

TRABAJO FINAL

**ESTUDIO ANATÓMICO, SISTEMÁTICO Y PALEOECOLÓGICO DE
MADERAS PROVENIENTES DE LA FORMACIÓN SALAMANCA
(PALEOCENO INFERIOR) EN LAS NACIENTES DEL RÍO CHICO**



Alumno: Lucas A. Mamaní Muñoz
(Email: lucasmamani1992@gmail.com)

Directora: Dra. Daniela P. Ruiz (MACN-CONICET y UNLP)

Co- Directora: Dra. Andrea De Sosa Tomas (UNPSJB)

Departamento de Geología
Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB)
Comodoro Rivadavia

Año 2026

AGRADECIMIENTOS

En esta página deseo expresar mi más sincero agradecimiento a quienes hicieron posible este trabajo.

En primer lugar, a mis directoras, las Dras. Daniela Ruiz y Andrea De Sosa Tomas, por haberme dado la oportunidad de desarrollar esta tesis bajo su guía, por la dedicación, el apoyo constante y los conocimientos que me transmitieron a lo largo de todo el proceso. A los miembros del jurado, los Dres. Gabriel Casal, Sebastián Richiano y Nicolás Foix, por la lectura atenta del trabajo y por sus valiosos comentarios y correcciones, que contribuyeron a mejorarlo.

A los Dres. Carlos Greppi y Roberto Pujana del Laboratorio de Anatomía de Maderas por la realización de los cortes y la asistencia en el MEB. A Marcelo Luna, por su colaboración y buena disposición durante las campañas de campo.

A la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, institución pública, gratuita y de calidad, que me brindó las herramientas y el espacio para formarme como profesional. A todos los docentes que fueron parte de ese camino, y a cada uno de los compañeros y compañeras que lo transitaron conmigo, en especial a Noelia e Ivanna.

Por último, y con el agradecimiento más profundo, gracias a mi familia. A mi Papá, Andrea, Vero y Morena, por el apoyo incondicional, el esfuerzo y el amor con que me acompañaron en cada etapa.

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 Área de estudio	3
3. OBJETIVOS.....	5
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
5. MARCO GEOLÓGICO.....	8
5.1 Cuenca del Golfo San Jorge	8
5.2 Formación Salamanca	10
6. RESULTADOS	15
6.1 Perfil estratigráfico	15
6.2 Sistemática paleobotánica	20
6.3 Caracteres paleoecológicos	26
7. DISCUSIÓN.....	27
7.1 Caracterización del taxón hallado.....	27
7.2 Registros y asociaciones de <i>Podocarpoxylon mazzonii</i>	33
7.3 Edad de la Formación	34
7.4 Inferencias paleoecológicas:.....	36
8. CONCLUSIONES	38
9. REFERENCIAS	39

1. RESUMEN

En este trabajo final de grado, se presentan los resultados del análisis anatómico, sistemático y paleoecológico, de nueve maderas recolectadas en el Cañadón Tomás, constituyendo el primer registro paleobotánico documentado para la Formación Salamanca en el área. Se confeccionó un perfil de aproximadamente 20 m de potencia, con tendencia general granocreciente. De base a techo, la sucesión estudiada está integrada principalmente por rocas volcánicas atribuibles al Basalto La Angostura, depósitos sedimentarios de la Formación Salamanca y depósitos conglomerádicos cuaternarios indiferenciados. La Formación Salamanca se encuentra compuesta principalmente por areniscas con abundante contenido de glauconita y niveles de pelitas consolidadas. Se registraron 9 troncos permineralizados en la Formación Salamanca, uno de ellos *in situ* y el resto dispersos en superficie.

Los caracteres anatómicos distintivos son: anillos de crecimientos poco marcados, delimitados por 1–3 hileras de traqueidas del leño tardío; las punteaduras radiales de las traqueidas areoladas, mayormente biseriadas opuestas; campos de cruzamiento de tipo taxodioides con 1 punteadura por campo; radios 1–3 seriados predominantemente biseriados, y presencia de rellenos de resina en las traqueidas. El conjunto de caracteres permitió asignar los nueve ejemplares a *Podocarpoxylon mazzonii* (Petriella) Müller-Stoll y Schultze-Motel, una conífera de probable afinidad con las Podocarpaceae, bastante común en asociaciones fósiles, sobre todo del Maastrichtiano. Este taxón ya se había identificado previamente en otras localidades del Cretácico Superior al Daniano de la Patagonia, este hallazgo amplía la distribución geográfica del taxón y suma un nuevo registro al sur de la provincia del Chubut.

La comparación con otros registros de *P. mazzonii* en Patagonia revela una variabilidad intraespecífica moderada. Los ejemplares del Cañadón Tomás presentan radios de mayor altura y ancho que los documentados hasta ahora, aunque mantienen los caracteres cualitativos diagnósticos de la especie. Al igual que en otras localidades del Cretácico Superior y Daniano, *P. mazzonii* no se encuentra asociado a otra especie por lo que aparentemente sería un bosque monotípico.

Desde el punto de vista paleoecológico, la ausencia de falsos anillos y anillos de heladas, junto con la comparación con floras coetáneas de la misma formación en otras localidades de Chubut, sugieren condiciones climáticas cálidas y húmedas, coherentes con lo interpretado para el Cretácico Superior–Paleoceno de la Patagonia.

2. INTRODUCCIÓN

Las maderas fósiles se preservan mayormente mediante permineralizaciones, proceso tafonómico en el cual soluciones ricas en minerales precipitan dentro de los espacios celulares del xilema secundario, preservando parte de la materia orgánica y con ella la microestructura original del tejido leñoso (Mustoe, 2017). Esta modalidad de preservación ofrece importantes ventajas para el análisis paleobotánico, ya que permite conservar detalles anatómicos a escala microscópica, tales como punteaduras, disposición del parénquima axial y características de los radios medulares, elementos fundamentales para la determinación sistemática y las inferencias paleoecológicas.

El estudio de maderas fósiles en Patagonia ha experimentado un desarrollo sostenido desde las primeras descripciones sistemáticas realizadas durante el siglo XX, contribuyendo de manera significativa a la reconstrucción de la historia paleoflorística del sur de Sudamérica. Aunque los primeros registros de vegetación fósil se remontan a las exploraciones de fines del siglo XIX, fue en la segunda mitad del siglo XX cuando comenzaron a aplicarse análisis anatómicos detallados del xilema secundario, consolidando la paleoxilología como disciplina (Pujana, 2022). Trabajos pioneros, como los de Petriella (1972) sobre maderas del centro norte de Chubut, establecieron las bases para investigaciones posteriores en otras unidades de la región. Estudios más recientes han documentado la diversidad de angiospermas y gimnospermas en distintas cuencas patagónicas, integrando información sistemática, tafonómica y paleoecológica, lo que ha permitido reconocer cambios florísticos vinculados a variaciones climáticas regionales (Pujana, 2009; Ruiz *et al.*, 2017, 2021; entre otros). La abundancia de bosques petrificados asociados a secuencias continentales y marginales marinas del Cretácico Tardío y Paleógeno ha favorecido este desarrollo de la paleoxilología en Argentina, particularmente en Patagonia.

En este contexto, la Formación Salamanca (Cuenca del Golfo San Jorge) y su equivalente Formación Cerro Bororó (Cuenca del Cañadón Asfalto) constituyen unidades de especial relevancia por el potencial de sus niveles continentales para preservar asociaciones leñosas vinculadas a los procesos de recuperación y diversificación florística alrededor del evento de extinción del límite Cretácico–Paleógeno (Petriella, 1972; Brea *et al.*, 2011; Clyde *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2017, 2020, 2025a). Esta formación se depositó durante el primer evento transgresivo del océano Atlántico en el margen austral de Sudamérica que se inició durante el Maastrichtiano y continuó durante el Paleoceno, generando una extensa ingresión marina que condicionó la sedimentación y el desarrollo de ecosistemas continentales en la Patagonia extraandina (Lesta y Ferello, 1972; Malumián, 1999; Foix *et al.*, 2015, 2023; entre otros).

Desde el punto de vista paleontológico la Formación Salamanca (y equivalentes), alberga un abundante registro fósil de vertebrados como ser mamíferos (Gelfo *et al.*, 2007, 2009) y cocodrilos (Bona *et al.*, 2018). También se destacan microfósiles (Méndez 1966; Nández y Malumián, 2008; Mora Romero *et al.*, 2022) y numerosos restos paleobotánicos, como hojas de angiospermas y gimnospermas (Jud *et al.*, 2017; Iglesias *et al.*, 2021).

Uno de los elementos más relevantes dentro de este registro es la gran cantidad de troncos permineralizados que se han registrado (Petriella, 1972; Brea *et al.*, 2011; Ruiz *et al.*, 2017, 2020, 2024, 2025a).

Entre ellos los bosques petrificados Víctor Szlápeli y Ormaechea, situados en las proximidades de Sarmiento que cuentan únicamente con estudios paleoecológicos de las maderas sin detalles de la anatomía y/o sistemática (Brea *et al.*, 2005). También muy cercano se encuentra el bosque petrificado Las Violetas, ubicado más al noreste en la

estancia homónima del cual se conocen cuatro niveles fosilíferos (L1–L4), correspondientes a la Formación Salamanca (Ruiz *et al.*, 2017, 2020, 2024). Además, hay registros en la Fm. Cerro Bororó, coetánea con la Fm. Salamanca pero en la cuenca vecina de Cañadón Asfalto. Estos son el bosque Ameghino, cercano a la localidad de Dique Florentino Ameghino que incluye estudios anatómicos, paleoecológico y de anillos de crecimiento (Brea *et al.*, 2011) y las maderas de Cerro Bororó que incluye tanto coníferas como angiospermas (Petriella, 1972; Ruiz *et al.*, 2025a) destacándose entre las primeras la especie *Podocarpoxylon mazzonii*. Sin embargo, el área de Cañadón Tomás constituye una nueva localidad para la cual no se dispone de estudios anatómicos y sistemáticos de maderas. Si bien la región ha sido objeto de numerosos trabajos paleontológicos centrados en el Maastrichtiano (Casal *et al.*, 2016, 2020; Vallati *et al.*, 2016, 2017; De Sosa Tomas *et al.*, 2017; Vallati *et al.*, 2020; entre otros), la escasez de información proveniente de estratos suprayacentes cercanos al límite Cretácico-Paleógeno representa una limitación para comprender la composición florística y las condiciones paleoambientales alrededor de este evento.

En este sentido, el principal objetivo de esta tesis es ampliar el conocimiento sobre las asociaciones leñosas de la Formación Salamanca y contribuir a la reconstrucción de los ambientes continentales al momento de su depositación.

2.1 Área de estudio

El área de estudio se localiza en el sector sur de la provincia del Chubut, en la Patagonia central Argentina. Se sitúa al sudeste del Lago Colhué Huapi y al oeste del valle actual del Río Chico (**Fig. 1**), en una región caracterizada por extensos afloramientos sedimentarios mesozoicos y paleógenos, ampliamente expuestos en el ámbito extraandino de la Cuenca del Golfo San Jorge. En el área afloran principalmente unidades cretácicas continentales, junto con depósitos marinos atribuibles preliminarmente al Paleoceno.

La localidad analizada corresponde al paraje informalmente denominado Cañadón Tomás (45°39'22,32"S; 68°25' 00,37"O; **Fig. 1 C**). El acceso al área se realiza a través de la Ruta Provincial N°26, desde la cual parten caminos secundarios que conducen a los afloramientos. La zona presenta una geomorfología típica de mesetas y cañadones, donde la erosión fluvial ha favorecido la buena exposición de las sucesiones sedimentarias.

En esta localidad afloran los depósitos de la Formación Salamanca, los cuales son de interés para esta tesis ya que exponen troncos permineralizados.

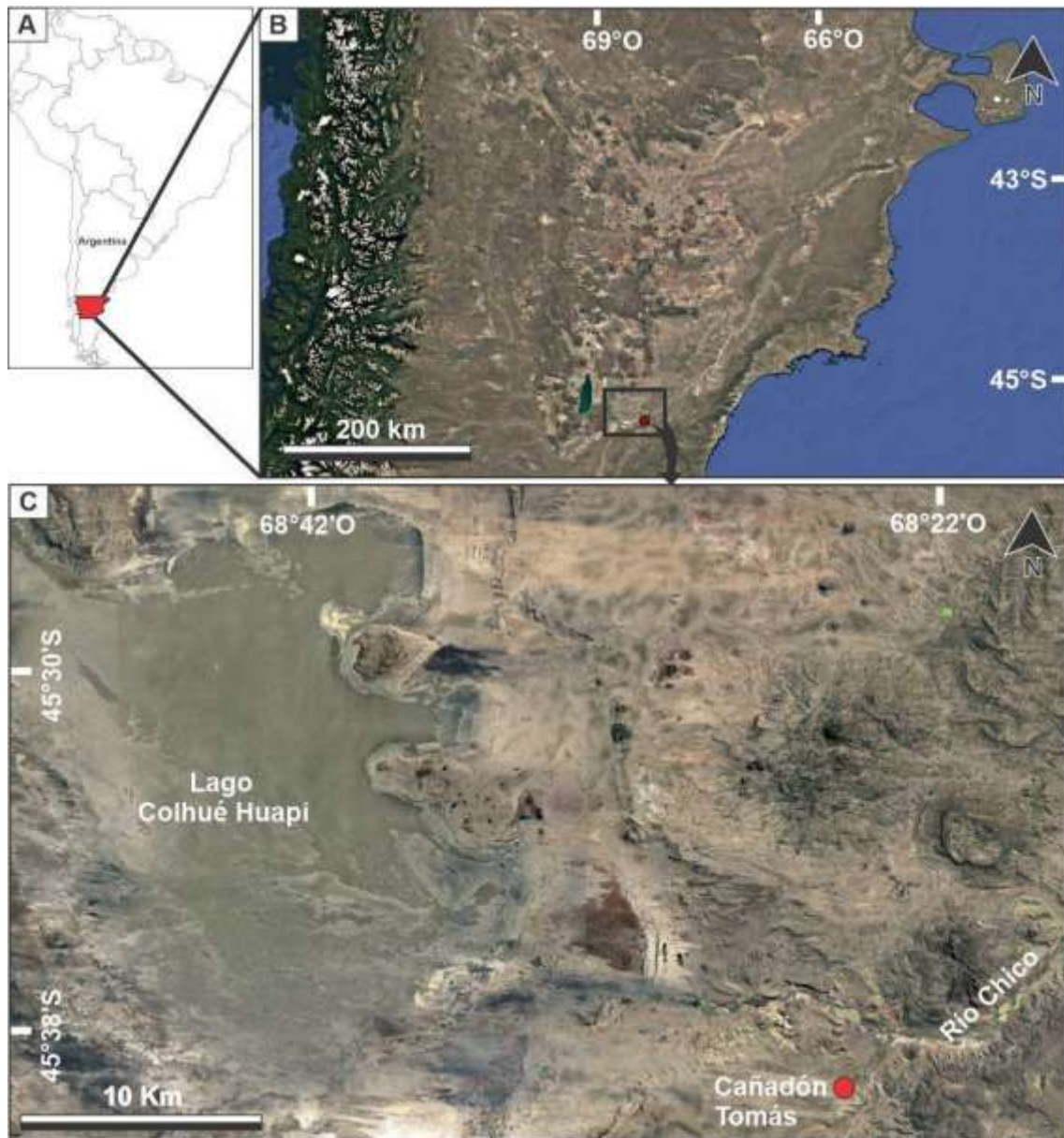


Figura 1: **A)** Ubicación geográfica del área de estudio en Sudamérica, señalada en rojo se encuentra la provincia del Chubut, Argentina. **B)** Vista regional de la provincia del Chubut, donde se señala con un punto rojo la posición relativa del área de estudio, al sudeste del Lago Colhué Huapi y al oeste del valle del Río Chico. **C)** Imagen satelital de detalle de la localidad informalmente denominada Cañadón Tomás, señalada con un punto rojo ($45^{\circ}39'22,32''S$; $68^{\circ}25'00,37''O$), que indica la ubicación del afloramiento donde se llevaron a cabo las tareas de campo y el muestreo del presente estudio (imágenes obtenidas de *Google Earth*).

