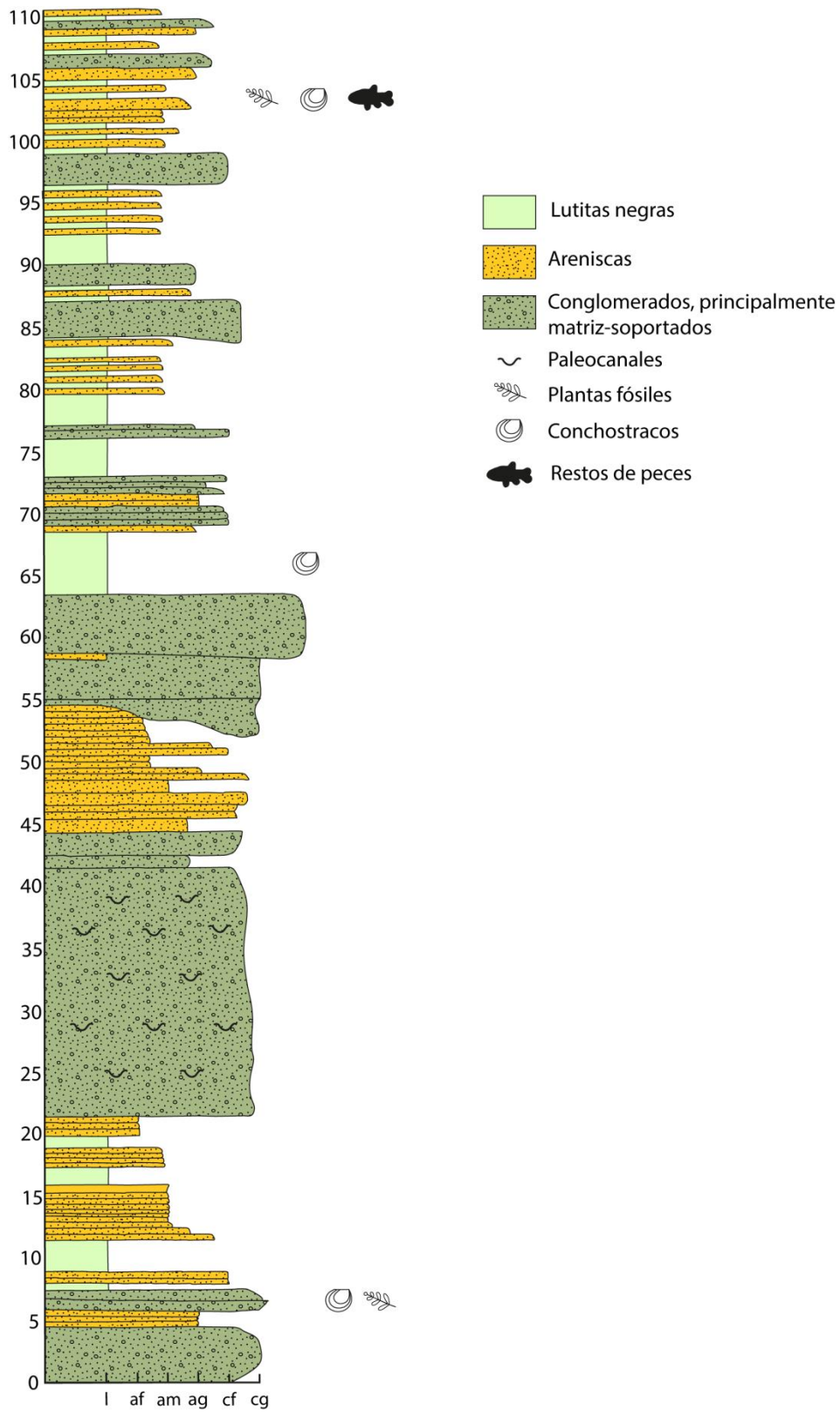
En la quebrada La Pelada, de acuerdo con Suárez *et al.* (1995), aflora la asociación de facies B (ver Figura 6.1), compuesta por conglomerados, areniscas y lutitas negras. Suárez *et al.* (1995), plantearon que la sucesión repetidamente intercalada de sedimentos gruesos y finos contiene una amplia variedad de procesos deposicionales, que incluyen la sedimentación por suspensión, corrientes de turbidez, flujos de detritos y flujos de corriente. Tal complejidad, sugeriría una acumulación en la parte subacuática de un delta en abanico (durante un nivel bajo) o en un talud (durante un nivel alto). Suárez *et al.* (1995), interpretaron las lutitas negras como depósitos sedimentados por

suspensión, mientras que las areniscas fueron interpretadas como turbiditas. En el presente trabajo, los depósitos de la quebrada La Pelada se interpretan como asociados a una llanura de inundación deltaica (Asociación de Facies 2), en donde las lutitas negras se interpretan como depósitos sedimentados por suspensión; las areniscas finas masivas se interpretan como depósitos de lóbulos de derrame (*crevasse splay deposits*) y las areniscas gravosas con gradación normal se interpretan como depósitos de *scour fill* (erosión y relleno), que de acuerdo con su geometría acuñada lateralmente, se asocian a relleno de canales distributarios. Además, en esta parte de la quebrada La Pelada se han observado grietas de desecación, lo cual indicaría una exposición subaérea intermitente (D. Volosky, comunicación personal, 2024). La rareza de las grietas de desecación puede ser explicada por las condiciones más húmedas que representa esta localidad, lo cual se ve apoyado por las tonalidades generales de las rocas, que en los Estratos El Mono tienden a ser negras y pardas, en contraste a las secuencias muy rojas y oxidantes que se observan en otras formaciones que corresponden a ambientes similares, pero con condiciones climáticas más áridas. Por otra parte, las facies de fan delta o talud, mencionadas por Suárez *et al.* (1995), se propusieron principalmente a partir de los conglomerados con clastos de hasta 4 m de diámetro, los cuales indudablemente se asociarían a depósitos de alta energía y pendiente. A pesar de la interpretación de Suárez *et al.* (1995), en el área de la quebrada La Pelada estudiada en el presente trabajo no se observaron las litologías de conglomerados más gruesos, por lo tanto no se descarta que existan facies de mayor energía. Además, sería importante determinar, en futuros trabajos, si existe una transición gradual hacia facies de menor energía (llanuras de inundación) desde los conglomerados de bloque mencionados por Suárez *et al.* (1995), o viceversa.

Por otra parte, es probable que las secciones estratificadas estudiadas en la quebrada del Peñón (QP1 y QP2) formen parte de las asociaciones de facies EM1 o EM2 definidas por Blanco (1996). Las asociaciones de facies EM1 y EM2, corresponden, respectivamente, a un delta trenzado-abanico deltaico y abanico deltaico, ambos desarrollados bajo condiciones climáticas húmedas, según Blanco (1996). La sección de la columna QP1 se interpreta como un depósito lacustre, con progradación de abanico

aluvial (Asociación de Facies 3). La existencia de un depósito lacustre es concordante parcialmente con lo propuesto por Blanco (1996), en cuanto a que las facies lacustres presentes en el área de las nacientes de la quebrada Paipote señalarían que el tipo de lago existente en este sector de la cuenca era de carácter somero. A diferencia de Blanco (1996), en el presente trabajo sólo se propone un ambiente lacustre, ya que no ha sido posible identificar características que permitan hablar de un ambiente lacustre somero (facies carbonatadas, predominio de arenas, barras de desembocadura y clinoformas, entre otras.).

Por otra parte, la sección estratificada de la columna QP2 se interpreta como depósitos de llanura de inundación (Asociación de Facies 4), debido principalmente al predominio de facies (*Sh*, *Sm*) que parecen evidenciar un régimen de energía no tan bajo; además por la presencia de la facies *Sh*, que de acuerdo con Miall (2006), se pueden asociar a inundaciones repentinas (*flash floods*) en la llanura de inundación.



**Figura 6.1.** Sección estratigráfica de quebrada La Pelada (l: lutitas; af: arenisca grano fino; am: arenisca grano medio; ag: arenisca grano grueso; cf: conglomerado grano fino; conglomerado grano grueso). Escala vertical en metros. Modificado de Suárez *et al.* (1995).

### 6.3. Paleoambiente, paleoecología y paleoclima

**Paleoambiente.** La paleoflora de los Estratos El Mono se compone principalmente de los siguientes taxones: Equisetales (*Neocalamites*, *Equisetites*), Osmundales (*Cladophlebis*); Corystospermales (*Dicroidium*, *Zuberia*); Cycadales (*Pseudoctenis*); Bennettitales (*Pterophyllum*) y Coniferales (*Heidiphyllum*).

El género *Neocalamites* se asocia con márgenes lacustres, márgenes de ríos y planicies de inundación (Mancuso y Marsicano, 2008). La esfenófito herbáceo-arbustiva *Neocalamites carrerei* y el arbustivo-arborescente *Nododendron suberosum* se desarrollaron en los márgenes de los canales, márgenes de cuerpos de agua, en bancos bien drenados y en las áreas húmedas inundadas y/o suelos saturados de agua de la llanura aluvial (Villalva et al., 2023).

Por otra parte, el género *Dicroidium* puede aparecer como arbustos o árboles y se asocia con márgenes de ríos y llanuras aluviales (Retallack, 1977; Mancuso y Marsicano, 2008). De forma similar, Anderson y Anderson (2003), en la Formación Molteno, asocian *Dicroidium* a dos tipos de hábitats: bosques ribereños de *Dicroidium* y bosques abiertos de *Dicroidium*. Los bosques ribereños de *Dicroidium* pueden ser de dos tipos, maduros (tipo 1) e inmaduros (tipo 2). Los de tipo 1 se refieren a bosques en etapa de clímax, de múltiples estratos de vegetación y alta diversidad, que bordean canales maduros y abandonados; mientras que los de tipo 2, se refieren a bosques poco desarrollados, de un solo estrato y diversidad media, que bordean canales entrecruzados de la llanura de inundación. Por otra parte, los bosques abiertos de *Dicroidium* corresponden a bosques de baja a media diversidad en la llanura de inundación.

Las coníferas (Anderson y Anderson, 1998) se encuentran comúnmente en bosques abiertos lejos de los márgenes de los ríos y de la llanura aluvial. Por otra parte, Anderson y Anderson (2003) describen el hábitat de matorrales de *Heidiphyllum*, constituido por masas arbustivas de coníferas monodominantes a monoespecíficas, asociadas con áreas de nivel freático más alto en la llanura de inundación, o en barras de

arena en los cauces de los ríos.

En los Estratos El Mono, es probable que el entorno de margen lacustre haya estado dominado por una vegetación baja compuesta por arbustos y árboles pequeños pertenecientes a Corystospermales (*Dicroidium*, *Zuberia*), así como a grupos de esfenófitas (*Neocalamites*, *Equisetites*). Los márgenes de los ríos probablemente estaban poblados por esfenófitas, y las llanuras aluviales pobladas por Corystospermales, Cycadales y Pteridofitas (e.g. *Cladophlebis*). De acuerdo con su baja abundancia, es probable que las coníferas hayan formado un bosque alejado de los márgenes de los ríos y por encima de la llanura aluvial.

**Paleoecología.** La presencia de interacciones planta-insecto, tales como marcas de alimentación foliar externa y agallas, constituye un aporte al escaso registro de este tipo de interacciones paleoecológicas que, hasta el momento, en formaciones triásicas de la región de Atacama, sólo se habían registrado en la Formación La Ternera como marcas de oviposición sobre restos foliares de *Heidiphyllum elongatum* y *Pseudoctenis harringtoniana* (Gnaedinger *et al.*, 2014). Por último, y de forma general, la presencia de interacciones planta-insecto, junto a los restos de insectos, constituye una evidencia de la fase de Expansión de Hervivoría 3 (Labandeira, 2006), que comienza en el Triásico Medio y se extiende hasta el Neógeno. En este caso, el grupo de plantas hospedantes de las interacciones planta-insecto corresponde únicamente a corystospermas (*Dicroidium*).

**Paleoclima.** En cuanto al paleoclima, según Bodnar *et al.* (2019), la ocurrencia de corystospermas como elementos dominantes, junto con coníferas, cycadales y peltaspermas como elementos subordinados, sugerirían condiciones climáticas xéricas, es decir, más secas. De acuerdo con Morel *et al.* (2015), las corystospermas corresponderían a plantas con caracteres xeromórficos y con adaptaciones a climas estacionales. Además, estas plantas se definirían como mesoxerofíticas, debido a su adaptación a climas estacionales con una estación seca prolongada y lluvias periódicas. Por otra parte, según Drovandi *et al.* (2022), las Umkomasiales (=Corystospermales) se asociarían a condiciones locales húmedas bajo climas estacionales. A su vez, la

presencia minoritaria de helechos, tales como los osmundales (*e.g. Cladophlebis*), indicaría una cercanía a cursos de agua.

El desarrollo de géneros tales como *Neocalamites* y *Equisetostachys* sería indicativo de condiciones climáticas templadas cálidas con una estacionalidad fuertemente marcada (Coturel *et al.*, 2016); mientras que la presencia de Bennettitales (*e.g. Pterophyllum*), en general, indicaría climas templados a cálidos, más o menos secos (Herbst y Crisafulli, 2016). Por otro lado, la ocurrencia del género *Heidiphyllum* puede indicar condiciones climáticas tanto húmedas como secas (Beltrán *et al.*, 2021).

Las condiciones climáticas que indican los taxones mencionados muestran afinidad con un clima estacional subtropical con condiciones secas para el Ladiniense-Carniense (edad propuesta para los Estratos El Mono) (Spalletti *et al.*, 2003; Bodnar *et al.*, 2018). Asimismo, es concordante con el desarrollo de un clima semi-árido a subhúmedo durante el Triásico Medio, con precipitaciones concentradas en los veranos, que hacia el Carniense evoluciona hacia condiciones climáticas cálidas y húmedas sin estacionalidad marcada (Pedernera *et al.*, 2022). Según lo mencionado, es probable que la asociación paleoflorística de los Estratos El Mono se haya desarrollado bajo un clima subtropical y estacional, templado cálido, con una estación seca prolongada y con lluvias periódicas, con condiciones locales de humedad, tal como lo indica el desarrollo de una cuenca lacustre en el área de La Coipa.

#### 6.4. Correlación con unidades del margen SW de Gondwana

La siguiente tabla muestra una comparación entre el contenido paleoflorístico, a nivel de géneros, de los Estratos El Mono (en las localidades consideradas en el presente trabajo) y otras formaciones triásicas del margen suroeste del Gondwana (en total 24 formaciones de Argentina).

**Tabla 6.2. Cuadro comparativo de la ocurrencia de los géneros de los Estratos El Mono (EEM) en otras formaciones del SW de Gondwana (Argentina).**

Géneros (EEM)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
<i>Neocalamites</i>	x	x	x	x				x				x	x	x	x	x	x	x	x					x
<i>Equisetites</i>	x		x							x			x		x			x	x					
<i>Equisetostachys</i>																								
<i>Cladophlebis</i>	x	x	x	x	x		?	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x				x	x
<i>Dicroidium</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x				x	
<i>Umkomasia</i>																		x	x					
<i>Zuberia</i>		x		x	x		x					x	x		x			x	x				x	
<i>Pseudoctenis</i>			x	x							x							x	x			x		
<i>Pterophyllum</i>																x			x					
<i>Heidiphyllum</i>	x	x	x	x	x		x			x	x	x	x	x		x			x					x

**Abreviaciones.** A. Fm. Carrizal; B. Fm. Cerro de las Cabras; C. Fm. Potrerillos; D. Fm. Cacheuta; E. Fm. Río Blanco; F. Fm. Chihuido; G. Fm. Llantenés; H. Fm. Cañadón Largo; I. Fm. Laguna Colorada; J. Fm. Vera; K. Fm. Paso Flores; L. Fm. Ischichuca; M. Fm. Los Rastros; N. Fm. Ischigualasto; O. Fm. Agua de los Pajaritos; P. Fm. El Alcázar; Q. Fm. Hilario; R. Fm. Barreal; S. Fm. Cortaderita; T. Fm. Cepeda; U. Fm. Corral de Piedra; V. Fm. Casa de Piedra; W. Fm. Chihuido; X. Fm. Nestares (información extraída de: Morel *et al.*, 1992; Ganuza *et al.*, 1998; Artabe *et al.*, 2007; Lutz *et al.*, 2011; Morel *et al.*, 2015; Cariglino *et al.*, 2016; Bodnar *et al.*, 2019; Bodnar *et al.*, 2020; Beltrán *et al.*, 2021).