3. OBJETIVOS

General:

- Contribuir al estudio de las paleofloras de la Formación Salamanca, aportando detalles anatómicos, sistemáticos y paleoecológicos de maderas provenientes de una nueva localidad al sur de la provincia del Chubut, Argentina.

Específicos:

- Realizar el reconocimiento de la sucesión aflorante portadora de los troncos fósiles y confeccionar un perfil sedimentológico de detalle.
- Recolectar las muestras en el campo para su procesamiento en el laboratorio.
- Observar, fotografiar y medir los caracteres anatómicos de la madera para su descripción detallada.
- Realizar la determinación sistemática de los ejemplares a partir de las descripciones y comparaciones con otros fósiles.
- Estimar cómo habría sido la composición florística y establecer si hay caracteres en las maderas que permitan realizar inferencias paleoambientales.
- Comparar con otros bosques fósiles próximos y coetáneos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Como etapa inicial del trabajo, se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica con el propósito de compilar y evaluar la información geológica, estratigráfica y paleobotánica disponible para el área de estudio y, particularmente, de la Formación Salamanca. Asimismo, se analizaron los antecedentes referidos al estudio de maderas fósiles en Patagonia, con especial énfasis en los registros correspondientes al Cretácico Tardío y Paleoceno de la provincia del Chubut y de la Cuenca del Golfo San Jorge. Esta revisión permitió establecer el marco conceptual y metodológico necesario para el abordaje anatómico, sistemático y paleoecológico del material estudiado.

Se llevaron a cabo dos salidas de campo en el área de estudio, en el Cañadón Tomás (**Fig. 2 A**), con el objetivo de efectuar el muestreo de maderas fósiles y relevar las sucesiones sedimentarias portadoras. Durante estas tareas se realizó el reconocimiento de los niveles aflorantes y la confección de un perfil estratigráfico donde se indicaron los niveles de interés para este trabajo. Asimismo, se recolectaron cinco muestras de roca sedimentaria (M1–M5) con potencial para la búsqueda de microfósiles.

En total se recolectaron nueve muestras de madera fósil destinadas a su estudio anatómico y sistemático. El material fue reservado en bolsas de polietileno debidamente rotuladas (**Fig. 2 B**). Solo un ejemplar se halló en posición *in situ* (**Fig. 2 C**), mientras que los restantes se encontraron dispersos en superficie. En todos los casos se extrajeron únicamente fragmentos de pequeñas dimensiones para la posterior elaboración de cortes petrográficos, ya que tamaños pequeños resultan suficientes para el análisis anatómico y permiten, al mismo tiempo, preservar la mayor parte del leño fósil en el campo.

La estructura anatómica secundaria de los tallos fue estudiada mediante la observación de los ejemplares en microscopio óptico (**Fig. 2 D**) y microscopio electrónico de barrido (MEB), considerando tres planos de corte: transversal (T), longitudinal

tangencial (tangencial a los radios, LT) y longitudinal radial (siguiendo los radios, LR) (Fig. 3).

Para la elaboración de los cortes petrográficos, las muestras fueron seccionadas con sierras diamantadas y pulidas en los tres planos mencionados, en la mayoría de los casos. Posteriormente, los fragmentos obtenidos se adhirieron a portaobjetos mediante un pegamento sintético y se pulieron nuevamente hasta alcanzar un espesor que permitiera el paso de la luz, generalmente de 50 μm o menor. Finalmente, se colocó un cubreobjetos para su observación microscópica.

Para el análisis en microscopio electrónico de barrido se cortaron pequeños fragmentos de aproximadamente 1×1 cm, los cuales fueron fijados con esmalte sobre soportes metálicos y posteriormente metalizados con una aleación de oro-paladio. Este procedimiento se realizó en el Museo Argentino de Ciencias Naturales-CONICET, Buenos Aires.

Las muestras fueron observadas con un microscopio óptico Carl Zeiss KF2 y las imágenes se obtuvieron mediante un teléfono celular Motorola G13 acoplado al sistema óptico. Las muestras preparadas para MEB fueron examinadas y fotografiadas con un equipo Zeiss Gemini 360 del Museo Argentino de Ciencias Naturales. Las tareas de gabinete se desarrollaron en el Laboratorio de Bioestratigrafía Dr. Eduardo Musacchio de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB).

La descripción anatómica se realizó siguiendo la terminología propuesta por la IAWA para la identificación de coníferas basada en caracteres microscópicos (IAWA Committee, 2004). Se efectuaron al menos 20 mediciones de cada carácter cuantificable, siempre que el estado de preservación lo permitiera y se confeccionaron tablas con estas medidas. En las descripciones se colocan los valores promedio, seguidos entre paréntesis de los valores mínimos y máximos y la desviación estándar (SD). En aquellos casos en que no fue posible alcanzar el mínimo de 20 mediciones debido a la preservación del material, la medida correspondiente se indica con un asterisco en la tabla.

Las asignaciones sistemáticas se efectuaron mediante la comparación con descripciones anatómicas publicadas en trabajos previos (por ejemplo, Petriella, 1972; Ruiz *et al.*, 2025b; entre otros).

El material estudiado se encuentra depositado en el Repositorio Científico y Didáctico Dr. Eduardo A. Musacchio (UNPSJB), en Comodoro Rivadavia, bajo los números de catálogo UNPSJB-PB 301 a UNPSJB-PB 309.

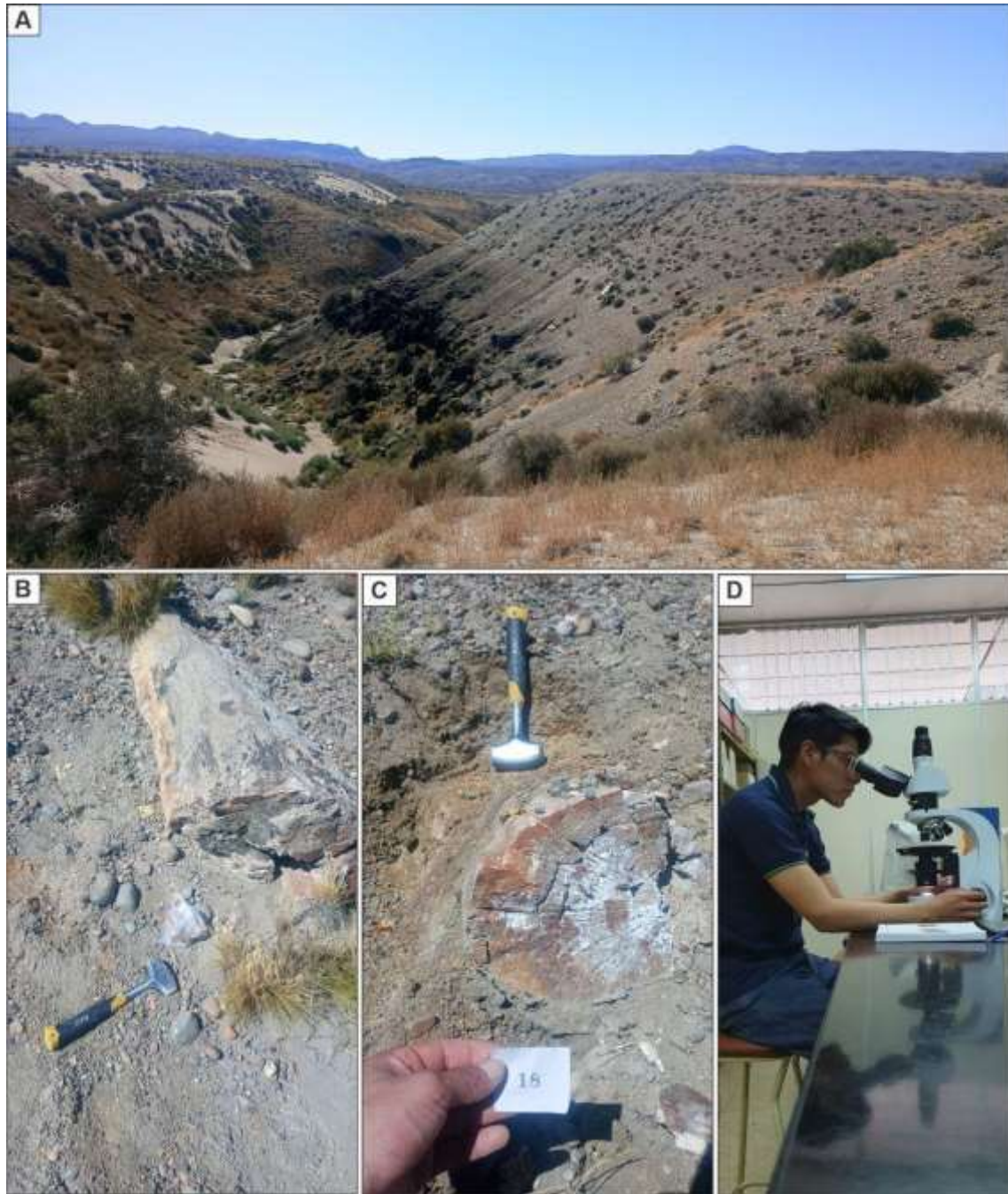


Figura 2: **A)** Vista general del Cañadón Tomás, lugar donde se realizaron las tareas de campo. **B)** Tronco permineralizado rodado, expuesto en superficie y bolsa con muestra. **C)** Ejemplar de madera fósil en posición *in situ* dentro de la Formación Salamanca, del cual se extrajo un fragmento para la elaboración de cortes delgados (número de muestra de campo). **D)** Observación de cortes delgados en microscopio óptico durante las tareas de laboratorio.

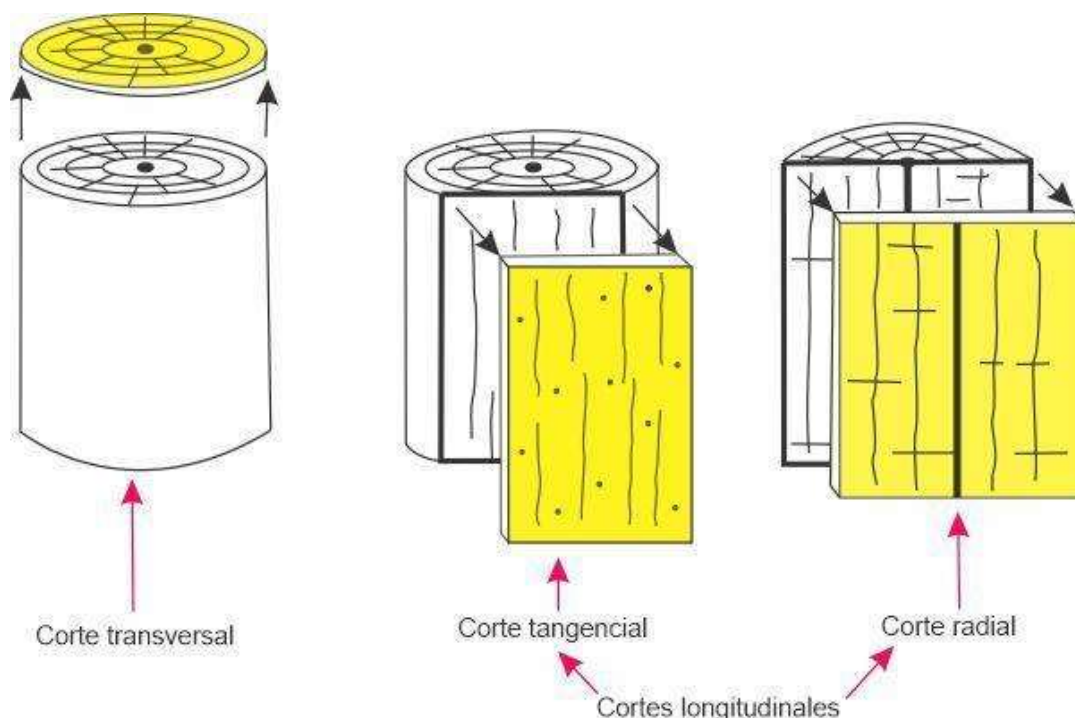


Figura 3: Planos de corte para el estudio del xilema secundario o madera (modificado de Feijoo *et al.*, 2018).

5. MARCO GEOLÓGICO

5.1 Cuenca del Golfo San Jorge

La Cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ) se encuentra ubicada en la parte sur de la Argentina, abarca parte de las provincias de Chubut y Santa Cruz, entre los paralelos 44° y 47° de latitud sur, y los meridianos 66° y 71° de longitud oeste (**Fig. 4**). La cuenca es de bordes irregulares y su máxima elongación es en sentido este-oeste extendiéndose hacia el Océano Atlántico. Esta cuenca intracontinental está limitada al sur por el Macizo del Deseado, al norte por el Macizo Nordpatagónico, al oeste por la cordillera de los Andes y al este por el océano Atlántico (Fitzgerald *et al.*, 1990; Figari *et al.*, 1999; Sylwan, 2001; Allard *et al.*, 2021; Figari y Hechem, 2021).

Los rasgos extensionales están vinculados a la apertura del océano Atlántico por ruptura y separación de Gondwana a partir del Jurásico Superior (Fitzgerald *et al.*, 1990). En cuanto a su estilo estructural, Figari *et al.* (1999) dividen la cuenca en cinco sectores: Flanco Norte, Flanco Sur, Centro de Cuenca, Faja Plegada de San Bernardo y Flanco Occidental, donde las estructuras extensionales principales llegan a afectar el basamento y su geometría se hace lítrica en profundidad (Figari *et al.*, 1999).

El basamento de la cuenca está conformado por diferentes unidades litoestratigráficas según el sector que se investigue, incluyendo metamorfitas y granitoides del Paleozoico Inferior, sedimentitas del Carbonífero-Pérmico (Grupo Tepuel-Genoa) y sedimentitas liásicas (Figari *et al.*, 1999). El relleno inicial del *rift* corresponde a la gran provincia ígnea jurásica de Chon Aike (Pankhurst *et al.*, 1998) una provincia silíceas (Pankhurst y Rapela, 1995; Bryant y Ernst, 2008), que se compone de las volcanitas del Jurásico Medio a Superior del Grupo Bahía Laura (formaciones Chon Aike y La Matilde) (Feruglio, 1949; Stipanovic, 1957), Grupo Lonco Trapial (Lesta y Ferello, 1972), Formación Lago La Plata (Ramos, 1976), y el Complejo Marifil (Cortés,

1981) que son equivalentes y se las incluye en el denominado Complejo Volcánico Sedimentario (CVS) (Clavijo, 1986).

El relleno *sinrift* de la CGSJ y denominado “Neocomiano” corresponde al Grupo Las Heras, con las formaciones Pozo Anticlinal Aguada Bandera (lacustre) y Pozo Cerro Guadal (deltaico-estuariño) (Figari *et al.*, 1996, 1999).



Figura 4: Imagen DEM (Modelo de Elevación Digital) que muestra la ubicación de la Cuenca del Golfo San Jorge (modificado de Figari y Hechem, 2021) y área de estudio (recuadro blanco).