De acuerdo con el análisis realizado a partir de la tabla anterior, se desprende que las formaciones con mayor afinidad con la paleoflora de los Estratos El Mono son la Formación Cortaderita (9 géneros en común) y La Formación Barreal (7 géneros en común). La Formación Cortaderita, de acuerdo con Bodnar *et al.* (2019), corresponde a una edad Triásico Medio (Ladiniense), es decir, lo que se ha definido como Piso Cortaderitano, caracterizado por la máxima diversificación de la Flora de *Dicroidium* (Bodnar *et al.*, 2021). Por otra parte, la Formación Barreal corresponde a una edad

Triásico Medio (Anisiense), asociada al Piso Barreliano, es decir, asociado a la etapa más temprana de diversificación de la Flora de *Dicroidium*, posterior a su establecimiento en el Triásico Inferior (Bodnar *et al.*, 2019; Bodnar *et al.*, 2021).

El conjunto paleoflorístico de los Estratos El Mono además es correlacionable, de acuerdo con la Tabla 6.2, con otras formaciones argentinas, tales como la Formación Carrizal, de edad Triásico Medio alto a Triásico Superior bajo (Morel *et al.*, 2015); la Formación Cerro de las Cabras, de edad Triásico Medio (Cariglino *et al.*, 2016); la Formación El Alcázar, de edad Mesotriásico tardío a Neotriásico temprano (Ganuza *et al.*, 1998); la Formación Potrerillos, de edad Triásico Medio tardío a Triásico Tardío temprano (Artabe *et al.*, 2007); la Formación Cacheuta, de edad Carniense-Noriense (Bodnar *et al.*, 2020) y la Formación Los Rastros, de edad Triásico Medio (Lutz *et al.*, 2011).

En resumen, la flora fósil de los Estratos El Mono pareciera mostrar una mayor afinidad con floras del Triásico Medio a Tardío, principalmente asociadas a lo que ha sido definido como el Piso Cortaderitano, que abarca el Ladiniense-Carniense y la parte más inferior del Noriense (Bodnar *et al.*, 2021), período al cual se asocian la mayoría de las formaciones mencionadas más arriba (Formación Cortaderita, Formación Carrizal, Formación El Alcázar, Formación Potrerillos, Formación Cacheuta y Formación Los Rastros) y que coincide con la etapa de máxima diversificación de la Flora de *Dicroidium*, como ya se mencionó anteriormente.

## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

1. El presente trabajo corresponde al primer estudio en detalle sobre la taxonomía de la flora fósil de los Estratos El Mono, incluyéndose descripciones, fotografías e ilustraciones del material encontrado. Además, se aportan nuevos datos acerca de la edad, paleoecología (interacciones planta-insecto), paleoclima y ambiente depositacional de la paleoflora de los Estratos El Mono. Asimismo, se aporta información acerca de la correlación de los Estratos El Mono con otras localidades del Triásico Medio y Superior de Chile y Argentina.
2. La paleoflora de los Estratos El Mono corresponde a un conjunto dominado por *Dicroidium*, ocurriendo junto a otros elementos subordinados (Equisetales, Osmundales, Cycadales, Bennettitales y Coniferales), los cuales son taxones típicos del Triásico Medio a Superior y de la denominada Flora de *Dicroidium*, que caracterizó la vegetación del Triásico de Gondwana. Además, los taxones presentes en los Estratos El Mono, indican una mayor afinidad, en el norte de Chile, con formaciones triásicas tales como Quebrada del Salitre y La Ternera.
3. La edad relativa de la paleoflora presente en los Estratos El Mono se acota, de acuerdo con el análisis bioestratigráfico, al Ladiniense-Carniense. Esta edad permite concluir que la paleoflora de los Estratos El Mono parece mostrar una mayor afinidad con floras del Triásico Medio a Tardío, principalmente asociadas a lo que se ha definido como el Piso Cortaderitano, que abarca el Ladiniense-Carniense y la parte más inferior del Noriense, coincidiendo así con la etapa de máxima diversificación de la Flora de *Dicroidium*.
4. La flora fósil de los Estratos El Mono muestra mayor afinidad con formaciones triásicas argentinas tales como Cortaderita y Barreal; y en menor medida con formaciones tales como Carrizal, Cerro de las Cabras, El Alcázar, Potrerillos, Cacheuta y Los Rastros.
5. Los rasgos sedimentológicos, florísticos y faunales muestran características típicas de un ambiente fluvio-lacustre, en donde se puede distinguir un subambiente lacustre profundo (*offshore*) en el área de la mina La Coipa, un subambiente lacustre en el área de la quebrada del Peñón (QP1) y subambientes de llanuras de inundación tanto en la quebrada La Pelada como en la quebrada del Peñón (QP2).

6. El conjunto paleoflorístico sería indicativo de un clima subtropical y estacional, templado cálido, con una estación seca prolongada y con lluvias periódicas, con condiciones locales de humedad, tal como lo indica el desarrollo de una cuenca lacustre en el área de La Coipa.
7. La presencia de interacciones planta-insecto, permite correlacionar la flora con la etapa de Expansión de Herbivoría 3, definida por Labandeira (2006), y aportar con nuevos datos que no están disponibles para el margen SW del Gondwana durante el Triásico. Además se contribuye con nuevos registros de interacciones planta-insecto para las formaciones del Triásico de la región de Atacama, en donde previamente sólo existían reportes de tales interacciones en la Formación La Ternera. Además, es importante mencionar la presencia de restos fósiles de insectos, lo que constituye el primer registro de este tipo de fósiles para los Estratos El Mono.
8. Estudios posteriores detallados sobre la rica y diversa flora y fauna recientemente recolectada en los Estratos El Mono permitirán definirla como una *Lagerstätte* fósil y, a su vez, en una de las biotas triásicas más completas de Chile (plantas, maderas, invertebrados y vertebrados).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M., Morales, D., Volosky, D., Moisan, P., y Lara, M. B. (2022). *Nuevos hallazgos fósiles en los Estratos El Mono-La Coipa (Triásico Superior) en la localidad de Quebrada La Pelada, Región de Atacama, Chile* [sesión de conferencia]. II Congreso Chileno de Paleontología. San Vicente de Tagua Tagua, Chile.
- Anadón, P., Cabrera, L. I., & Kelts, K. (1991). Lacustrine facies analysis. *Special publication of the International Association of Sedimentologists*, (13), VIII-318.
- Anderson, H. M., y Anderson, J. M. (1970). A preliminary review of the biostratigraphy of the uppermost Permian, Triassic and lowermost Jurassic of Gondwanaland. *Palaeontologia africana*, 13, 1-22.
- Anderson, J. M. y Anderson, H. M. (1983). *Palaeoflora of Southern Africa. Molteno Formation (Triassic). Vol 1: Part 1, Introduction. Part 2, Dicroidium*. A.A. Balkema.
- Anderson, J. M. y Anderson, H. M. (1989). *Paleoflora of Southern Africa, Molteno Formation (Triassic). Volume 2. Gymnosperms (excluding Dicroidium)*. A. A. Balkema.
- Anderson, J. M., Anderson, H. M., Archangelsky, S., Bamford, M., Chandra, S., Dettmann, M., Hill, R., McLoughlin, S., y Rösler, O. (1999). Patterns of Gondwana plant colonisation and diversification. *Journal of African Earth Sciences*, 28(1), 145-167. [https://doi.org/10.1016/S0899-5362\(98\)00083-9](https://doi.org/10.1016/S0899-5362(98)00083-9)
- Anderson, J. M., y Anderson, H. M. (2003). *Heyday of the gymnosperms: systematics and biodiversity of the Late Triassic Molteno fructifications*. Strelitzia.
- Anderson, H. M. y Anderson, J. M. (2008). *Molteno ferns: Late Triassic biodiversity in southern Africa*. Strelitzia.
- Anderson, H. M. y Anderson, J. M. (2018). Molteno Sphenophytes : Late Triassic Biodiversity in Southern Africa. *Palaeontologia africana*, 53(1), 1-391.
- Anderson, H. M., Barbacka, M., Bamford, M. K., Holmes, W. K., y Anderson, J. M. (2019). Dicroidium (foliage) and affiliated wood Part 3 of a reassessment of Gondwana Triassic plant genera and a reclassification of some previously attributed. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 44(1), 64-92. <https://doi.org/10.1080/03115518.2019.1622779>
- Anderson, H. M., Barbacka, M., Bamford, M. K., Holmes, W. K., y Anderson, J. M. (2020). *Dicroidium* (foliage) and affiliated wood Part 3 of a reassessment of

Gondwana Triassic plant genera and a reclassification of some previously attributed. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 44(1), 64-92. <https://doi.org/10.1080/03115518.2019.1622779>

- Andrews, H. (1965). *Studies in paleobotany*. John Wiley & Sons, Inc.
- Archangelsky, S. (1968). Studies on Triassic fossil plants from Argentina. IV. The leaf genus *Dicroidium* and its possible relation to *Rhexoxylon* stems. *Palaeontology*, 11(4), 500-512.
- Arnold, C. A. (1947). *An introduction to paleobotany* (1a ed.). McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Artabe, A. E. (1985). Estudio sistemático de la taoflora triásica de Los Menucos, Provincia de Río Negro, Argentina. Parte I. Sphenophyta, Filicophyta, Pteridospermophyta. *Ameghiniana*, 22(1-2), 3-22.
- Artabe, A. E. (1990). Revalidación del género triásico *Zuberia* Frenguelli 1943, familia Crystospermaeae. *Revista del Museo de La Plata*, 9(55), 145-155.
- Artabe, A. E. y Zamuner, A. B. (1991). Una nueva equisetel del Triásico de Cacheuta, Argentina, con estructura interna preservada. *Ameghiniana*, 28(3-4), 287-294.
- Artabe, A. E., Morel, E. M., y Spalletti, L. A. (2003). Caracterización de las provincias fitogeográficas triásicas del Gondwana extratropical. *Ameghiniana*, 40(3), 387-405.
- Artabe, A. E., y Brea, M. (2003). A new approach to Crystospermales based on Triassic permineralized stems from Argentina. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 27(3), 209-229. <https://doi.org/10.1080/03115510308619353>
- Artabe, A. E., Morel, E. M. y Ganuza, D. G. (2007). Las floras triásicas de la Argentina. *Ameghiniana*, 11(1), 75-86.
- 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*, 44(2), 279-301.
- Barboni, R., & Dutra, T. L. (2013). New “flower” and leaves of Bennettiales from Southern Brazil and their implication in the age of the Lower Mesozoic deposits. *Ameghiniana*, 50(1), 14-32. <http://dx.doi.org/10.5710/AMGH.28.11.2012.444>
- Beltrán, M., Bodnar, J., y Melchor, R. (2021). The genera *Heidiphyllum* and *Dordrechtites*, and associated fossil wood from the Triassic Ischichuca

Formation, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 107, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103142>

- Benavente, C. A., Irmis, R. B., Pedernera, T. E., Mancuso, A. C., y Mundil, R. (2024). Triassic Gondwanan floral assemblages reflect paleogeography more than geologic time. *Gondwana Research*, 130, 140-157.
- Benedetto, J. L. (2019). El Sistema Triásico y el inicio de la ruptura de Pangea. En J. Benedetto (Ed.). *El continente de Gondwana a través del tiempo. Una introducción a la Geología Histórica*. (pp. 317-345). Academia Nacional de Ciencias de Córdoba - Argentina.
- Blakey, R. C. (2008). Gondwana paleogeography from assembly to breakup – A 500 m.y. odyssey. En C. R. Fielding, T. D. Frank y J. L. Isbell (Eds.). *Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space*. (pp. 1-28). Geological Society of America. [https://doi.org/10.1130/2008.2441\(01\)](https://doi.org/10.1130/2008.2441(01))
- Blanco, N. (1994). *Sedimentología y ambientes sedimentarios de los estratos El Mono, Triásico de la Región de Atacama, Chile* [sesión de conferencia]. 7º Congreso Geológico Chileno. Concepción, Chile.
- Blanco, N. (1996). *Sedimentología y ambientes depositacionales de la Formación La Ternera, Triásico Superior de la Precordillera Andina de Copiapó, Región de Atacama, Chile* [Tesis de pregrado inédita]. Universidad de Concepción.
- Bodnar, J. (2010). *La paleoflora triásica de la Formación Cortaderita en la quebrada homónima, cuenca de Barreal, Calingasta, provincia de San Juan, Argentina* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/4308>
- Bodnar, J., Ruiz, D. P., Artabe, A. E., Morel, E. M., y Ganuza, D. G. (2015). Voltziales y Pinales (= Coniferales) de la Formación Cortaderita (Triásico Medio), Argentina, y su implicancia en la reconstrucción de las coníferas triásicas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18(1), 141-160. <http://dx.doi.org/10.4072/rbp.2015.1.10>
- Bodnar, J., Drovandi, J. M., Morel, E. M., y Ganuza, D. G. (2018). Middle Triassic dipterid ferns from west-central Argentina and their relationship to palaeoclimatic changes. *Acta Palaeontologica Polonica*, 63(2), 397-416.
- Bodnar, J., Iglesias, A., Colombi, C. E., y Drovandi, J. M. (2019). Stratigraphical, sedimentological and palaeofloristic characterization of the Sorocayense Group (Triassic) in Barreal depocenter, San Juan Province, Argentina. *Andean Geology*, 46(3), 567-603.
- Bodnar, J., Morel, E. M., Coturel, E. P. y Ganuza, D. G. (2020). New plant fossil records and biostratigraphic analysis from the Uspallata Group (Late Triassic) at

Cacheuta Hill, Cuyo Basin, west-central Argentina. *Geobios*, 60, 3-27.  
<https://doi.org/10.1016/j.geobios.2020.04.002>

- Bodnar, J., Coturel, E. P., Falco, J. I., y Beltrán, M. (2021). An updated scenario for the end-Permian crisis and the recovery of Triassic land flora in Argentina. *Historical Biology*, 33(12), 3654-3672.  
<http://dx.doi.org/10.1080/08912963.2021.1884245>
- Bomfleur, B. y Kerp, H. (2010). Dicroidium diversity in the Upper Triassic of North Victoria Land, East Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 160(3-4), 67-101. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.02.006>
- Bomfleur, B., Taylor, E. L., Taylor, T. N., Serbet, R., Krings, M., y Kerp, H. (2011). Systematics and paleoecology of a new peltaspermalean seed fern from the Triassic polar vegetation of Gondwana. *International Journal of Plant Sciences*, 172(6), 807-835. <https://doi.org/10.1086/660188>
- 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: An Australasian Journal of Palaeontology*, 37(3), 349-365.  
<https://doi.org/10.1080/03115518.2013.764693>
- Bonetti, M. I. (1966). Consideraciones sobre algunos representantes de la Familia "Corystospermaceae". *Ameghiniana*, 4(10), 389-395.
- Bonetti, M. I. (1968). Las especies del género *Pseudoctenis* en la flora triásica de Barreal (San Juan). *Ameghiniana*, 5(10), 433-446.
- Boucher, L. D. (1995). *Morphometric and paleobiogeographic analyses of Dicroidium from the Triassic of Gondwana* [Tesis doctoral]. The Ohio State University.
- Boucher, L. D., Taylor, E. L., Taylor, T. N., Cúneo, N. R., y Osborn, J. M. (1995). Dicroidium compression floras from southern Victoria Land. *Antarctic Journal of the United States*, 30, 40-41.
- Brea, M. y Artabe, A. E. (1999). Apocalamitaceae (Sphenophyta) triásicas de la Formación Paramillo, Agua de la Zorra, provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*, 36(4), 389-400.
- Brongniart, A. (1849). *Tableau des genres de végétaux fossiles considérés sous le point de vue de leur classification botanique et de leur distribution géologique*. Imprimerie de L. Martinet.
- Bruggen, J. (1917). Informe sobre el carbón de La Ternera (Copiapó). *Boletín de la Soci± Nacional de Minería*, (1), 486-496.