Posteriormente, y a partir de la Fase Patagónica inicial, coincidente con la aceleración en la subducción de la placa de Nazca (Barcat *et al.*, 1989), es que comienza una extensión con fallas de orientación ONO-ESE que generan el espacio para la acumulación del Grupo Chubut (Figari *et al.*, 1999). Esta etapa es considerada una reactivación tectónica extensional - transtensional y controla la sedimentación cretácica (Figari *et al.*, 1999). En este caso la generación de espacio tiene lugar de manera más significativa en el sector oriental de la cuenca, migrando los depocentros desde el oeste hacia el este (Figari *et al.*, 1999).

El Grupo Chubut se encuentra conformado en orden temporal por: la Formación Pozo D-129, de origen lacustre (Lesta, 1968; Lesta y Ferello 1972, Clavijo 1986), que engrana lateralmente con la Formación Matasiete, de origen fluvial (Lesta y Ferello 1972; Paredes *et al.*, 2007), y continúan por encima las formaciones Castillo, Bajo Barreal (Lesta y Ferello 1972; Figari *et al.*, 1999; Jalfin *et al.*, 1999; Uliana *et al.*, 2014; Paredes *et al.*, 2021), Laguna Palacios (Sciutto, 1981), y Lago Colhué Huapi propuesta recientemente por Casal *et al.* (2015), todas ellas continentales y con participación piroclástica variable (**Fig. 5**).

Durante el Cretácico Superior y el Cenozoico, la Cuenca del Golfo San Jorge experimentó una evolución tectónica compleja, caracterizada por subsidencia regional y la acumulación de potentes depósitos continentales y marinos bajo condiciones climáticas cálido-húmedas a subtropicales/tropicales (Brea *et al.*, 2009; Raigemborn *et al.*, 2009; Krause *et al.*, 2010). Tradicionalmente, la cuenca fue interpretada como una depresión tectónica afectada por subsidencia térmica moderada, desarrollada en un contexto regional de margen pasivo (Legarreta *et al.*, 1990; Legarreta y Uliana, 1994; Figari *et al.*, 1999; Foix *et al.*, 2013). Sin embargo, los modelos tectónicos más recientes propuestos para explicar la evolución del Grupo Chubut reconocen dos interpretaciones principales. La primera plantea un contexto predominantemente extensional, asociado a la reactivación de estructuras heredadas y al hundimiento térmico regional (Allard *et al.*, 2021). La segunda vincula el fallamiento normal que controló gran parte de la sedimentación con la evolución del orógeno Andino y cambios en la dinámica de subducción, en el marco del desarrollo de un antepaís fragmentado patagónico (Gianni *et al.*, 2015a, b). Dentro de esta última interpretación, la Faja Plegada de San Bernardo habría actuado como un elemento estructural clave desde el Cretácico Tardío, controlando tanto la deformación como la sedimentación en amplios sectores de la cuenca.

La sucesión que suprayace al Grupo Chubut comienza con los depósitos de la Formación Salamanca (Lesta y Ferello, 1972); la siguen, en orden cronológico, el Grupo Río Chico (Legarreta y Uliana, 1994; Raigemborn *et al.*, 2010), la Formación Sarmiento (Andreis *et al.*, 1975), la Formación El Huemul (unidad identificada en subsuelo por Paredes *et al.*, 2014), la Formación Chenque (Bellosi, 1990), la Formación Santa Cruz (Feruglio, 1938; Furque y Camacho, 1969) y, por último, los “Rodados Patagónicos” (Césari y Simeoni, 1994; Simeoni, 2008) (**Fig. 5**).

5.2 Formación Salamanca

De interés para esta tesis son los depósitos de la Formación Salamanca aflorantes en la localidad denominada informalmente Cañadón Tomás (**Fig. 6**). Esta Formación es producto del primer evento transgresivo Atlántico en la región (Lesta y Ferello, 1972; Foix *et al.*, 2015). Este registro marino se depositó en las cuencas, tanto en la CGSJ (Formación Salamanca), como en Cañadón Asfalto (CCA, Formación Cerro Bororó). Esta inundación paleocena sobre el continente generó una variedad de depósitos marinos poco profundos y costeros (Náñez y Malumián, 2008). La unidad presenta una notable variedad de ambientes depositacionales que incluyen: sistemas estuarinos, de plataforma interna, llanuras de marea (Andreis *et al.*, 1975; Martínez, 1992; Legarreta y Uliana, 1994; Foix, 2009; Comer *et al.*, 2015; entre otros), ambientes fluvio-deltaicos (Matheos *et al.*, 2001; Foix *et al.*, 2012), y hasta localmente lagoon-sabhka (Foix, 2009).

Debido a sus particularidades litológicas y cambios laterales en su composición por variaciones en el ambiente sedimentario, la Formación Salamanca ha recibido distintas denominaciones según los diferentes autores. Originalmente, Feruglio (1949) divide la unidad en Lignitífero, Glauconítico, Fragmentosa y Banco Verde dejando el “Banco

Negro Inferior” en la base del Grupo Río Chico. Posteriormente, Andreis *et al.* (1975) propusieron una subdivisión alternativa de la Formación Salamanca en: Miembro Hansen, equivalente a la división tradicional, y Miembro Bustamante, constituido por packstones y grainstones bioclásticos con restos de pelecípodos, equinodermos, briozoos, ostrácodos y foraminíferos (Matheos *et al.*, 2003), miembro distribuido arealmente en el flanco norte de la CGSJ, interpretado como el registro de colonias marinas costeras sustrato-controladas (*rocky-shore*) retrabajadas, desarrolladas sobre las rocas volcánicas jurásicas del Complejo Marifil durante el inicio de la transgresión (Foix *et al.*, 2015).

Para Foix *et al.* (2021), la arquitectura estratigráfica de la Formación Salamanca podría simplificarse en dos grandes subciclos: a) etapa transgresiva, con depósitos estuáricos-litorales arenosos, seguidos por depósitos pelíticos de plataforma interna durante la profundización, y b) etapa regresiva, que incluye depósitos de plataforma, litorales, de pantano y evaporitas.

La Formación Salamanca se extiende por amplios sectores del este de la provincia de Chubut. Se depositó al este y sur de los Bernárdides, elemento morfo-estructural que habría conformado un alto paleogeográfico durante la transgresión del Océano Atlántico (*e.g.* Camacho, 1967; Sciutto, 1981; Navarrete *et al.*, 2015). En la CGSJ, se apoya sobre las rocas cretácicas continentales del Grupo Chubut habitualmente sobre las formaciones Bajo Barreal y Lago Colhué Huapi (Feruglio, 1949; Lesta y Ferello, 1972; Sciutto *et al.*, 2008; Clyde *et al.*, 2014; Casal *et al.*, 2015; Foix *et al.*, 2015; entre otros). En otros casos, en el extremo sureste del Macizo Nordpatagónico, se depositó directamente sobre el Complejo Volcánico Marifil, donde fue denominada como Miembro Bustamante por Andreis *et al.* (1975), mientras que Ardolino *et al.* (2003) le dio rango formacional a sus equivalentes en la CGSJ. Asimismo, en otras localidades los depósitos marinos equivalentes a la Formación Salamanca han adquirido diversas denominaciones (Sciutto *et al.*, 2000; Ardolino *et al.*, 2003; Foix *et al.*, 2015, 2023 y referencias allí citadas).

El contacto con el Grupo Río Chico suprayacente (fluvial) es transicional, y se encuentra constituido principalmente por el Banco Negro Inferior (Feruglio, 1949; Legarreta y Uliana, 1994; Foix, 2009; Raigemborn *et al.*, 2010; Comer *et al.*, 2015, entre otros) y actualmente denominado como “Niveles transicionales” *sensu* Raigemborn *et al.* (2010).

La litología predominante de la Formación Salamanca es, a grandes rasgos, de pelitas grises laminadas bioturbadas con intercalación de areniscas de plataforma interna y areniscas glauconíticas (Foix *et al.*, 2021).

Estudios bioestratigráficos (Ihering, 1907; Méndez, 1966) y paleomagnéticos (Somoza *et al.*, 1995; Clyde *et al.*, 2014) indican una edad daniana para la Formación Salamanca y su equivalente Formación Cerro Bororó de la CCA.

Sin embargo, Barcat *et al.* (1989) también destacan algunas edades Maastrichtianas por reconocer *Arkangelskiella cymbiformis* en el subsuelo de la CGSJ a partir de informes internos inéditos. Igualmente, en el ámbito de la CCA, se reconoce una asociación de foraminíferos calcáreos maastrichtianos en las formaciones Lefipán, La Colonia, Puesto Escobar, Salamanca, Bustamante (Cusminsky *et al.*, 2021 y trabajos allí citados). La asociación de maderas presentes en el nivel fosilífero más bajo de la Formación Cerro Bororó, el de coníferas (Petriella, 1972), también remite al Maastrichtiano (Ruiz *et al.*, 2025a).

Desde el punto de vista paleontológico la Formación Salamanca (y equivalentes), alberga una rica asociación de invertebrados marinos (*e.g.*, Feruglio, 1949; Camacho, 1967, 1992), destacándose braquiópodos, lamelibranquios (*e.g.*, *Ostrea*, *Gryphaea*, *Exogyra*, *Mytilus*, *Pecten*), gasterópodos, cefalópodos, equinodermos, briozoarios y decápodos (Sciutto *et al.*, 2008; del Río *et al.*, 2021; y trabajos allí citados). También se

destacan microfósiles (Méndez, 1966; Náñez y Malumán, 2008) y vertebrados como ser cocodrilos (Bona *et al.*, 2018), tortugas (Bona y de la Fuente, 2005) y mamíferos (Gelfo *et al.*, 2007, 2009). Además, hay numerosos restos paleobotánicos, entre los que se destacan hojas de angiospermas y gimnospermas (Jud *et al.*, 2017; Iglesias *et al.*, 2021), estructuras florales (Jud *et al.*, 2017, 2018a, b), frutos y estípites de palmeras (Romero, 1968; Futey *et al.*, 2012). Uno de los elementos más relevantes dentro de este registro es la gran cantidad de troncos permineralizados que se han registrado (Petriella, 1972; Brea *et al.*, 2011; Ruiz *et al.*, 2017, 2020, 2025a), polen y esporas (Archangelsky, 1973, 1976; Bellosi *et al.*, 2000; Volkheimer *et al.*, 2007). Asimismo, algunos de estos registros permitieron realizar inferencias paleoclimáticas (Matheos, *et al.*, 2001; Iglesias *et al.*, 2007; Brea *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2020).

Respecto a la localidad de estudio, no existen antecedentes de hallazgos de troncos permineralizados de ningún tipo, ni en la Formación Salamanca, ni en las demás unidades aflorantes del área. En particular, en niveles más modernos de la Formación Salamanca en el cerro Coquina, cercano al Cañadón Tomás, las investigaciones previas se han centrado exclusivamente en el análisis de microfósiles calcáreos. Estos estudios permitieron reconocer asociaciones de foraminíferos que incluyen a *Globoconusa daubjergensis*, un foraminífero planctónico característico del Daniano, cuya presencia posibilitó asignar los depósitos analizados a esa edad (Mora Romero *et al.*, 2022; Mora Romero, 2024).

Con respecto a las relaciones estratigráficas de la Formación Salamanca con otras unidades en el área de estudio, se destaca la presencia de coladas basálticas. Los basaltos aflorantes fueron tradicionalmente interpretados como “pre-salamanqueanos” (Ferello, 1969; Sciutto *et al.*, 2008). Sin embargo, Foix *et al.* (2014) propusieron que algunos flujos basálticos se encuentran intercalados concordantemente dentro de la Formación Salamanca, interpretación consistente con las edades radiométricas de 62,8 y 64 Ma obtenidas por Marshall *et al.* (1981), correspondientes al Daniano. Posteriormente, Clyde *et al.* (2014) asignaron estos basaltos al denominado Basalto La Angostura y obtuvieron una edad de $67,31 \pm 0,55$ Ma, correspondiente al Maastrichtiano. Por lo que, según estos autores, habría al menos dos coladas, una intercalada en el Grupo Chubut, de edad cretácica, y otra por encima o intercalada en la Formación Salamanca, de edad daniana, que explicarían las distintas dataciones (Haller *et al.*, 2022). Sin embargo, recientemente, Navarrete *et al.* (2026) señalaron que la aparente intercalación local entre el Basalto La Angostura y la Formación Lago Colhué Huapi, utilizada tradicionalmente para asignar estos basaltos al Cretácico Tardío, correspondería en realidad a un contacto lateral por *onlap*. Esta relación sugiere que los flujos de lava cubrieron un paleorrelieve previamente excavado sobre la Formación Lago Colhué Huapi. Asimismo, los autores indicaron que el Basalto La Angostura se encuentra localmente interestratificado con los niveles basales de la Formación Salamanca, lo que evidenciaría un inicio contemporáneo del magmatismo y de la primera transgresión marina atlántica.

Sistema/Series		Unidades Litoestratigráficas		
Neógeno	Mioceno	Hiato		
		Fm. Santa Cruz	Fm. Chenque	
Paleógeno	Oligoceno	Fm. Sarmiento		
	Eoceno	Fm. El Huemul		
	Paleoceno	Grupo Río Chico	Fm. Salamanca	
Cretácico	Superior	Grupo Chubut	Fm. Laguna Palacios	Fm. Lago Colhué Huapi
			Fm. Bajo Barreal	Miembro Superior
				Miembro Inferior
	Inferior		Fm. Mina del Carmen	Fm. Castillo
			Fm. Matasiete	Fm. Pozo D-129
			Hiato	
			Grupo Las Heras	Fm. Pozo Cerro Guadal
Fm. Pozo Anticlinal Aguada Bandera				
Jurásico	Superior	Hiato		
	Medio	Grupo Bahía Laura		

Figura 5: Cuadro estratigráfico de la CGSJ (modificado de Paredes *et al.*, 2016).