- Brüggen, J. (1942). *Geología de la Puna de San Pedro de Atacama y sus formaciones de areniscas y arcillas rojas* [sesión de conferencia]. Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología. Santiago, Chile.
- Brüggen, J. (1950). *Fundamentos de la Geología de Chile*. Instituto Geográfico Militar.
- Cariglino, B., Zavattieri, A. M., Gutiérrez, P. R., y Balarino, M. L. (2016). The paleobotanical record of the Triassic Cerro de las Cabras Formation at its type locality, Potrerillos, Mendoza (Uspallata Group): an historical account and first record of fossil flora. *Ameghiniana*, 53(2), 184-204.
- Cariglino, B., Monti, M., y Zavattieri, A. M. (2018). A Middle Triassic macroflora from southwestern Gondwana (Mendoza, Argentina) with typical Northern Hemisphere elements: Biostratigraphic, palaeogeographic and palaeoenvironmental implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 257, 1-18.
- Cecioni, G. y Westermann, G. E. G. (1968). The Triassic/Jurassic marine transition of coastal Central Chile. *Pacific Geology*, 1, 41-75.
- Charrier, R., Pinto, L., y Rodríguez, M.P. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. En T. Moreno y W. Gibbons (Eds.). *The geology of Chile*. (pp. 21-114). Geological Society of London.  
<https://doi.org/10.1144/GOCH>
- Chandra, S., Singh, K. J., y Jha, N. (2008). First report of the fertile plant genus *Umkomasia* from Late Permian beds in India and its biostratigraphic significance. *Palaeontology*, 51(4), 817-826.
- Chong, G. (1973). *Reconocimiento geológico del Área Catalina-Sierra de Varas y Estratigrafía del Jurásico del Profeta, provincia de Antofagasta* [Tesis de pregrado inédita]. Universidad de Chile.
- Chun, S. S., & Chough, S. (1995). The Cretaceous Uhangri formation, SW Korea: lacustrine margin facies. *Sedimentology*, 42(2), 293-322.
- Coloma, F., Valin, X., Oliveros, V., Vásquez, P., Creixell, C., Salazar, E., y Ducea, M. (2017). Geochemistry of Permian to Triassic igneous rocks from northern Chile (28°-30°15'S): Implications on the dynamics of the proto-Andean margin. *Andean Geology*, 44(2), 147-178.  
<https://dx.doi.org/10.5027/andgeoV44n2-a03>
- Cornejo, P., Mpodozis, C., & Tomlinson, A. (1998). Hoja Salar de Maricunga. Región de Atacama. Escala 1:100.000. *Mapas geológicos*, (7).
- Coturel, E. P., Morel, E. M., y Ganuza, D. (2016). Lycopodiopsids and equisetopsids

from the Triassic of Quebrada de los Fósiles formation, San Rafael Basin, Argentina. *Geobios*, 49(3), 167-176.

- Davidson, J., Mpodozis, C., Bungler, C., Cornejo, P., Faunes, A., Foerster, H., Fuster, N., Gardeweg, M., Godoy, S., Jannas, R., Muzzio, G., Reyes, J.C., Salinas, P., Sepúlveda, J., Solano, A. y Velasco, L. (1978). Geología de la precordillera de Copiapó: las nacientes de la quebrada Paipote al oeste del Salar de Maricunga (resultados del curso de Geología de Campo II, 1977). *Comunicaciones*, (24), 1-34.
- Dediós, P. (1967). Cuadrángulo Vicuña. Provincia de Coquimbo. Escala 1:50.000. *Carta Geológica de Chile*, (16), 1-65.
- Drovandi, J. M., Correa, G. A., Colombi, C. E., y Césari, S. N. (2022). *Dicroidium (Zuberia) zuberi* (Szajnocha) Archangelsky from exceptional Carnian leaf litters of the Ischigualasto Formation, westernmost Gondwana. *Historical Biology*, 34(7), 1-14. <https://doi.org/10.1080/08912963.2021.1974017>
- Du Toit, A.L. (1927). The fossil flora of the upper Karroo beds. *Annals of the South African Museum*, 22, 290–420.
- Escapa, I. H., y Cúneo, N. R. (2006). Primer registro de *Neocalamites* (Halle) Vladimirovicz en el Pérmico de Gondwana. *Ameghiniana*, 43(1), 85-92.
- Espinoza, M., Oliveros, V., Celis, C., y Vásquez, P. (2016). *Geochronology, geochemistry and tectonics of subduction-related Triassic rift basins in northern Chile (24°-26°S)* [Póster]. AGU Fall Meeting 2016. San Francisco, Estados Unidos.
- Espinoza, M., Montecino, D., Oliveros, V., Astudillo, N., Vásquez, P., Reyes, R., Celis, C., González, R., Contreras, J., Creixell, C., y Martínez, A. (2018). The synrift phase of the early Domeyko Basin (Triassic, northern Chile): Sedimentary, volcanic, and tectonic interplay in the evolution of an ancient subduction-related rift basin. *Basin Research*, 31(1), 4-32. <https://doi.org/10.1111/bre.12305>
- Espinoza, M., Oliveros, V., Vásquez, P., Giambiagi, L., Morgan, L., González, R., Solari, L., y Bechis, F. (2021). Gondwanan Inheritance on the Building of the Western Central Andes (Domeyko Range, Chile): Structural and Thermochronological Approach (U-Pb and 40Ar/39Ar). *Tectonics*, 40(3), 1-30. <https://doi.org/10.1029/2020TC006475>
- Flores, M., Moisan, P., y Volosky, D. (2022). *Flora triásica dominada por Dicroidium de los Estratos El Mono, Región de Atacama, Chile* [sesión de conferencia]. XVI Congreso Geológico Chileno. Santiago, Chile.
- Frakes, L. A., Francis, J. E., y Syktus, J. I. (1992). *Climate Modes of the Phanerozoic*

(1a ed.). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511628948>

- Frenguelli, J. (1943). Reseña crítica de los géneros atribuidos a la Serie de Thinnfeldia. *Revista del Museo de La Plata*, 2(12), 225-342.
- Frenguelli, J. (1947). El género *Cladophlebis* y sus representantes en la Argentina. *Anales del Museo de La Plata, Paleontología, sección B, Paleobotánica*, (2), 5-74.
- Gallego, O. F. y Covacevich, V. (1998). Conchostracos triásicos de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 25(2), 115-139. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-02081998000200001>
- Gamonal, S. (2015). *Volcanic stratigraphy and epithermal mineralization of the La Coipa district, Maricunga belt, Chile* [Tesis de maestría, University of British Columbia]. <https://dx.doi.org/10.14288/1.0135534>
- Ganuzza, D. G., Zamuner, A. B., Artabe, A. E., y Spalletti, L. A. (1998). Sistemática y paleoecología de la flora triásica de Hilario-Agua de Los Pajaritos (Formación El Alcázar), provincia de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, 35(3), 271-283.
- Gnaedinger, S. (1999). La flora triásica del Grupo El Tranquilo, provincia de Santa Cruz, Patagonia. Parte VII: Cycadophyta. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 6(1), 27-32.
- Gnaedinger, S. y Herbst, R. (2001). Pteridospermas triásicas del Norte Chico de Chile. *Ameghiniana*, 38(3), 281-298.  
<https://www.ameghiniana.org.ar/index.php/ameghiniana/article/view/2615>
- Gnaedinger, S. y Herbst, R. (2004a). Pteridophylla del Triásico del Norte Chico de Chile. I. El género *Taeniopteris* Brongniart. *Ameghiniana*, 41(1), 91-110.
- Gnaedinger, S. y Herbst, R. (2004b). Pteridophylla triásicas del Norte de Chile. II. Géneros *Dejerseya* Herbst, *Linguifolium* (Arber) Retallack y *Yabeiella* Oishi. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 6(1), 49-59.
- Gnaedinger, S. C., Adami-Rodrigues, K., y Gallego, O. F. (2014). Endophytic oviposition on leaves from the Late Triassic of northern Chile: ichnotaxonomic, palaeobiogeographic and palaeoenvironment considerations. *Geobios*, 47(4), 221-236.
- Gore, P. J. (1988). Paleocology and sedimentology of a Late Triassic lake, Culpeper basin, Virginia, USA. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 62(1-4), 593-608.
- Herbst, R. (1971). *Paleophytologia Kurtziana*. III. 7. Revisión de las especies argentinas

- del género *Cladophlebis*. *Ameghiniana*, 8(3-4), 265-281.
- Herbst, R. (1988). La flora triásica del Grupo El Tranquilo, Provincia de Santa Cruz (Patagonia). Parte II. Filicopsida. *Ameghiniana*, 25(4), 365-379.
- Herbst, R. (1994). New species of Gleichenites (Gleicheniaceae, Filicales) from the Upper Triassic of Argentina and Chile. *Journal of Palaeosciences*, 43(1-3), 67-72. <https://doi.org/10.54991/jop.1994.1188>
- Herbst, R., Melchor, R., y Troncoso, A. (1998). Las Pteridophyta y el paleoambiente de la parte media de la Formación La Ternera (Triásico Superior), en Quebrada La Cachivarita, III Región, Chile. *Revista Geológica de Chile*, 25(1), 85-107. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-02081998000100007>
- Herbst, R. (2000). Dipteridaceae (Filicales) del Triásico Superior de Chile. *Revista Geológica de Chile*, 27(1), 65-81. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-02082000000100005>
- Herbst, R. y Gnaedinger, S. (2002). Kurtziana Frenguelli (Pteridospermae? Incertae sedis) y Alicurana nov. gen. (cycadopsida) del Triásico y Jurásico Temprano de Argentina y Chile. *Ameghiniana*, 39(3), 331-341.
- Herbst, R., Troncoso, A., y Muñoz, J. (2005). Las tafofloras triásicas de la región de los Lagos, Xma Región, Chile. *Ameghiniana*, 42(2), 377-394.
- Herbst, R., y Troncoso, A. (2000). Las Cycadophyta del Triásico de las Formaciones La Ternera y El Puquén (Chile). *Ameghiniana*, 37(3), 283-292.
- Herbst, R., y Troncoso, A. (2012). La flora Triásica de la Quebrada Doña Inés Chica, Región de Atacama, Chile. *Gaea: Journal of Geoscience*, 8(2), 55-66. <http://dx.doi.org/10.4013/gaea.2012.82.03>
- Herbst, R., y Crisafulli, A. M. C. (2016). *Buckya austroamericana* nov. gen. et sp. (Bennettitales) from the Upper Triassic Laguna Colorada Formation (El Tranquilo Group), Santa Cruz Province, Argentina.
- Holmes, W. (2003). The Middle Triassic megafossil flora of the Basin Creek Formation, Nymboida Coal Measures, New South Wales, Australia. Part 3. Fern-like foliage. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 124, 53-108.
- Kidder, D. L., y Worsley, T. R. (2004). Causes and consequences of extreme Permo-Triassic warming to globally equable climate and relation to the Permo-Triassic extinction and recovery. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 203(3-4), 207-237. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(03\)00667-9](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00667-9)

- Kustatscher, E., y van Konijnenburg-van Cittert, J. A. (2007). Taxonomical and palaeogeographic considerations on the seedfern genus *Ptilozamites* with some comments on *Anomozamites*, *Dicroidium*, *Pseudoctenis* and *Ctenozamites*. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 243, 71-100.
- Kustatscher, E., Ash, S. R., Karasev, E., Pott, C., Vajda, V., Yu, J., y McLoughlin, S. (2018). Flora of the Late Triassic. En L. H. Tanner (Ed.). *The Late Triassic World*. (pp. 545-622). Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-68009-5\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68009-5_13)
- Labandeira, C. C. (2006). The Four Phases of Plant-Arthropod Associations in Deep Time. *Geologica Acta*, 4(4), 409-438.
- Labandeira, C. C., Wilf, P., Johnson, K. R., y Marsh, F. (2007). Guide to insect (and other) damage types on compressed plant fossils. *Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, Department of Paleobiology, Washington, DC*.
- Labandeira, C. C., Anderson, J. M., y Anderson, H. M. (2018). Expansion of arthropod herbivory in Late Triassic South Africa: the Molteno Biota, Aasvoëlberg 411 site and developmental biology of a gall. *The Late Triassic World: Earth in a time of transition*, 623-719.
- Labandeira, C. C. (2021). Ecology and evolution of gall-inducing arthropods: The pattern from the terrestrial fossil record. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 632449.
- Leppe, M., Abad, E., Palma-Heldt, S., y Moisan, P. (2003). *Flora triásica del cerro Calquinhue, Región del Biobío, Chile* [sesión de conferencia]. X Congreso Geológico Chileno. Concepción, Chile.
- Leppe, M., y Moisan, P. (2003). Nuevos registros de Cycadales y Cycadeoidales del Triásico superior del río Biobío, Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76(3), 475-484.
- Leppe, M. (2005). *Paleobotánica del Triásico del valle inferior del río Biobío, Región del Biobío, Chile* [Tesis doctoral, Universidad de Concepción].  
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/4398>
- Leppe, M., Moisan, P., Abad, E. y Palma,-Heldt, S. (2006). Paleobotánica del Triásico Superior del valle del río Biobío, Chile: Clase Filicopsida. *Revista Geológica de Chile*, 33(1), 81-107.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-02082006000100004>
- Letelier, M. M. (1977). *Petrología, ambiente de depositación y estructura de las formaciones Matahuaico, Las Breas, Tres Cruces sensu lato e intrusivos*

*hipabisales permotriásicos, en el área de Rivadavia-Alcohuas, Valle del Elqui, IV Región, Chile* [Tesis de pregrado inédita]. Universidad de Chile.

- Limarino, C. O., Césari, S. N., Spalletti, L. A., Taboada, A. C., Isbell, J. L., Geuna, S., y Gulbranson, E. L. (2014). A paleoclimatic review of southern South America during the late Paleozoic: a record from icehouse to extreme greenhouse conditions. *Gondwana Research*, 25(4), 1396-1421.
- Lutz, A. I., Crisafulli, A., y Herbst, R. (1999). Gymnospermous woods from the Upper Triassic of northern Chile. *Journal of Palaeosciences*, 48(1-3), 31-38.  
<https://doi.org/10.54991/jop.1999.1289>
- Lutz, A., Gnaedinger, S., Mancuso, A. y Crisafulli, A. (2011). Paleoflora de la Formación Los Rastros (Triásico Medio), Provincia de San Juan, Argentina. Consideraciones Taxonómicas y Tafonómicas. *Ameghiniana*, 48(4), 568-588. [https://doi.org/10.5710/AMGH.v48i4\(348\)](https://doi.org/10.5710/AMGH.v48i4(348))
- Magnata, V., y Valenzuela, K. (2015). *Taxonomía y ambiente deposicional de la flora fósil del Triásico Superior de Sierra Áspera, precordillera de Taltal, norte de Chile* [Tesis de pregrado inédita]. Universidad Católica del Norte.
- Maksaev, V., Munizaga, F., y Tassinari, C. (2014). Timing of the magmatism of the paleo-Pacific border of Gondwana: U-Pb geochronology of Late Paleozoic to Early Mesozoic igneous rocks of the north Chilean Andes between 20° and 31°S. *Andean Geology*, 41(3), 447-506.  
<http://dx.doi.org/10.5027/andgeoV41n3-a01>
- Mancuso, A. C., y Marsicano, C. A. (2008). Paleoenvironments and taphonomy of a Triassic lacustrine system (Los Rastros Formation, central-western Argentina). *Palaios*, 23(8), 535-547.
- Mángano, M. G., Buatois, L. A., Wu, X., Sun, J., & Zhang, G. (1994). Sedimentary facies, depositional processes and climatic controls in a Triassic Lake, Tanzhuang Formation, western Henan Province, China. *Journal of Paleolimnology*, 11, 41-65.
- McLoughlin, S. (2021). Gymnosperms. En D. Alderton y S. Elias (Eds.). *Encyclopedia of Geology (Second Edition)*. (pp. 476-500). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00068-0>
- Martin, M. W., Clavero, J., y Mpodozis, C. (1999). Late Paleozoic to Early Jurassic tectonic development of the high Andean Principal Cordillera, El Indio Region, Chile (29–30°S). *Journal of South American Earth Sciences*, 12(1), 33-49.
- Menéndez, C. A. (1958). *Equisetites quindecimdentata* sp. nov., del Triásico Superior de Hilario, San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 13(1), 5-

14.