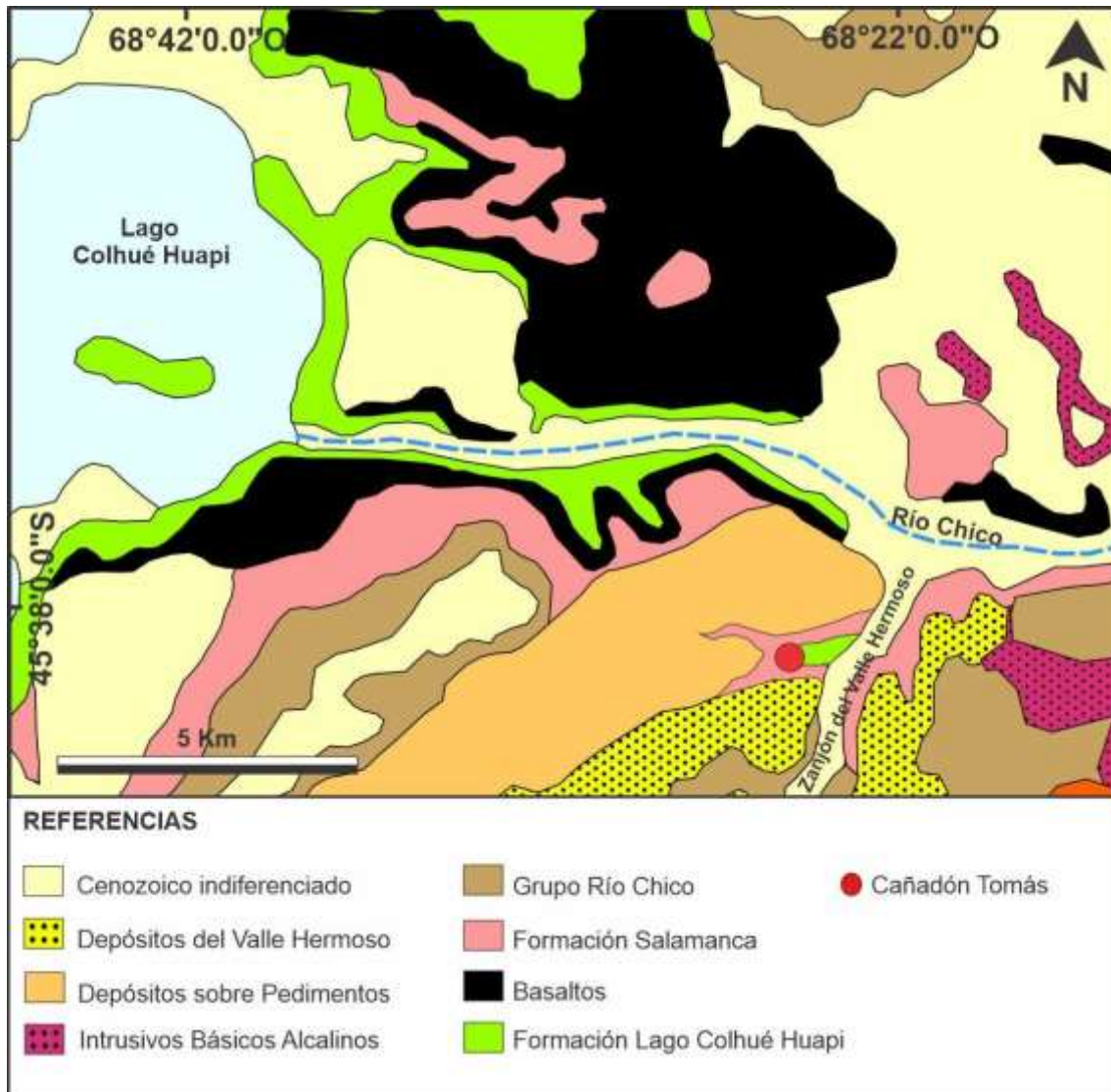


Figura 6: Mapa geológico simplificado del área de estudio (modificado de Sciutto *et al.*, 2008).

6. RESULTADOS

6.1 Perfil estratigráfico

La sección estratigráfica analizada posee una potencia aproximada de 20 m y está constituida por una sucesión predominantemente sedimentaria. En la base se reconocen pelitas afectadas por alteración térmica, seguidas por un nivel basáltico y una sucesión de areniscas y pelitas intercaladas que culmina con un depósito conglomerádico. En su conjunto, la sección sedimentaria muestra una tendencia general granocreciente (**Fig. 7 A**). Asimismo, a lo largo del perfil se recolectaron cinco muestras (M1–M5) destinadas a la búsqueda de microfósiles, cuya posición estratigráfica se indica en la Figura 7 A.

La descripción del perfil se realizó desde la base hacia el techo, iniciando con un tramo cubierto, que debido a la mala calidad de exposición y a la fuerte pendiente (**Fig. 8 A–D**), este intervalo no pudo ser descripto y se representa como cubierto en el perfil estratigráfico (**Fig. 7 A**). Le sigue un nivel de “pelitas quemadas” muy consolidadas, afectadas térmicamente por el emplazamiento de la colada de basalto suprayacente, correspondiente posiblemente al Basalto La Angostura, de aproximadamente 8,50 m de espesor. (**Fig. 7 A**). Debido a la limitada exposición del afloramiento y a la alteración térmica que presentan estas pelitas, no fue posible establecer con certeza su asignación estratigráfica, aunque podrían corresponder a la Formación Lago Colhué Huapi.

Por encima del basalto se desarrolla una arenisca limosa de coloración anaranjada, atribuida a la presencia de óxidos de hierro y sulfatos. Se trata de una roca muy consolidada, maciza, con abundantes intraclastos de 1 a 3 mm, redondeados ubicados en la base y sin estructuras sedimentarias reconocibles, con un espesor de 60 cm (**Fig. 7; Fig. 9 A**). Este nivel es sucedido por pelitas de color gris verdosa (muestra M5), de base difusa (**Fig. 7; Fig. 9 A**), muy consolidadas y macizas, con presencia de sulfatos, que alcanzan un espesor de 1,30 m (**Fig. 7; Fig. 9 A, B**). Dentro de este intervalo se reconocen intercalaciones de pelitas rojas moteadas (**Fig. 7; Fig. 9 A**) y un lente de arenisca fina verdosa glauconítica, muy litificada y con intraclastos de 1 a 3 mm, redondeados ubicados en la base (**Fig. 7; Fig. 9 B, C**).

Sobre las pelitas grises verdosas se dispone una arenisca fina verdosa muy litificada, dado por el abundante contenido de glauconita, de base neta, con abundantes intraclastos de 1 a 3 mm, redondeados ubicados en la base (muestra M4), que contiene sulfatos y presenta cemento carbonático. Este nivel tiene un espesor de 40 cm (**Fig. 7; Fig. 9 D**).

Por encima se desarrolla un nivel de pelita verdosa consolidada, de base neta, con 70 cm de espesor, en el cual se preserva un tronco permineralizado *in situ* (**Fig. 7; Fig. 8 B, C; Fig. 9 D–F**). La pelita presenta laminación paralela, particularmente bien desarrollada hacia la base, donde se observa menor grado de consolidación y mayor concentración de óxidos de hierro, lo que resalta la estructura interna. Aquí se encuentra el tronco *in situ*, el mismo tiene un diámetro aproximado de 30 cm, se encuentra expuesto unos 70 cm, presenta una DI: 195 I: 3° y está rodeado por una cubierta de yeso de hasta 2 cm de espesor, que localmente desarrolla rosetas y con abundante presencia de óxidos de hierro (**Fig. 9 E, F**).

Este nivel es sucedido por una arenisca limosa verde, con abundante contenido de glauconita, de base difusa (muestra M3), menos consolidada, de 1,50 m de espesor, que presenta laminación paralela milimétrica (ca. 2 mm) y alternancia de niveles arenosos y pelíticos (**Fig. 7; Fig. 10 A, B**). En el techo se reconoce un nivel carbonático blanco, macizo, de 10 cm de espesor (muestra M1) (**Fig. 7; Fig. 10 C**).

A continuación, se desarrollan pelitas verde grisáceas consolidadas de base neta (muestra M2), con presencia de óxidos de hierro, sin estructuras sedimentarias visibles,

con un espesor de 70 cm (**Fig. 7; Fig. 10 D**).

El perfil culmina con un conglomerado matriz sostén, con base erosiva, de aproximadamente 3 m de espesor, mal seleccionado, con clastos subredondeados, desorganizados, que varían entre 3 y 15 cm de diámetro, inmersos en una matriz arenosa. Los clastos presentan pátinas carbonáticas blanquecinas (**Fig. 7; Fig. 10 E**).

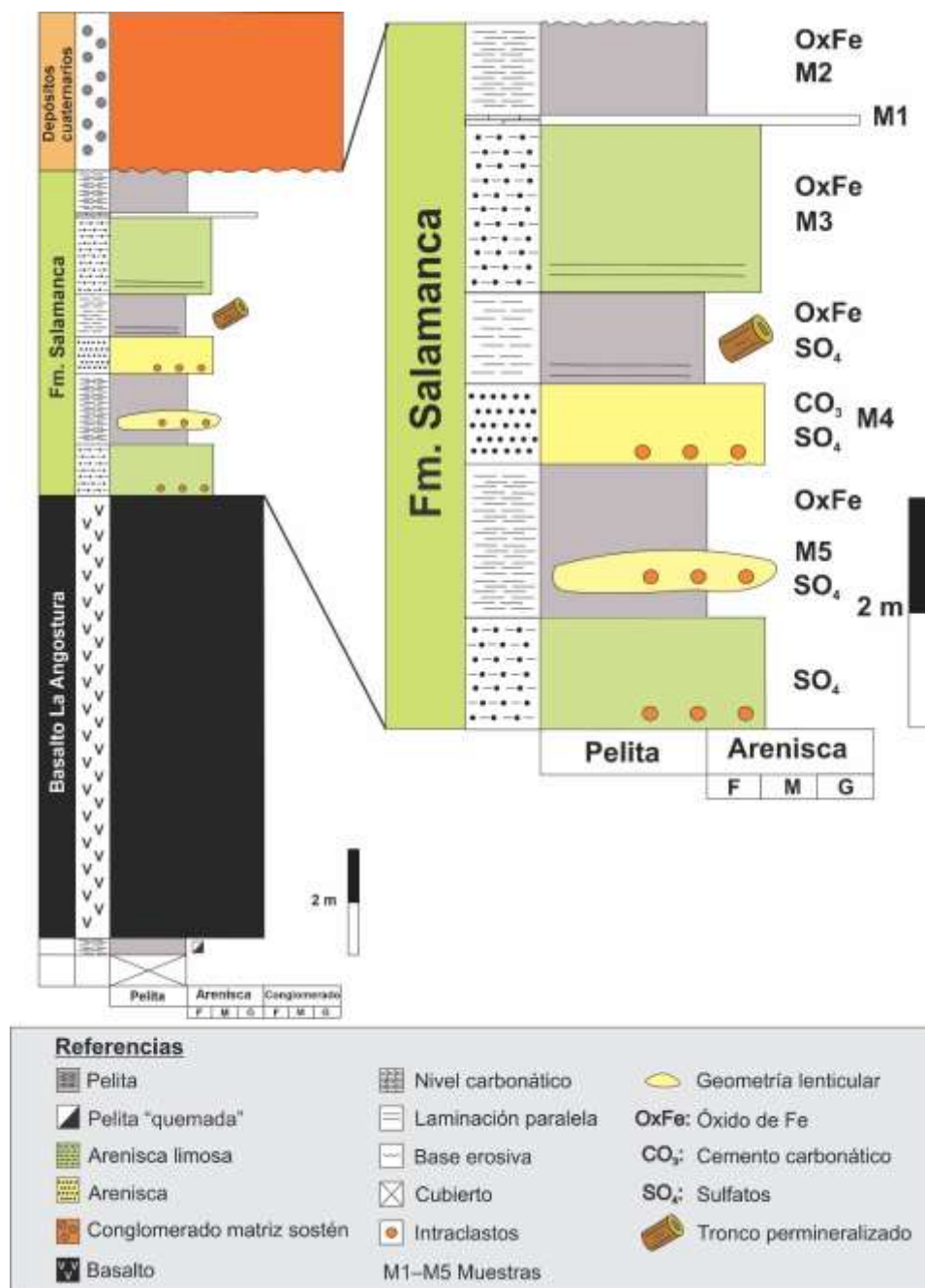


Figura 7: Perfil estratigráfico del área de estudio, con detalle del perfil en la Formación Salamanca.



Figura 8: **A)** Vista general de la sección estudiada: la línea punteada amarilla indica la transecta a lo largo de la cual se levantó el perfil. **B)** Vista aérea del afloramiento donde se reconocen, de base a techo, el Basalto La Angostura, la Formación Salamanca y los depósitos cuaternarios; las líneas blancas punteadas delimitan el contacto entre las distintas unidades estratigráficas, mientras que la flecha señala la ubicación del tronco *in situ*. **C)** Detalle de la transecta del perfil y del tronco preservado *in situ* (flecha). **D)** Basalto La Angostura y hacia arriba troncos dispersos en superficie.



Figura 9: **A)** Nivel inferior arenisca limosa anaranjada, separado con línea punteada del nivel superior de pelitas grises verdosas con moteados (flecha). **B)** Detalle de A, del nivel superior de pelita gris verdosa con lente de arenisca fina verdosa, muy litificada con intraclastos (líneas punteadas). **C)** Detalle del nivel señalado en B con línea punteada, observar la presencia de intraclastos. **D)** En la parte inferior (debajo de la línea blanca) arenisca fina verdosa litificada, con intraclastos, por encima pelitas verdosas consolidadas con base neta (línea blanca) y el tronco permineralizado *in situ*. **E)** Detalle de pelita verdosa consolidada con tronco permineralizado *in situ*. **F)** Detalle de cubierta de yeso que rodea al tronco.



Figura 10: A) Arenisca limosa con laminación paralela (líneas punteadas). B) Detalle de A, se indica la presencia de laminación paralela (líneas punteadas). C) Nivel carbonático. D) Pelita consolidada con óxidos de hierro. E) Conglomerado matriz sostén.

6.2 Sistemática paleobotánica

Luego de estudiar en detalle los caracteres anatómicos (mencionados a continuación) en los cortes de las maderas, y comparar con otras descritas en la bibliografía especializada, se pudo establecer que los nueve ejemplares analizados son maderas de coníferas (orden Pinales). En las coníferas, una característica distintiva de la madera o xilema secundario, es la presencia de un único tipo celular con funciones tanto conductoras como mecánicas: la traqueida. Estas células, que dominan el tejido, se organizan en un sistema vertical o axial, dispuestas paralelamente al eje del órgano. En relación a las traqueidas se encuentra un sistema horizontal o radial, formado por los radios, compuestos principalmente por células parenquimáticas orientadas perpendicularmente al eje del tallo. Ambos sistemas se encuentran funcional y estructuralmente integrados, estableciendo conexiones continuas que vinculan el xilema secundario con otros tejidos, como la médula, el floema y la corteza. Esta organización anatómica constituye la base metodológica con la cual se describió y clasificó el material del presente trabajo.

Order: Pinales (=Coniferales) Gorozhankin, 1904.

Familia: Podocarpaceae Page, 1990.

Género fósil: *Podocarpoxylon* Gothan, 1905.

Especie fósil: *Podocarpoxylon mazonii* (Petriella) Müller-Stoll and Schultze-Motel, 1990.

Especímenes estudiados: UNPSJB-PB 301–309.

Distribución geográfica: Cañadón Tomás, Chubut, Argentina.

Ocurrencia estratigráfica: Formación Salamanca (Maastrichtiano?–Daniano).

Figura 11.

Descripción: maderas de coníferas picnoxílicas. Los límites de los anillos de crecimiento son indistintos, poco nítidos, marcados por 1–3 hileras de traqueidas comprimidas radialmente en el leño tardío y una transición abrupta entre el leño temprano y leño tardío (**Fig. 11 A, B**). Las traqueidas son circulares a poligonales en sección transversal (**Fig. 11 A, B**), con un diámetro tangencial de 35,2 (23,6–72,3; SD = 6,7) μm , y un diámetro radial de 36,2 (19,5–60,5; SD = 5,6) μm en el leño temprano. Las paredes de las traqueidas en el leño temprano muestran un espesor de 7,6 (4,7–10,7; SD = 1,4) μm mientras que en el leño tardío alcanza un espesor de 12,3 (6,7–22,1; SD = 2,9) μm . Entre los radios se disponen 3,4 (1–8; SD = 1,9) filas de traqueidas. Las punteaduras radiales de las traqueidas son circulares areoladas (**Fig. 11 C–H**), dispuestas de manera uniseriada (**Fig. 11 E, G, H**), o biseriadas opuestas (**Fig. 11 C–F**) ($S_i = 1,3$), contiguas o en menor medida espaciadas ($C_p = 43,2\%$), con un diámetro vertical de 27,7 (13,2–52,3; SD = 3,4) μm . Se observa en ocasiones algunas posibles crásulas (**Fig. 11 F**). Los campos de cruzamiento tienen en general una punteaduras taxodioides por campo, de forma ovalada con borde delgado (**Fig. 11, D, H, I**). Las punteaduras de los campos de cruzamiento presentan un diámetro de 16,6 (8,3–32,4; SD = 3,4) μm . Los radios son en su mayoría completa o parcialmente biseriados (1–3-seriados) y homogéneos (**Fig. 11 J–L**), con un ancho de 68,3 (42,8–97,7; SD = 9,3) μm y una altura de 488,2 (203,9–866,5; SD = 127,8) μm , y 24,9 (13–44; SD = 7,7) células. Las células del parénquima radial presentan paredes terminales lisas e inclinadas (**Fig. 11 C, D**). La presencia de tapones de resina (*resin plugs*) (**Fig. 11 L**) en las traqueidas dificulta determinar si estas presentan septos o no, y si existe parénquima axial.

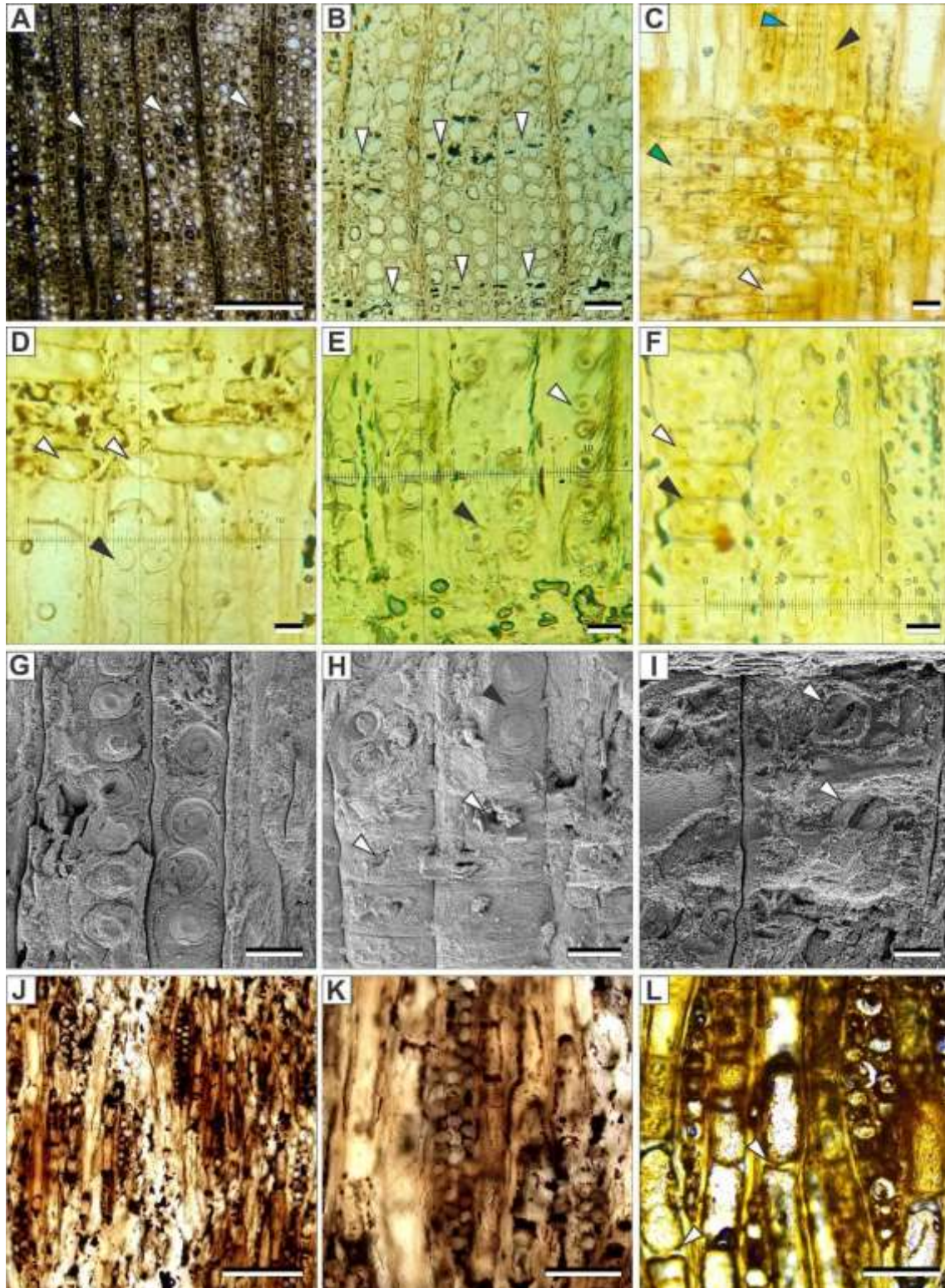


Figura 11: *Podocarpoxylon mazzonii*. **A)** UNPSJB-PB 301 T: anillos de crecimiento débilmente marcados (flechas). **B)** UNPSJB-PB 308 T: 1–3 filas de traqueidas aplanadas radialmente en el leño tardío (flechas). **C)** UNPSJB-PB 309 LR: campos de cruzamiento (flecha verde), radios (flecha blanca), punteaduras radiales uniseriadas en traqueidas (flecha negra) y punteaduras biseriadas (flecha celeste). **D)** UNPSJB-PB 308 LR: detalle de campos de cruzamiento con punteaduras taxodioides (flechas blancas) y punteaduras radiales biseriadas opuestas (flecha negra). **E)** UNPSJB-PB 309 LR: punteaduras radiales uniseriadas (flecha blanca), punteaduras radiales biseriadas opuestas (flecha negra). **F)** UNPSJB-PB 309 LR: punteaduras radiales biseriadas opuestas (flecha blanca), crásula (flecha negra). **G)** UNPSJB-PB 304 LR: punteaduras

radiales uniseriadas contiguas y espaciadas. **H)** UNPSJB-PB 309 LR: campos de cruzamiento taxodioides (flechas blancas) y punteaduras radiales uniseriadas (flecha negra). **I)** UNPSJB-PB 304 LR: detalle de campos de cruzamiento con punteaduras taxodioides (flechas blancas). **J)** UNPSJB-PB 307 LT: radios biseriados. **K)** UNPSJB-PB 307 LT: radio parcialmente triseriado. **L)** UNPSJB-PB 309 LT: tapones de resina en las traqueidas (flechas blancas) y radios uniseriados y biseriados. Barra de escalas: A = 500 μm ; B, J = 200 μm ; C, K, L = 100 μm ; D, E, F = 50 μm ; G, H = 30 μm ; I = 10 μm .

Observaciones: la preservación del material es deficiente y no se logran observar todos los caracteres en todos los ejemplares. Las mediciones incluidas en la descripción representan el promedio de los distintos caracteres. Las mediciones para cada ejemplar se pueden apreciar en la Tabla 1 y 2. Algunos caracteres no se midieron por mala preservación o porque no se realizó el corte radial. Algunos de estos cortes no se efectuaron ya que, por la particularidad de los radios biseriados, es posible determinar la especie sin necesidad de ver los caracteres en vista radial.

Tabla 1. Medidas tomadas en sección transversal: diámetros de lumen de las traqueidas, grosor de las paredes de las traqueidas del leño temprano y leño tardío, y cantidad de traqueidas entre los radios. (-) medidas que no pudieron ser efectuadas.

Ejemplar UNPSJB-PB	Diámetro tangencial de traqueidas en μm			Diámetro radial de traqueidas en μm			Grosor de paredes del leño tardío en μm			Grosor de paredes del leño temprano en μm			Número de traqueidas entre radios		
	Media	(Min–Max)	SD	Media	(Min–Max)	SD	Media	(Min–Max)	SD	Media	(Min–Max)	SD	Media	(Min–Max)	SD
301	32,7	24,3–45,8	6,2	35,8	19,5–54,2	9,1	12,2	6,7–18,5	3,7	7,7	4,7–10,7	1,7	4,5	2–7	1,9
302	32,5	23,6–43,1	5,3	38,5	27,1–47,2	4,9	-	-	-	-	-	-	2,5	1–5	1,3
303	36,3	27,8–53,0	7,0	34,5	29,9–44,7	4,1	-	-	-	7,8	6,1–11	1,2	2,9	1–5	1,6
304	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
305	40,4	30,6–52,1	6,6	43,4	34,1–55,1	5,3	13,3	9,7–22,1	3,3	7,4	5–10	1,5	3,5	1–7	1,9
306	30,3	25,9–37,3	3,4	28,8	22,9–38,2	3,7	-	-	-	-	-	-	3,0	1–8	2,0
307	32,9	25,0–41,1	4,3	28,3	20,3–36,8	4,0	-	-	-	-	-	-	3,9	2–8	1,9
308	41,4	23,6–72,3	14,1	44,0	31,3–60,5	8,3	11,5	8,3–14,9	1,8	7,6	4,7–9,8	1,4	3,6	1–8	1,9
309	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio	35,2	23,6–72,3	6,7	36,2	19,5–60,5	5,6	12,3	6,7–22,1	2,9	7,6	4,7–10,7	1,4	3,4	1–8	1,9

Tabla 2. Medidas tomadas en sección radial: porcentaje de contigüidad (CP), índice de seriación (SI), diámetro vertical de las punteaduras radiales de las traqueidas y diámetro de las punteaduras de los campos de cruzamiento. Medidas tomadas en sección tangencial: alto y ancho de los radios en número de células y en micrones. (-) medidas que no pudieron ser efectuadas. *valores promedios tomados en base a menos de 20 mediciones.

Ejemplar UNPSJB-PB	CP	SI	Diámetro vertical de las punteaduras en traqueidas en μm			Diámetro vertical de las punteaduras en campos de cruzamiento μm			Altura de los radios en μm			Ancho de los radios en μm			Cantidad de células de alto en radios		
	%		Media	(Min–Max)	SD	Media	(Min–Max)	SD	Media	(Min–Max)	SD	Media	(Min–Max)	SD	Media	(Min–Max)	SD
301	14,29	1,07	21,5	27,0–17,4	2,8	10,5 *	8,5–13,1	1,4	560,7	350,6–848,6	141,8	56,8	42,8–79,0	9,2	-	-	-
302	-	-	-	-	-	-	-	-	573,8	329,6–739,6	117,4	72,2	60,6–91,8	8,5	-	-	-
303	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
304	38,46	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
305	-	-	-	-	-	-	-	-	540,5	304,7–757,5	138,7	67,0	51,7–86,7	8,9	-	-	-
306	-	-	-	-	-	-	-	-	396,1	203,9–792,8	130,9	66,1	44,0–84,5	10,5	-	-	-
307	-	-	-	-	-	-	-	-	377,7	261,0–555,9	77,2	70,4	55,2–91,8	8,8	25,5	15–44	7,9
308	88,24	1,92	42,5	33,7–52,3	4,5	27,6	20,6–32,4	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
309	31,82	1,18	19,1	13,2–24,8	2,9	11,8*	8,3–16,6	2,5	480,6	242,2–866,5	161,0	77,4	59,0–97,7	10,2	24,4	13–37	7,6
Promedio	43,2	1,3	27,7	13,2–52,3	3,4	16,6	18,3–32,4	3,4	488,2	203,9–866,5	127,8	68,3	42,8–97,5	9,3	24,95	13–44	7,75

Afinidad: uno de los caracteres de mayor valor analítico para la identificación en maderas de coníferas son las punteaduras de los campos de cruzamiento, superficie de contacto limitada, en las secciones radiales, por las dos paredes de las traqueidas verticales y las dos paredes horizontales de las células del parénquima. De las punteaduras incluidas en el campo de cruzamiento se tiene en cuenta su frecuencia, disposición, forma, tamaño y/o posición de la apertura relativa del borde de la punteadura. Los tipos de punteaduras de los campos de cruzamiento se basan en la clasificación establecida por la IAWA Committee (2004).

En las maderas analizadas en este trabajo se encontraron punteaduras del tipo taxodioide. A saber: punteaduras grandes de forma oval a circular, con aberturas también de ovals a circulares. La abertura excede el ancho del borde en su parte más ancha. Están presentes en la mayoría de Taxodiaceae, y también en Cupressaceae y Podocarpaceae (IAWA Committee, 2004). Una variación de este tipo de punteadura se conoce como podocarpoide, allí la ancha abertura con forma de ojal es inclinada, casi vertical (a diferencia de la taxodioide que es más horizontal), y es típica de las Podocarpaceae y el género fósil *Podocarpoxylon* (Phillipe y Bamford, 2008; Pujana y Ruiz, 2017).

Una de las particularidades de la madera de coníferas actuales es que sus radios leñosos son uniseriados y en ocasiones parcialmente biseriados en algunas especies (Esteban *et al.*, 2002). En la especie fósil esto no se cumple ya que un gran porcentaje de los radios son en parte o completamente biseriados, e incluso llegan a ser parcialmente triseriados. Esta característica es llamativa y única de esta especie en la región, quedando incluso fuera de claves dicotómicas clásicas de coníferas como la de Phillipe y Bamford (2008).

Los ejemplares estudiados presentan además *resin plugs*. En la actualidad, algunas especies, desarrollan estos depósitos orgánicos en las traqueidas del duramen (traqueidas resinosas). Estos se observan mejor en las secciones longitudinales y se ubican normalmente cerca de los radios leñosos, son de color oscuro, y ocupan todo o parte del lumen celular. Están presentes en numerosas especies, y por su peculiaridad sirven de valor diagnóstico (García Esteban *et al.*, 2020). Están citados, por ejemplo, en traqueidas de *Abies pinsapo* Boiss (Esteban *et al.*, 2007). Este es otro carácter muy común en la especie fósil *Podocarpoxylon mazzonii* (Ruiz *et al.*, 2025a).

Si bien las maderas estudiadas no tienen buena preservación los tres caracteres mencionados son claramente observables (sobre todo los radios biseriados) y estas características, en conjunto con la presencia de punteaduras radiales uni o biseriadas, posibles crásulas y anillos de crecimiento marcados por un par de hileras de traqueidas achatadas radialmente, permiten asignar los ejemplares a la especie fósil *Podocarpoxylon mazzonii* (Petriella, 1972).

Aunque *Podocarpoxylon mazzonii* ha sido vinculado tradicionalmente a la familia Podocarpaceae (Petriella, 1972), Vera *et al.* (2024) destacan que la presencia de radios bi- a triseriados introduce dudas sobre su afinidad. Dado que este rasgo es sumamente raro en el registro fósil de *Podocarpoxylon* y está ausente en los representantes actuales de la familia (Pujana y Ruiz, 2017), Vera *et al.* (2024) proponen tratar su clasificación como provisional, sugiriendo que podría tratarse de un linaje extinto de Podocarpaceae.

6.3 Caracteres paleoecológicos

Todos los ejemplares presentan anillos de crecimiento bien marcados menos los ejemplares UNPSJB-PB 306 y 304. Cada anillo consta de un leño temprano más notorio con traqueidas de sección grande, paredes delgadas y lumen ancho; y 1–3 traqueidas del leño tardío, que se muestran aplanadas radialmente con un lumen reducido en comparación con las traqueidas del leño temprano y pared más gruesa.

En total se diferenciaron 69 anillos que en promedio miden 3,3 mm de ancho (0,7–7,7; SD=1,3) (Tabla 3).

Tabla 3. Datos de anillos de crecimiento de los ejemplares de *Podocarpoxylon mazzonii* estudiados en este trabajo final de grado. (-) no se observaron anillos o no era buena la preservación.

Ejemplar UNPSJB-PB	Cantidad de anillos de crecimiento analizados	Ancho de anillos (mm)		
		Media	(Min–Max)	SD
301	4	3,2	2,1–3,7	0,7
302	9	2,3	1,1–5,5	1,4
303	3	5,5	3,4–7,7	3,1
304	-	-	-	-
305	27	1,3	0,7–2,6	0,5
306	-	-	-	-
307	7	4,2	3,3–5,5	1,0
308	19	-	-	-
309	-	-	-	-
Promedio		3,3	0,7–7,7	1,3

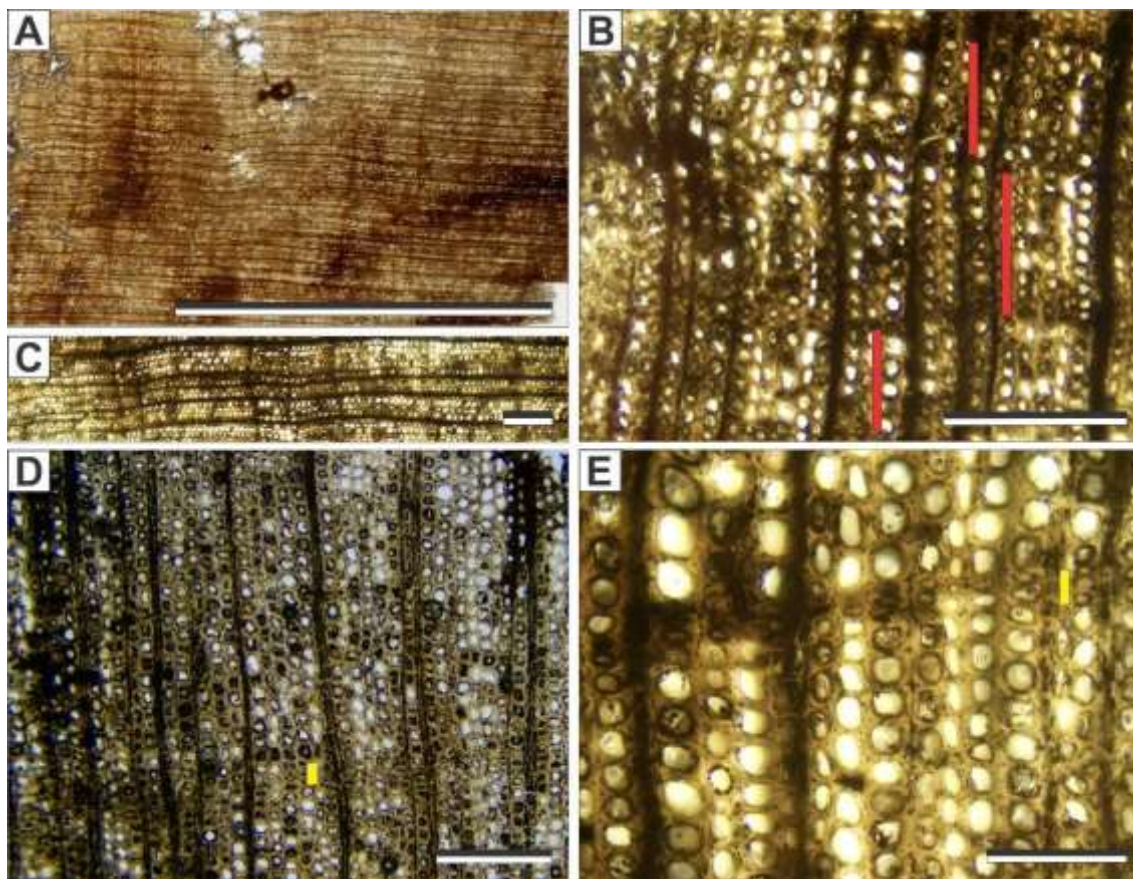


Figura 12: A–C) UNPSJB-PB 305 T: Anillos de crecimiento levemente marcados. En B detalle del ancho de los anillos (líneas rojas). **D)** UNPSJB-PB 301 T: leño tardío (línea amarilla). **E)** UNPSJB-PB 305 T: detalle del leño tardío compuesto por dos hileras de traqueidas comprimidas radialmente reduciendo su lumen (línea amarilla), el resto es leño temprano con traqueidas de mayor diámetro. Barra de escalas: A = 10 mm; B, C, D = 500 µm; E = 200 µm.

7. DISCUSIÓN

7.1 Caracterización del taxón hallado

El hallazgo de *Podocarpoxylon mazzonii* en afloramientos de la Formación Salamanca en el Cañadón Tomás constituye un significativo aporte al conocimiento de la composición florística y condiciones paleoambiental de esta Formación en la región sur de la provincia del Chubut. Este registro no solo amplía la distribución geográfica del taxón, sino que también permite reafirmar las interpretaciones sobre las condiciones paleoambientales y climáticas.

Al comparar las características anatómicas de *Podocarpoxylon mazzonii* con otros registros de maderas fósiles en la Patagonia, se observa que este es uno de los taxones mejor representados, con cierta variabilidad intraespecífica en sus caracteres anatómicos. Dicha variabilidad se muestra en detalle en la Tabla 4. Uno de los caracteres que suelen variar, o con los que no se llega a un consenso, es la presencia de parénquima axial. Si bien Del Fueyo (1998) y Vera *et al.*, (2019) señalan su presencia, otros autores indican que este carácter resulta difícil de observar debido a la presencia de *resin plugs* (Vera *et al.*, 2019, 2024; Passalia *et al.*, 2023; Ruiz *et al.*, 2025a). Los campos de cruzamiento son predominantemente taxodioides en la mayoría de los registros (Martínez *et al.*, 2023; Ruiz *et al.*, 2025 a, b), con excepción de los registros del Bosque Petrificado Ameghino y los de la Formación Puntudo Chico en donde los describen como cupressoides y

podocarpoides respectivamente (Brea *et al.*, 2011; Vera *et al.*, 2024). Aquí hay que tener en cuenta que los campos cupressoides son muy similares a los taxodioides (IAWA Commiittee, 2004) y los podocarpoides son prácticamente lo mismo dependiendo el autor que se siga. Finalmente, la gran mayoría de los especímenes presentan radios 1–3 seriados (Brea *et al.*, 2011; Vera *et al.*, 2019, 2024; Martínez *et al.*, 2023; Passalia *et al.*, 2023; Ruiz *et al.*, 2025a). Otros dos caracteres que muestra leves diferencias son: el ancho medio de los radios, donde los valores oscilan entre 8,5 a 53,25 μm , siendo los del Cañadón Tomás levemente más anchos con 68,3 μm , superando el valor máximo registrado hasta el momento, correspondiente a Brea *et al.* (2011) con 53,25 μm ; y la altura de los radios, que son más altos en las muestras del Cañadón Tomás, con una media de 488,2 μm , frente a los valores previamente registrados, que varían entre 82,5 a 369 μm , siendo los de la Formación Cerro Bororó los más elevados hasta el momento (Ruiz *et al.*, 2025a). Sin embargo, estos dos últimos caracteres cuantitativos mencionados suelen variar incluso dentro de un mismo ejemplar.

Tabla 4. Comparación de las características anatómicas de *Podocarpoxylon mazonii* registradas en la Patagonia.

Taxón fósil y referencia	Horizonte estratigráfico (localidad) y edad	Anillos de crecimiento	Punteaduras radiales de traqueidas	Parénquima axial	Altura de radios en μm	Ancho de radios en μm	Radios	Campos de cruzamiento	Asociación florística
<i>P. mazonii</i> (Mamaní, este trabajo)	Fm. Salamanca (Cañadón Tomás, Chubut, Argentina), Maastrichtiano?–Daniano	Presentes	Uniseriadas y biseriadas opuestas	Ausente	488,2 (203,9–866,5)	68,3 (42,8–97,7)	Uniseriados a triseriados, mayormente biseriados	1 punteadura taxodioide	Monotípica
<i>P. mazonii</i> (Petriella, 1972)	Fm. Cerro Bororó (Puesto Fernández, Chubut, Argentina), Paleoceno	Presentes	Uniseriada y algunas biseriadas opuestas	Escaso	-	-	Uniseriados, pocas biseriados y triseriados	1–2 punteaduras simples con un borde muy reducido	Monotípica (en el momento de dicha publicación)
<i>P. mazonii</i> (Ruiz <i>et al.</i> , 2025a)	Fm. Cerro Bororó (Puesto Fernández, Chubut, Argentina), Daniano?	Presentes	Uniseriadas y biseriadas opuestas	Ausente?	369 (42–1355)	43,5 (18,3–87,9)	Uniseriados a triseriados, mayormente biseriados	1–2 punteadura taxodioides a cupresoides	<i>Podocarpoxylon mazonii</i> (dominante) y <i>Brachyoxylon raritanense</i>
<i>P. mazonii</i> (Brea <i>et al.</i> , 2011)	Fm. Salamanca (Bosque Petrificado Ameghino, Chubut, Argentina), Daniano	Presentes	Uniseriadas y algunas biseriadas opuestas	Escaso	222,79 (137,2–333,2)	53,25 (29,40–73,50)	Uniseriados, pocos biseriados y raramente triseriados	1–2 punteaduras cupresoides	Monotípica
<i>P. mazonii</i> (Ruiz <i>et al.</i> , 2025b)	Fm. Puesto Manuel Arce (La Rinconada, Chubut, Argentina) Cretácico Superior	Presentes	Uniseriadas y biseriadas opuestas	Ausente	296 (84–738)	34 (18,5–61,4)	1–3 seriados mayormente biseriados	1–2 punteaduras taxodioides	<i>Podocarpoxylon mazonii</i> y <i>Brachyoxylon patagonicum</i>

Taxón fósil y referencia	Horizonte estratigráfico (localidad) y edad	Anillos de crecimiento	Punteaduras radiales de traqueidas	Parénquima axial	Altura de radios en μm	Ancho de radios en μm	Radios	Campos de cruzamiento	Asociación
<i>P. mazzonii</i> (Rombola <i>et al.</i> , 2025)	Fm. La Anita (Cerro Teta, Santa Cruz, Argentina), Cretácico Superior	Presentes	Uniseriadas, biseriadas y pocas triseriadas, opuestas	-	-	-	Uniseriados a triseriados mayormente biseriados	1 punteadura podocarpoide	-
<i>P. mazzonii</i> (Del Fueyo 1998) = Sinonimizado de <i>Circoporoxylon</i>	Fm. Allen (Bajo de Santa Rosa, Río Negro, Argentina) Cretácico Superior	Presentes	Uniseriadas y biseriadas opuestas	Frecuente y difuso	-	-	Uniseriado, biseriado y escasos triseriados	1–2 punteaduras	<i>P. mazzonii</i> (más representado) y <i>Podocarpoxylon garciae</i>
<i>P. mazzonii</i> (Passalia <i>et al.</i> , 2023)	Fm. Allen (Bosque Petrificado de Valcheta, Río Negro, Argentina) Cretácico Superior	Presentes	Uniseriadas, biseriadas y pocas triseriadas, opuestas	Ausente	-	-	1–3 seriados mayormente biseriados	1–2 punteaduras podocarpoides	Monotípica
<i>P. mazzonii</i> (Martínez <i>et al.</i> , 2023)	Fm. Dorotea, (Región de Magallanes, sur de Chile) Cretácico Superior	Presentes	Uniseriadas y biseriadas opuestas	-	82,50 (15,75–185,59)	8,5 (2,59–15).	1–3 seriados y raramente tetraseriados	1 punteadura cupresoide o taxodioide	Angiospermas, coníferas y una ginkgofita

Taxón fósil y referencia	Horizonte estratigráfico (localidad) y edad	Anillos de crecimiento	Punteaduras radiales de traqueidas	Parénquima axial	Altura de radios en μm	Ancho de radios en μm	Radios	Campos de cruzamiento	Asociación
<i>P. mazzonii</i> (Vera <i>et al.</i> , 2019)	Fm. Puntudo Chico (El Quiosco, Chubut, Argentina) Cretácico Superior	Presentes	Uniseriadas y biseriadas opuestas	Ausente	-	-	Biseriados a triseriados, con extremos uniseriados	1 punteadura podocarpoide	<i>Podocarpoxylon mazzonii</i> (abundante) <i>Brachyoxylon sp.</i> , cf. <i>B. currumilii</i> y <i>Agathoxylon antarcticus</i> (Poole et Cantrill) Pujana, Santillana et Marensi
<i>P. mazzonii</i> (Vera <i>et al.</i> , 2024)	Fm. Puntudo Chico (Ea. María de las Nieves, Chubut, Argentina) Cretácico Superior	Presentes	Uniseriadas y biseriadas opuestas	Ausente	-	-	Parcialmente biseriados y pocos triseriados	1 punteadura podocarpoide	<i>Podocarpoxylon mazzonii</i> (dominante) y <i>Cupressinoxylon austrocedroides</i> Nishida

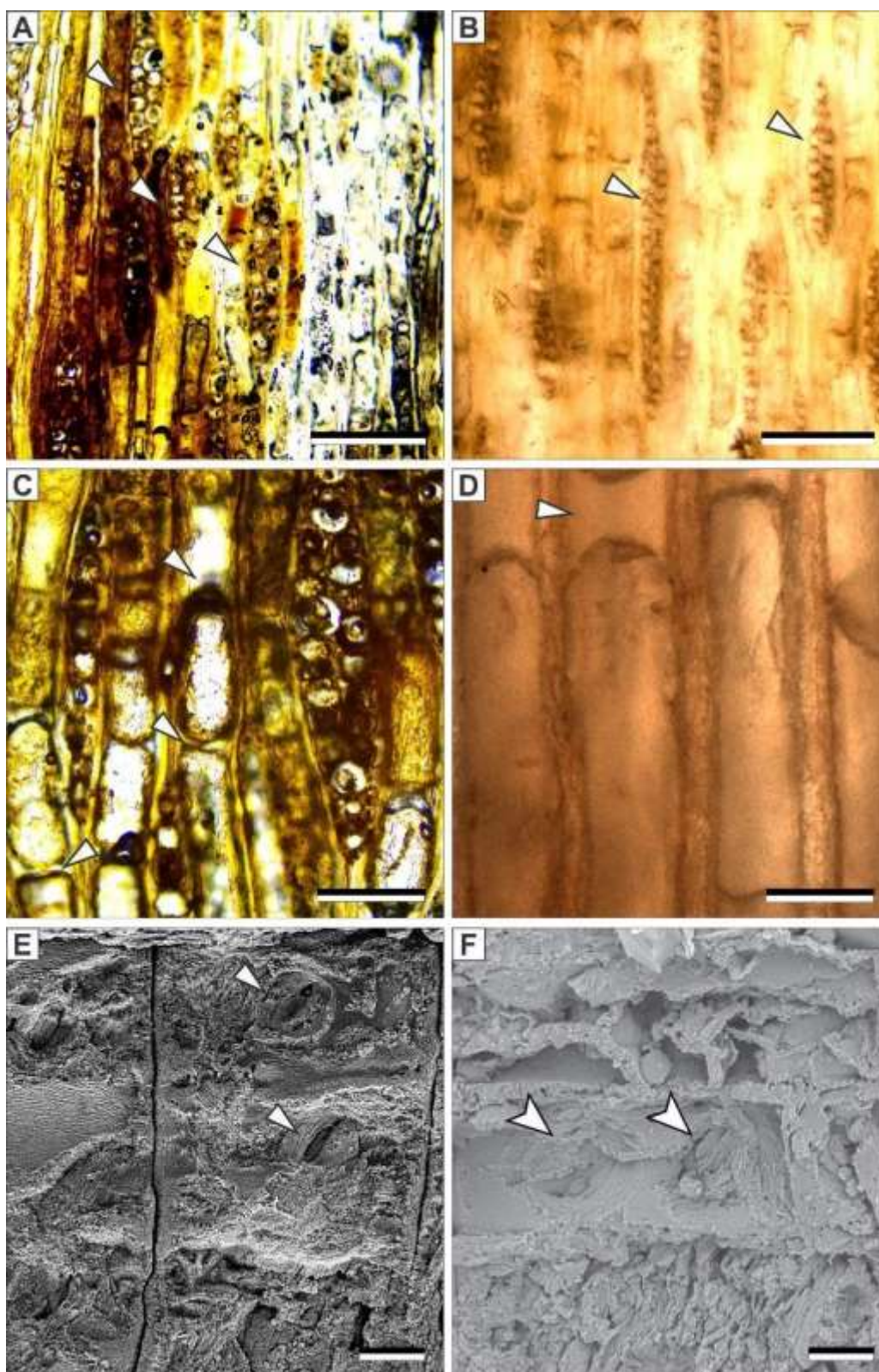


Figura 13: Comparación de características anatómicas de *Podocarpoxylon mazzonii* de este trabajo y Ruiz *et al.* (2025a) **A)** UNPSJB-PB 309 LT: radios biseriados (flechas). **B)** MPEF-PB 9280 Ruiz *et al.* (2025a) LT: radios biseriados (flechas). **C)** UNPSJB-PB 309 LT: resin plugs en las traqueidas (flechas). **D)** MPEF-PB 9280 Ruiz *et al.* (2025a) LT: resin plugs (flecha). **E)** UNPSJB-PB 304 LR: detalle de campo de cruzamiento taxodioide (flechas blancas). **F)** MPEF-PB 13286 Ruiz *et al.* (2025b) LR: campo de cruzamiento con 2 punteduras taxodioides. Barra de escalas: A–B = 200 μm ; C = 100 μm ; D, E = 50 μm ; F = 10 μm .

7.2 Registros y asociaciones de *Podocarpoxylon mazzonii*

Este taxón ha sido identificado en distintas localidades del Cretácico Superior y Daniano de la Patagonia.

Martínez *et al.* (2023) describen un conjunto de maderas fósiles del Cretácico Superior procedente de la Formación Dorotea, en la Región de Magallanes, al sur de Chile. En esta diversa asociación coexisten angiospermas, una ginkgofita y coníferas incluida *P. mazzonii*, donde ningún taxón es ampliamente dominante. Este conjunto contrasta notablemente con otros registros contemporáneos de la Patagonia, donde *P. mazzonii* suele constituir el taxón dominante o incluso el único componente leñoso presente.

Los troncos del Bosque Petrificado de Valcheta, situado al noreste de la provincia de Río Negro, se conservan en depósitos de la Formación Allen (Cretácico Superior). De acuerdo con Passalia *et al.* (2023), estos ejemplares corresponden a un único tipo xilológico (bosque monotípico) asignado a *Podocarpoxylon mazzonii* (Podocarpaceae). En el Bosque Petrificado de Valcheta los autores concluyen que esta especie fue un componente fundamental de las paleofloras del norte de la Patagonia en ambientes costeros de baja profundidad, llegando a formar parches monotípicos en ciertas áreas durante el intervalo Campaniano–Daniano (Passalia *et al.*, 2023). Cabe notar que, *P. mazzonii* ya contaba con registros en la Formación Allen, específicamente en el Bajo de Santa Rosa, donde integraba una comunidad más diversa junto a *P. garciae* Del Fueyo (Del Fueyo, 1998).

En el sector centro-este de la Cuenca de Cañadón Asfalto, aflora la Formación Puntudo Chico, cuya edad se sitúa en el intervalo Campaniano–Maastrichtiano. En esta unidad, Vera *et al.* (2019) identificaron tres taxones distintos de coníferas, donde *Podocarpoxylon mazzonii* es predominante y se encuentra asociado a *Brachyoxylon* sp. cf. *B. currumilii*, y *Agathoxylon antarcticum* (Poole y Cantrill, 2001) Pujana, Santillana y Marensi. Posteriormente, Vera *et al.* (2024) reportan nuevas maderas de coníferas en la Formación Puntudo Chico (Campaniano–Maastrichtiano), en la Estancia María de las Nieves. En este sitio, *P. mazzonii* se identifica como el taxón dominante, encontrándose asociado a *Cupressinoxylon austrocedroides* Nishida.

Ruiz *et al.* (2025b) registran en la Provincia del Chubut, *Podocarpoxylon mazzonii* asociado a *Brachyoxylon patagonicum* Rombola, Greppi y Pujana en la localidad de La Rinconada, cerca del Cerro Bororó en estratos de la Formación Puesto Manuel Arce (Cenomaniano–Turoniano?). No obstante, dado que este conjunto de maderas es común en el Campaniano–Maastrichtiano, Ruiz *et al.* (2025b) cuestionan la edad de la Formación Puesto Manuel Arce y los autores proponen que la unidad podría ser más joven en esta localidad, argumentando que este conjunto fosilífero no cuenta con registros de sucesiones más antiguas; o bien la composición taxonómica se mantuvo sin cambios durante aproximadamente 25 Ma y fue diferente de otros bosques Cenomanianos de la región. La explicación alternativa es un diacronismo en la Fm. Manuel Arce.

Se reconoce que *Podocarpoxylon mazzonii* es un taxón muy bien representado en el Cretácico Superior de Patagonia y, aparentemente, también se encuentran registros de la especie en el Daniano. Por ejemplo, Petriella (1972) lo reportó en nivel de coníferas en el miembro inferior de la Formación Cerro Bororó (de edad daniana determinada mediante microfósiles por Bertels, 1973) en las proximidades de la localidad de Las Plumas (Chubut, Argentina). En esta formación se identificaron tres niveles fosilíferos portadores de maderas: el nivel inferior se caracteriza por el predominio de la podocarpácea *P. mazzonii*, mientras que los niveles intermedio y superior contienen angiospermas y cicadales, respectivamente.

Ruiz *et al.* (2025a) revisan los niveles estudiados previamente por Petriella incorporando nuevas muestras del nivel de coníferas. Coinciden con Petriella (1972) respecto al predominio de coníferas en el nivel fosilífero del miembro inferior de la Formación Cerro Bororó, caracterizado por la abundancia de *P. mazonii* pero incorporan el hallazgo del primer registro de *Brachyoxylon raritanense* Torrey para dicha unidad. Los autores señalan que la asociación de *P. mazonii* y *Brachyoxylon* se había documentado previamente en el Cretácico Superior (Campaniano–Maastrichtiano) en la Formación Puntudo Chico, en Chubut próximos al Cerro Bororó (Vera *et al.*, 2019; Villegas *et al.*, 2024). A partir de estas evidencias, Ruiz *et al.* (2025a) proponen dos interpretaciones alternativas en cuanto a la edad del nivel de coníferas: a) es Daniano y la asociación de *Podocarpoxylon* y *Brachyoxylon* (característica del intervalo Cretácico Superior), podría representar un bosque relictos del Cretácico Superior que persistió durante la transición Cretácico–Paleoceno en la Patagonia, funcionando como un refugio relativamente aislado; o b) que el nivel fosilífero de coníferas haya sido datado de manera incorrecta y corresponda en realidad a un depósito del Cretácico Superior.

En este marco, cabe destacar que en el Bosque Petrificado Ameghino también se registra un bosque hasta el momento monotípico de *Podocarpoxylon mazonii* en depósitos de la Formación Salamanca (Brea *et al.*, 2011), muy similar a los encontrados en el Cretácico Superior y el Daniano (con dudas) de Cerro Bororó. La edad daniana del nivel fosilífero del Bosque Ameghino, también está por el momento puesta en duda por los autores (com. pers.).

Por su parte, Ruiz *et al.* (2017) describen cuatro niveles fosilíferos (L1–L4) en el área de la Estancia Las Violetas, correspondientes a la Formación Salamanca. El nivel L2, caracterizado por una asociación de *Podocarpoxylon multiparenchymatosum* Pujana y Ruiz, *Cupressinoxylon austrocedroides*, *C. artabae* Ruiz, Brea, Raingemborn y Matheos y cf. *Cupressinoxylon* sp., junto con frutos de palmeras, reviste especial importancia por su predominio de *Cupressinoxylon* entre las coníferas. Asimismo, esta asociación representa uno de los escasos ejemplos documentados para el Paleoceno que presenta una mayor diversidad de coníferas. Cabe señalar además, que en dicho nivel no se registra la presencia de *Podocarpoxylon mazonii*.

Cabe destacar que *P. mazonii* representa el taxón más abundante (o el único) en algunas de las localidades mencionadas del Cretácico Superior al Paleoceno de la Patagonia central y septentrional (Petriella, 1972; Del Fueyo, 1998; Raingemborn *et al.*, 2009; Brea *et al.*, 2011; Vera *et al.*, 2019; Passalia *et al.*, 2023). Esta recurrencia sugiere que su distribución pudo estar vinculada a condiciones ambientales particulares desarrolladas en proximidad a mares poco profundos; dichas condiciones habrían persistido desde el Cretácico Tardío hasta el Daniano (Vera *et al.*, 2019; Passalia *et al.*, 2023).

7.3 Edad de la Formación

La edad de la Formación Salamanca ha sido objeto de debate desde hace décadas debido a la presencia de evidencias bioestratigráficas, paleomagnéticas y radiométricas que indican una sedimentación desarrollada durante la transición Maastrichtiano–Daniano. Los primeros estudios bioestratigráficos (Ihering, 1907; Méndez, 1966), junto con los datos paleomagnéticos de Somoza *et al.* (1995) y Clyde *et al.* (2014), asignaron una edad daniana para la Formación Salamanca y sus unidades equivalentes. En el ámbito de la Cuenca de Cañadón Asfalto, Bertels (1973) reconoció una asociación de foraminíferos con formas planctónicas como *Globoconusa daubjergensis*, que permitió asignar los niveles fosilíferos al Daniano tardío. Sin embargo, también se han reconocido

evidencias maastrichtianas en otros sectores y unidades vinculadas a la ingresión marina atlántica, como foraminíferos (Musacchio, 1995; Náñez y Malumián, 2008) y nanofósiles calcáreos en el subsuelo de la Cuenca del Golfo San Jorge (Barcat *et al.*, 1989). Esta distribución de edades evidencia la complejidad cronoestratigráfica de las sucesiones marinas del Maastrichtiano–Daniano en Patagonia.

En las nacientes del Río Chico, Mora Romero (2024) reconoció ejemplares de *Globoconusa daubjergensis* en los niveles superiores de la Formación Salamanca, especie característica del Daniano temprano, permitiendo asignar esa parte de la sucesión al Paleoceno inicial. Estos resultados aportan información relevante para discutir la relación temporal entre la sedimentación marina y el magmatismo basáltico de la región. Tradicionalmente, los basaltos aflorantes en este sector fueron interpretados como “pre-salamanqueanos” (Ferello, 1969; Sciutto *et al.*, 2008). Sin embargo, Foix *et al.* (2014) propusieron que algunos flujos basálticos se encuentran intercalados concordantemente dentro de la Formación Salamanca, interpretación consistente con las edades radiométricas de 62,8 y 64 Ma obtenidas por Marshall *et al.* (1981), correspondientes al Daniano. Posteriormente, Clyde *et al.* (2014) asignaron estos basaltos al denominado Basalto La Angostura y obtuvieron una edad de $67,31 \pm 0,55$ Ma, correspondiente al Maastrichtiano. Más recientemente, Navarrete *et al.* (2026) reconocieron nuevas relaciones estratigráficas que muestran intercalaciones locales entre los niveles basales de la Formación Salamanca y los basaltos La Angostura, sugiriendo que el inicio de la ingresión marina habría sido contemporáneo al desarrollo de este magmatismo de intraplaca. En este contexto, dichos autores consideran que la edad daniana propuesta por Mora Romero (2024) para los niveles portadores de *Globoconusa daubjergensis* resulta coherente con las edades propuestas por Marshall y colaboradores en la década del ochenta.

Asimismo, como se detalló previamente, el taxón registrado y tratado en el presente trabajo de grado, *Podocarpoxylon mazzonii*, se registra de manera abundante en niveles fosilíferos del Campaniano–Maastrichtiano y algunos en niveles tentativamente danianos, en estos últimos casos con considerable incertidumbre cronoestratigráfica. En los casos documentados, estos niveles son casi exclusivamente coniferofíticos, con *P. mazzonii* como taxón dominante frente a otras especies (Ruiz *et al.*, 2025a) o como único representante (Brea *et al.*, 2011). Ruiz *et al.* (2017) documentan otro nivel que corresponde a una flora exclusivamente coniferofítica (también el inferior de varios en la Formación Salamanca) pero este es significativamente más diverso y carente de *P. mazzonii*. Posteriormente en los niveles estratigráficamente más jóvenes, tanto de Las Violetas como de Cerro Bororó, la composición florística cambia de manera notable, tornándose casi exclusivamente angiospérmica (Ruiz *et al.*, 2020, 2025a) y continúa la ausencia de *P. mazzonii* que no vuelve a aparecer en el registro geológico.

Este conjunto de evidencias ha llevado a algunos autores a cuestionar la presencia de *P. mazzonii* en el Daniano, sugiriendo que los niveles portadores de esta especie podrían corresponder en realidad al Cretácico Superior (Ruiz *et al.*, 2025a, b; Mamaní *et al.*, 2025). Sin embargo, esta interpretación permanece sin resolución, dado que los niveles exactos de donde provienen los fósiles aquí estudiados carecen de dataciones absolutas u otros indicadores suficientemente confiables como para establecer una asignación cronológica. Por otro lado, las cinco muestras (M1–M5) tomadas a lo largo del perfil en el nivel donde se registró la madera fósil de este trabajo, no evidenciaron la presencia de microfósiles. Si bien hasta el momento todos los datos paleontológicos de afloramientos de la Formación Salamanca en la CGSJ han indicado con mayor seguridad una edad daniana para la Formación Salamanca, existen algunas menciones para tener en cuenta acerca de fósiles cretácicos. Petriella (1972) menciona que el único fósil guía hallado

dentro de los palinomorfos estudiados de Cerro Bororó es *Proxapertitas operculatus*, que si bien tiene su acmé en el Paleoceno, hace su aparición en el Maastrichtiano. Posteriormente, Barcat *et al.* (1989) asignaron una edad maastrichtiana a la base de la Formación Salamanca a partir de nanofósiles calcáreos recuperados en subsuelo, y también hay una mención de otros palinomorfos para subsuelo por parte de Clyde *et al.* (2014).

7.4 Inferencias paleoecológicas:

Existen una serie de métodos para realizar inferencias paleoecológicas basándose en leños fósiles, sobre todo para establecer las condiciones climáticas. En el presente trabajo no es posible aplicar estos métodos comúnmente empleados para estimaciones paleoclimáticas a partir de maderas, como ser los índices de vulnerabilidad y mesomorfía o la presencia/ausencia de determinados caracteres ecoanatómicos (Ruiz *et al.*, 2021). La razón es que estos métodos se aplican exclusivamente en angiospermas, las cuales no se encuentran representadas en el registro fósil de esta localidad. Del mismo modo, la comparación con taxones actuales no resulta de mucha utilidad, ya que el registro está dominado por un único taxón cuyas afinidades con representantes actuales no son claras. En efecto, *Podocarpoxylon mazzonii* constituye probablemente una rama dentro de las Podocarpaceae, sin un pariente vivo directo que permita realizar inferencias climáticas por analogía con flora actual (Vera *et al.*, 2024). Esto deja el estudio de los anillos de crecimiento como la única opción siendo, todos los ejemplares gimnospermas. Nuevamente al tratarse de un único taxón y, además, pocos ejemplares, con pocos anillos, y mal preservados, este tipo de estudio se ve limitado. A estas limitaciones se suma la incertidumbre respecto a la edad de los estratos portadores, lo que dificulta establecer comparaciones sólidas con otras asociaciones fósiles contemporáneas.

Aun así, se realizó un análisis de los anillos de crecimiento de *P. mazzonii* del Cañadón Tomás, a fin de comparar al menos con el mismo taxón en distintas localidades. Allí de un total de 69 anillos medidos se obtuvo un ancho medio de 3,3 mm. Este valor es coherente con el registrado en bosques como el de la Estancia La Aurora, del Cretácico Superior de la provincia del Chubut, perteneciente a la Formación Puntudo Chico (Villegas *et al.*, 2024), y el Bosque Petrificado Ameghino, de la Formación Salamanca (Brea *et al.*, 2011) (Tabla 5).

Tabla 5. Datos de los anillos de crecimiento en coníferas del Cretácico–Paleógeno.

Localidad	Formación	Ancho de anillos (mm)		Falsos anillos
		Media	(Min–Max)	
Cañadón Tomás, Chubut, Argentina (este trabajo)	Formación Salamanca	3,3	0,7–7,7	Ausentes
Víctor Szlápelis, Chubut, Argentina (Brea <i>et al.</i> , 2005a)	Formación Salamanca (Paleoceno)	2,66	0,17–11,30	Presentes
Ormaechea, Chubut, Argentina (Brea <i>et al.</i> , 2005b)	Formación Salamanca (Paleoceno)	2,1	0,28–6,59	Presentes
Ameghino, Chubut, Argentina (Brea <i>et al.</i> , 2011)	Formación Salamanca (Paleoceno)	1,23	0,63–3,62	–
Las Violetas, Chubut, Argentina (Ruiz <i>et al.</i> , 2020)	Formación Salamanca (Paleoceno)	2,2	0,26–5,20	Presentes
Estancia La Aurora, Chubut, Argentina (Villegas <i>et al.</i> , 2024)	Formación Puntudo Chico (Cretácico Superior)	1,68	0,63–4,16	Ausente

Otra similitud con dichos estudios reside en el tipo de límites de los anillos de crecimiento, los cuales son poco nítidos o indistintos, marcados únicamente por unas pocas hileras de traqueidas comprimidas radialmente en el leño tardío, y con una transición abrupta entre el leño temprano y el leño tardío. Esto indicaría estacionalidades leves, poco marcadas. Además, se registra que los ejemplares no presentan falsos anillos al igual que los de la Estancia la Aurora de la Formación Puntudo Chico, los cual sería indicativo de que no hubieron acontecimientos estresantes en el ambiente como ser sequías, inundaciones o plagas de insectos. Tampoco se registra ni en Cañadón Tomás ni en ninguna otra localidad anillos de heladas.

Sobre la base de estas características, los estudios mencionados estimaron condiciones climáticas estables, templadas cálidas (sin heladas) y húmedas (Brea *et al.*, 2011; Villegas *et al.*, 2024; Ruiz *et al.*, 2025b), y en el presente trabajo se sugieren condiciones similares dada la similitud de los datos.

Estas condiciones parecen haber sido relativamente homogéneas a lo largo de gran parte de la Provincia del Chubut, extendiéndose también hacia Santa Cruz, configurando un escenario climático estable y favorable para el desarrollo de *P. mazonii*.

8. CONCLUSIONES

El hallazgo de *Podocarpoxylon mazzonii* en afloramientos de la Formación Salamanca en el Cañadón Tomás constituye un significativo aporte al conocimiento de la composición florística de esta Formación en la CGSJ y en la región sur de la provincia del Chubut.

Se amplía la distribución geográfica del taxón y se suma un nuevo registro paleobotánico que evidencia una comunidad exclusivamente coniferofítica y con marcado dominio del taxón *Podocarpoxylon mazzonii* en los niveles basales de la Formación Salamanca.

La edad de estos niveles basales de la Formación Salamanca con presencia de *P. mazzonii* es cuestionable hasta el momento y los resultados obtenidos en este TF se suman a dicha incertidumbre. Desde el punto de vista paleontológico y siguiendo los registros de este taxón, se sugiere que los niveles portadores de esta especie podrían en realidad corresponder al Cretácico Superior pero esta conclusión es solo tentativa en tanto no se puedan realizar las dataciones correspondientes.

Desde el punto de vista paleoambiental y paleoclimático no se pudieron hacer muchas inferencias dada la nula variabilidad de ejemplares y las dudas mencionadas con respecto a la edad. Sin embargo, una comparación con floras prácticamente iguales de la misma formación en otras localidades evidencia un clima cálido-húmedo, sin grandes perturbaciones y libre de heladas, por lo que las condiciones podrían haber sido similares en Cañadón Tomás. Asimismo, estas condiciones habrían sido homogéneas durante el Cretácico-Paleógeno en Chubut y parte de Santa Cruz.

9. REFERENCIAS

- Allard, J.O., Foix, N., Giacosa, R. y Paredes, J.M. 2021. Estructura y tectónica de las cuencas del Golfo San Jorge y Cañadón Asfalto. Relatorio del XXI Congreso Geológico Argentino. Capítulo E.2. Puerto Madryn.
- Andreis, R.R., Mazzoni, M. y Spalletti, L.A. 1975. Estudio estratigráfico y paleoambiental de las sedimentitas terciarias entre Pico Salamanca y Bahía Bustamante, Provincia del Chubut, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 30, 85–103.
- Archangelsky, S. 1973. Palinología del Paleoceno de Chubut. I: descripciones sistemáticas. *Ameghiniana* 10, 199–339.
- Archangelsky, S. 1976. Palinología del Paleoceno de Chubut. II. Diagramas polínicos. *Ameghiniana* 13, 43–55.
- Ardolino, A., Panza, J.L., Ylláñez, E. y Parisi, C. 2003. Hoja Geológica 4566-I, Garayalde, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 264, 84 pp., Buenos Aires.
- Barcat, C., Cortiñas, J.S., Nevistic, V.A. y Zuchi, H.E. 1989. Cuenca Golfo San Jorge. En: Chebli, G. y Spalletti, L. (Eds.), *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. Universidad Nacional de Tucumán, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica 6, 319–345.
- Belloso, E., Palamarczuk, S., Barreda, V., Sanagua, J. y Jalfin, G. 2000. Litofacies y Palinología del contacto Grupo Chubut - Formación Salamanca en el oeste de la Cuenca del Golfo San Jorge, 11° Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, Actas, 9, Tucumán.
- Belloso, E.S. 1990. Formación Chenque: registro de la transgresión patagoniana en el Golfo San Jorge. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas, vol. 2, pp. 57–60. San Juan.
- Bertels A. 1973 Bioestratigrafía del cerro Bororó, provincia de Chubut, República Argentina. V Congreso Geológico Argentino 3, 71–90.
- Bona, P. y De La Fuente, M.S. 2005. Phylogenetic and paleobiogeographic implications of *Yaminuechelys maior* (Staesche, 1929) new comb., a large long-necked chelid turtle from the early Paleocene of Patagonia, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 25, 569–582.
- Bona, P., Ezcurra, M.D., Barrios, F. y Fernández Blanco, V. 2018. A new Palaeocene crocodylian from southern Argentina sheds light on the early history of caimanines. *Proceedings of the Royal Society B* 285, 20180843.
- Brea, M. y Zucol, A.F. 2006. Leños fósiles de Boraginaceae de la Formación Peñas Coloradas (Paleoceno superior), Puerto Visser, Chubut, Argentina. *Ameghiniana*, 43(1), 139–146.
- Brea, M., Belloso, E., Krause, M. 2009. *Taxaceoxylon katuatenkum* sp. nov. En la Formación Koluel-Kaike (Eoceno inferior - medio), Chubut, Argentina: un componente de los bosques subtropicales paleógenos de Patagonia. *Ameghiniana* 46, 127–140.
- Brea, M., Matheos, S., Zamuner, A.B. y Ganuza, D.G. 2005. Análisis de los anillos de crecimiento del bosque fósil de Víctor Szlápelis, Terciario inferior del Chubut, Argentina. *Ameghiniana* 42, 407–418.
- Brea, M., Matheos, S.D., Raigemborn, M.S., Iglesias, A., Zucol, A.F. y Prámparo, M. 2011. Paleoecology and paleoenvironments of podocarp trees in the Ameghino forest (Golfo San Jorge Basin, Patagonia, Argentina): constraints for early Paleogene paleoclimate. *Geological Acta* 9, 13–28.
- Brea, M., Zamuner, A.B., Matheos, S.D., Iglesias, A. y Zucol, A.F. 2008. Fossil wood of the Mimosoideae from the early Paleocene of Patagonia, Argentina. *Alcheringa* 32, 427–441.
- Bryan, S.E. y Ernst, R.E. 2008. Revised definition of Large Igneous Provinces (LIPs). *Earth-Science Reviews* 86, 175–202.

- Camacho, H.H. 1967. Las transgresiones del Cretácico Superior y Terciario de la Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 22, 253–280.
- Camacho, H.H. 1992. Algunas consideraciones acerca de la transgresión marina paleocena en la Argentina. *Miscelánea de la Academia Nacional de Ciencias* 85, 1–41, Córdoba.
- Casal, G.A., Martínez, R.D., Luna, M. e Ibiricu, L. M. 2016. Ordenamiento y caracterización faunística del Cretácico Superior del Grupo Chubut, Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 19(1), 53–70.
- Casal, G.A., Vallati, P.S., Ibiricu, L.M., De Sosa Tomas, A., Foix, N., Allard, J.O. y Martínez, R.D. 2020. Primer registro de estromatolitos en el Maastrichtiano tardío del Grupo Chubut, Cuenca del Golfo San Jorge, Patagonia central, Argentina. *Andean Geology*, 47(1), 162–178.
- Casal, G.A., Allard, J.O. y Foix, N. 2015. Análisis estratigráfico y paleontológico del Cretácico superior en la cuenca del Golfo San Jorge: nueva unidad litoestratigráfica para el Grupo Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 72, 77–95.
- Césari, O., Simeoni, A. 1994. Planicies fluvio-glaciares terrazadas y bajos eólicos de la Patagonia Central, Argentina. 13° Symposium Latin-American Geosciences, *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 1, 155–164.
- Clavijo, R., 1986. Estratigrafía del Cretácico inferior en el sector occidental de la Cuenca del Golfo San Jorge. *Boletín de Informaciones Petroleras (Tercera Época)* v. 9, 15–32, Buenos Aires.
- Clyde, W.C., Wilf, P., Iglesias, A., Slingerland, R.L., Barnum, T., Bijl, P.K., Bralower, T.J., Brinkhuis, H., Comer, E.E., Huber, B.T., Ibañez-Mejía, M., Jicha, B.R., Krause, M., Schueth, J.D., Singer, B.S., Raigemborn, M.S., Schmitz, M.D., Sluijs, A. y Zamaloa, M.C. 2014. New age constraints for the Salamanca Formation and lower Río Chico Group in the western San Jorge Basin, Patagonia, Argentina: implications for K/Pg extinction recovery and land mammal age correlations. *Geological Society of America Bulletin* 126, 289–306.
- Comer, E.E., Slingerland, R.L., Krause, J.M., Iglesias, A., Clyde, W.C., Raigemborn, M.S. y Wilf, P. 2015. Sedimentary facies and depositional environments of diverse early Paleocene floras, north-central San Jorge Basin, Patagonia, Argentina. *Palaios* 30, 553–573.
- Cortés, J.M. 1981. El sustrato pre-cretácico del extremo nordeste de la provincia del Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 36(3), 217–235
- Cusminsky, G.C., Carignano, A.P., Pérez Panera, J.P., Nández, C. y De Sosa Tomas, A. 2022. Microfósiles calcáreos. En R. Giacosa (Comp.), *Relatorio del XXI Congreso Geológico Argentino y recursos naturales de la Provincia de Chubut* (pp. 1137–1170). Asociación Geológica Argentina. ISBN 978-987-48319-0-3
- De Sosa Tomas, A., Vallati, P., Casal, G. y Calo, M. 2017. Hojas de angiospermas de la Formación Lago Colhué Huapi (Maastrichtiano), Cuenca del Golfo San Jorge. En A. De Sosa Tomas, G. Casal y Castro, I. (Eds.), *Resúmenes V Jornadas de las Ciencias de la Tierra “Dr. Eduardo Musacchio”* (pp. 37–39). V Jornadas de las Ciencias de la Tierra “Dr. Eduardo Musacchio”, Comodoro Rivadavia, Argentina, 7–9 de junio de 2017.
- Del Fuego, G.M. 1998. Coniferous woods from the Upper Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Revista Española de Paleontología* 13, 43–50.
- del Río, C., Martínez, S., Griffin, M. y De Francesco, C. 2022. Moluscos y equinodermos del Paleógeno-Neógeno. En: Giacosa, R.E. (Ed.), *Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la provincia del Chubut, XXI Congreso Geológico Argentino*, Actas, 950–975 pp., Puerto Madryn.

- Esteban, L.G., de Palacios P., Guindeo, A. y García Fernández, F. 2007. Comparative anatomy of the wood of *Abies pinsapo* and its two Moroccan varieties. *IAWA Journal* 28, 285–299.
- Esteban, L.G., de Palacios P., Guindeo, A., García, L., Lázaro, I., González, L., Rodríguez, Y., García, F., Bobadilla, I. y Camacho, A. 2002. Anatomy and identification of conifers wood as a species. Madrid. Fundación Conde del Valle de Salazar – Mundi Prensa.
- Feijoo, C.E., Ramón Armijos, D., y Pucha Cofrep, D.A. 2018. Guía para cortes anatómicos de la madera. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
- Ferello, R. 1969. Intento de sistematización geocronológica de las rocas eruptivas básicas en sectores de Chubut y Santa Cruz. IV Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 1: 293–310, Mendoza.
- Feruglio, E. 1938. Relaciones estratigráficas entre el Patagoniano y el Santacruciano en la Patagonia Austral. *Revista Museo La Plata (N.S.) 1 Sección Geología* 129–159. La Plata.
- Feruglio, E. 1949. Descripción Geológica de la Patagonia. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Vol. 1, 334 pp., Buenos Aires.
- Figari, E., De la Paz, M. y Laffitte, G. 1996. Modelos de hemigrábenes en el Neocomiano del sector occidental de la Cuenca del Golfo de San Jorge. Argentina: Sistemas petroleros, origen e inversión tectónica. *Boletín de Informaciones Petroleras* 212, 5–18.
- Figari, E., Strelkov, E., Laffite, G., Cid de la Paz, M., Courtade, S., Celaya, J., Vottero, A., Lafourcade, S., Martínez, R. y Villar, H. 1999. Los sistemas petroleros de la Cuenca del Golfo San Jorge: Síntesis estructural, estratigráfica y geoquímica. 4º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Actas, 197–237, Mar del Plata.
- Figari, E.G. y Hechem, J.J. 2021. Cuencas volcano-sedimentarias del Mesozoico. En *Geología y recursos naturales de la provincia del Chubut. Relatorio del XXI Congreso Geológico Argentino* (pp. 129–141). Asociación Geológica Argentina.
- Fitzgerald, M.G., Mitchum, R.M. Uliana, M.A. y Biddle, K.T. 1990. Evolution of the San Jorge Basin, Argentina. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 74, 879–920. Tulsa.
- Foix, N. 2009. Tectónica y sedimentación del registro paleógeno (Formaciones Salamanca y Río Chico) de la Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. Tesis doctoral Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (inédita), 313 pp., Comodoro Rivadavia.
- Foix, N., Allard, J.O., Casal, G.A. y Menegatti, N.D. 2014. Primer registro de pillow lavas en la Cuenca del Golfo San Jorge (Formación