- Mercado, M. (1982). Geología de la Hoja Laguna del Negro Francisco, Región de Atacama: escala 1: 100.000. *Carta Geológica de Chile*, (56).
- Miall, A. D. (1996). *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology*. Springer.
- Miall, A. D. (2006). *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology*. Springer.
- Miall, A. D. (2016). *Stratigraphy. A Modern Synthesis*. Springer.
- Moisan, P., Abad, E., Bomfleur, B., y Kerp, H. (2010). A Late Triassic flora from Gomero (Santa Juana Formation), Chile. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 258(1), 89-106.
- Moisan, P. (2023). Devonian to Triassic paleobotanical record from Chile: An overview of the micro-and macrofossil record and fossil localities. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 105014.
- Morel, E. M., Spalletti, L. A., Arrondo, O. G., y Ganuza, D. G. (1992). Los estratos plantíferos de la Formación Paso Flores, Triásico superior de Las Lomas y Cañadón de Ranquel Huao, provincia de Neuquén, Argentina. *Revista del Museo de la Plata. Seccion Paleontologia*, 9(58), 199-221.
- Morel, E. M., Artabe, A. E., y Spalletti, L. A. (2003). Triassic floras of Argentina: biostratigraphy, floristic events and comparison with other areas of Gondwana and Laurasia. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 27(3), 231-243.  
<http://dx.doi.org/10.1080/03115518.2003.10384472>
- Morel, E. M., Artabe, A. E., Ganuza, D. G., Bodnar, J., Correa, G. y Spalletti, L. A. (2015). El Triásico de la Formación Carrizal en el depocentro de Marayes (San Juan, Argentina): paleobotánica, tafonomía y bioestratigrafía. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 72(4), 456-469.
- Mpodozis, C., Iriarte, S., Gardeweg, M., y Valenzuela, M. (2012). Carta Laguna del Negro Francisco, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, 145, 30.
- Naranjo, J. A. y Puig, A. (1984). Hojas Taltal y Chañaral. *Carta Geológica de Chile*, (62-63), 1-140.
- Nichols, G. (2009). *Sedimentology and stratigraphy*. John Wiley & Sons.
- Niemeyer, H., Zavattieri, A. M., Ballent, S., Zamuner, A. y Gallego, O. (2008). Triassic

age of the continental Pular Formation, Sierra de Almeida, Antofagasta, northern Chile. *Revista Geológica de Chile*, 35(1), 147-161.  
<http://dx.doi.org/10.5027/andgeoV35n1-a07>

- Oliveros, V., Vásquez, P., Creixell, C., Lucassen, F., Ducea, M., Ciocca, I., González, J., Espinoza, M., Salazar, E., Coloma, F., Kasemann, S.A. (2020). Litospheric evolution of the Pre- and Early Andean convergent margin, Chile. *Gondwana Research*, 80, 202-227. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.11.002>
- Pal, P. K., Ghosh, A. K., Kar, R., Singh, R. S., Sarkar, M., y Chatterjee, R. (2014). Reappraisal of the genus *Dicroidium* Gothan from the Triassic sediments of India. *Journal of Palaeosciences*, 63(1-2), 137-155.  
<https://doi.org/10.54991/jop.2014.327>
- Parrish, J. T. (1993). Climate of the Supercontinent Pangea. *The Journal of Geology*, 101(2), 215-233.
- Pattemore, G. A. (2016). Megafloora of the Australian Triassic-Jurassic: a taxonomic revision. *Acta Palaeobotanica*, 56(2), 121-182  
DOI: <https://doi.org/10.1515/acpa-2016-0008>
- Pedernera, T. E. (2020). Tafonomía de las paleofloras triásicas del centro-oeste de la Argentina [Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires]. Biblioteca Digital FCEN-UBA.
- Pedernera, T. E., Mancuso, A. C., Ottone, E. G., y Benavente, C. A. (2020). Paleobotany of the Upper Triassic Los Rastros Formation, Ischigualasto–Villa Unión Basin, La Rioja, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 102, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102660>
- Pedernera, T. E., Mancuso, A. C., y Ottone, E. G. (2022). Triassic paleoclimate and paleofloristic trends of southwestern Gondwana (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 116.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103852>
- Petriella, B. (1979). Sinopsis de las Corystospermaceae (Corystospermales, Pteridospermophyta) de Argentina. *Ameghiniana*, 16(1-2).
- Pollard, J. E., Steel, R. J., & Undersrud, E. (1982). Facies sequences and trace fossils in lacustrine/fan delta deposits, Hornelen Basin (M. Devonian), western Norway. *Sedimentary Geology*, 32(1-2), 63-87.
- Pott, C., McLoughlin, S., y Lindström, A. (2009). Late Palaeozoic foliage from China displays affinities to Cycadales rather than to Bennettitales necessitating a re-evaluation of the Palaeozoic *Pterophyllum* species. *Acta Palaeontologica Polonica*, 55(1), 157-168.

- Retallack, G. J. (1977a). Reconstructing Triassic vegetation of eastern Australasia: a new approach for the biostratigraphy of Gondwanaland. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 1(3), 247-278.  
<https://doi.org/10.1080/03115517708527763>
- Retallack, G. J. (1977b). Triassic vegetation: microfiche Supplement to paper by G. Retallack 1977. *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, 1.
- Retallack, G. J. (1981). Middle Triassic megafossil plants from Long Gully, near Otematata, north Otago, New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 11(3), 167-200.
- Reutter, K. J. (1974). Entwicklung und Bauplan der chilenischen Hochkordillere im Bereich 29° südlicher Breite. *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie*, 146(2), 153-178.
- del Rey, A., Deckart, K., Arriagada, C., y Martínez, F. (2016). Resolving the paradigm of the late Paleozoic-Triassic Chilean magmatism: Isotopic approach. *Gondwana Research*, 37, 172-181. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.06.008>
- Reyes, R., Moisan, P., Espinoza, M., Oliveros, V. (7-11 de noviembre de 2016). *La sucesión basal con flora Triásica de la Formación Quebrada del Salitre, Cordillera de Domeyko, Región de Antofagasta, Chile* [sesión de conferencia]. V Simposio de Paleontología en Chile. Concepción, Chile.
- Reyes, R. (2017). *Nuevas localidades fosilíferas del Triásico de la Cordillera de Domeyko, Región de Antofagasta, Chile: estratigrafía, ambiente de sedimentación y paleobotánica* [Tesis de pregrado, Universidad de Concepción]. Repositorio Académico de la Universidad de Concepción. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3147>
- Rodríguez, J. N. P., Bodnar, J., y Beltrán, M. (2024). A new species of the equisetalean plant *Equicalastrobus* from the Middle Triassic of Argentina. *Acta Palaeontologica Polonica*, 69(2), 303-313.
- Salazar, E., Vásquez, P., Vallejos, D., Creixell, C., Oliveros, V., y Ducea, M. (2020). Stratigraphic and provenance analysis of Triassic rock units between 28-29° S, northern Chile: implications on the tectonic and paleogeographic evolution of the southwestern margin of Gondwana. *Andean Geology*, 47(2), 207-255. <https://dx.doi.org/10.5027/andgeoV47n2-3118>
- Scotese, C. R., Boucot, A. J., y McKerrow, W. S. (1999). Gondwanan palaeogeography and palaeoclimatology. *Journal of African Earth Sciences*, 28(1), 99-114. [https://doi.org/10.1016/S0899-5362\(98\)00084-0](https://doi.org/10.1016/S0899-5362(98)00084-0)
- Scotese, C. R. (2014). Atlas of Middle & Late Permian and Triassic Paleogeographic Maps, maps 43 - 48 from Volume 3 of the PALEOMAP Atlas for ArcGIS

(Jurassic and Triassic) and maps 49 – 52 from Volume 4 of the PALEOMAP PaleoAtlas for ArcGIS (Late Paleozoic), Mollweide Projection, PALEOMAP Project, Evanston, IL.

- Sellwood, B. W., y Valdes, P. J. (2006). Mesozoic climates: General circulation models and the rock record. *Sedimentary Geology*, 190(1-4), 269-287. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2006.05.013>
- Seward, A. C. (1911). The Jurassic flora of Sutherland. *Transactions of the Royal Society Edinburgh*, 47(4), 643-709.
- Shirley, J. (1897). Two new species of *Pterophyllum*. *The proceedings of the Royal Society of Queensland*, 12, 89-91. <https://doi.org/10.5962/p.351268>
- Spalletti, L. A., Artabe, A. E., y Morel, E. M. (2003). Geological factors and evolution of southwestern Gondwana Triassic plants. *Gondwana Research*, 6(1), 119-134. [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70648-1](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70648-1)
- Spalletti, L. A., Artabe, A. E., Morel, E. M., y Brea, M. (1999). Biozonación paleoflorística y cronoestratigrafía del Triásico Argentino. *Ameghiniana*, 36(4), 419-451.
- Spalletti, L., Morel, E., Artabe, A., Ganuza, D., y Bodnar, J. (2011). Sedimentología de la Formación Carrizal (Triásico) en el Depocentro Marayes-El Carrizal, provincia de San Juan, República Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 18(2), 89-104.
- Suárez, M., y Bell, C. M. (1991). *Sedimentos lacustres de probable edad triásica en el área de La Coipa, Región de Atacama, Chile* [sesión de conferencia]. 6° Congreso Geológico Chileno. Viña del Mar, Chile.
- Suárez, M., y Bell, C. M. (1992). Triassic rift-related sedimentary basins in northern Chile (24°–29°S). *Journal of South American Earth Sciences*, 6(3), 109-121. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(92\)90001-F](https://doi.org/10.1016/0895-9811(92)90001-F)
- Suárez, M., Bell, C. M., y Hutter, T. (1995). Lower Triassic lacustrine sediments in La Coipa area, Atacama, Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, 8(1), 9-15. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(94\)00037-3](https://doi.org/10.1016/0895-9811(94)00037-3)
- Taylor, E. L., Taylor, T. N., y Krings, M. (2009). *Paleobotany: the biology and evolution of fossil plants* (2a ed.). Academic Press.
- Townrow, J. (1957). On *Dicroidium*, probably a Pteridospermous leaf and other leaves now removed from this genus. *South African Journal of Geology*, 60(1), 21-60.
- Townrow, J. A. (1967). Fossil plants from Allan and Carapace Nunataks, and from the

- upper Mill and Shackleton Glaciers, Antarctica. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 10(2), 456-473.  
<https://doi.org/10.1080/00288306.1967.10426750>
- Troncoso, A. y Herbst, R. (1999). Ginkgoales del Triásico del norte de Chile. *Revista Geológica de Chile*, 26(2), 255-271.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-02081999000200007>
- Troncoso, A., y Herbst, R. (2000). La Tafoflora Triásica del Cajón Troncoso, Alta Cordillera del Maule, 7ª Región, Chile. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales n. s.*, 2(2), 137-144.
- Troncoso, A., Gnaedinger, S. y Herbst, R. (2000). *phyllum*, *Rissikia* y *Desmiophyllum* (Pinophyta, Coniferales) en el Triásico del norte chico de Chile y sur de Argentina. *Ameghiniana*, 37(1), 119-125.  
<https://ameghiniana.org.ar/index.php/ameghiniana/article/view/2522>
- Troncoso, A., Basso, M., y Herbst, R. (2002). *Redescubrimiento de Sphenobaiera steinmanni (Solms-Laubach) Anderson y Anderson (Pinophyta, Ginkgoales)*. VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. Corrientes, Argentina.
- Türkmen, İ., Aksoy, E., & Taşgin, C. K. (2007). Alluvial and lacustrine facies in an extensional basin: The Miocene of Malatya basin, eastern Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30(1), 181-198.
- Unverfärth, J., McLoughlin, S. y Bomfleur, B. (2022). Mummified *Dicroidium* (Umkomasiales) leaves and reproductive organs from the Upper Triassic of South Australia. *Palaeontographica Abteilung B*, 304(5-6), 149-225.  
 DOI: <https://doi.org/10.1127/palb/2022/0079>
- Villalva, A. S., Gnaedinger, S., y Zavattieri, A. M. (2023). Systematic and organ relationships of *Neocalamites* (Halle) Vladimirovicz, and *Nododendron* (Artabe and Zamuner) emend. from the Triassic of Patagonia. Palaeobiogeographic, palaeoenvironments and palaeoecology considerations. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 316.  
<https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2023.104939>
- Volosky, D., Moisan, P., Aguilar, M., Morales, D., y Lara, M. B. (2022). *Nuevos registros de conchostracos triásicos en los Estratos El Mono-La Coipa y Formación Cifuncho, norte de Chile* [sesión de conferencia]. II Congreso Chileno de Paleontología. San Vicente de Tagua Tagua, Chile.
- Zamuner, A. B., Zavattieri, A. M., Artabe, A. E., y Morel, E. M. (2001). Paleobotánica. En A. E. Artabe, E. M. Morel y A. B. Zamuner (Eds.). *El Sistema Triásico en la Argentina*. (pp. 143-184). Fundación Museo de La Plata “Francisco Pascasio Moreno”.

Zavattieri, A. M. (2010). *Evolución de las microfloras argentinas a través del Triásico* [sesión de conferencia]. X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y VII Congreso Latinoamericano de Paleontología. La Plata, Argentina.

Zhao, J., Mountney, N. P., Liu, C., Qu, H., & Lin, J. (2015). Outcrop architecture of a fluvio-lacustrine succession: upper Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin, China. *Marine and Petroleum Geology*, 68, 394-413.

# ANEXOS

**ANEXO 1. Registro taxonómico del norte de Chile.** Extraído de Herbst (1994); Blanco (1996); Chong *et al.* (1997); Herbst *et al.* (1998); Troncoso y Herbst (1999); Herbst (2000); Herbst y Troncoso (2000); Troncoso *et al.* (2000); Gnaedinger y Herbst (2001); Herbst y Gnaedinger (2002); Gnaedinger y Herbst, 2004a, b; Niemeyer *et al.* (2008); Herbst y Troncoso (2012); Magnata y Valenzuela (2015); Reyes *et al.* (2016); Reyes (2017); Moisan (2023).

Sistemática		Contenido Paleoflorístico																	
		M	FP	B	QS	FPr	SV	Ci	AC	LT	SF	CA	GS	LB	EQ	EP	EEM		
División Sphenophyta	Orden Equisetales	<i>Neocalamites cf. carteri</i>				x													
		<i>Neocalamites</i> sp.	x		x	x		x					x	x				x	
		? <i>Neocalamites</i> sp.										x				x			
		<i>Neocalamites carteri</i>			x						x								
		<i>Equisetites</i> sp.													x			x	
		<i>Equisetales</i> indet.						x											
División Pteridophyta	Orden Marattiales	<i>Asterotheca rigbyana</i>									x								
		<i>Asterotheca cf. rigbyana</i>								x							x		
		<i>Asterotheca fuchsii</i>									x								
		<i>Asterotheca menéndezii</i>										x							
	Orden Osmundales	Familia Osmundaceae	<i>Raensia tenerae</i>									x							
			<i>Todites chilensis</i>										x						
			<i>Todites</i> sp.										x						
			<i>Cladophlebis mendozaensis</i>										x						
			<i>Cladophlebis cf. mendozaensis</i>					x											
			<i>Cladophlebis kurtzi</i>										x						
			<i>Cladophlebis cf. kurtzi</i>					x											
			<i>Cladophlebis mesozoica</i>																
			<i>Cladophlebis cf. mesozoica</i>					x											
			<i>Cladophlebis</i> sp.					x		x	x		x						
			? <i>Cladophlebis</i> sp.					x										x	
Orden Filicales	Familia Gleicheniaceae	<i>Gleichenites cachwantensis</i>									x								
		<i>Gleichenites</i> sp.	x																
	Familia Diptendaceae	<i>Dictyophyllum (Dictyophyllum) tenuifolium</i>					x					x							
		<i>Dictyophyllum (Dictyophyllum) fuenzalidai</i>										x							
		<i>Dictyophyllum (Thaumatopteris) rothii</i>										x							
		<i>Dictyophyllum</i> sp.	x									x	x						
<i>Goepertella tenera</i>														x					
División Pteridospermophyta	Orden Peltaspermales	<i>Lepidopteris madagascariensis</i>																	
		<i>Lepidopteris stomburgensis</i>																	
	Orden Corystospermales	<i>Dicroidium odontopteroides</i>					x	x			x	x	x			x		x	
		<i>Dicroidium cf. odontopteroides</i>	x																
		<i>Dicroidium odontopteroides</i> var. <i>odontopteroides</i>		x															
		<i>Dicroidium aff. odontopteroides o zuberi</i>																	
		<i>Dicroidium lancifolium</i>					x					x	x			x		x	
		<i>Dicroidium aff. lancifolium</i>	x																
		<i>Dicroidium zuberi</i>										x							
		<i>Dicroidium hemandezii</i>										x							
		<i>Dicroidium argenteum</i>														x			
		<i>Dicroidium crassum</i>														x		x	
		<i>Dicroidium cf. crassum</i>					x												
		<i>Dicroidium dubium</i>																	
		<i>Dicroidium cf. dubium</i>																	
		<i>Dicroidium ?dubium</i>	x																
		<i>Dicroidium dutolii</i>																	
		<i>Dicroidium obtusifolium</i>																	
		<i>Dicroidium</i> sp.	x			x			x				x	x			x		
		? <i>Dicroidium</i> sp.				x													
		<i>Dicroidium</i> spp.							x										
		<i>Dicroidium</i> sp. a							x										
		<i>Dicroidium</i> sp. b							x										
		<i>Johnstonia dutolii</i>											x						
		<i>Umkomasia</i> sp.					x												
		<i>Xylopteris argentina</i>											x			x			
		<i>Zuberia feistmantelli</i>																	
		<i>Zuberia papillata</i>																	
		<i>Zuberia zuberi</i>																	
		<i>cf. Zuberia</i> sp.																	
	<i>cf. Rochipteris</i> sp.					x													

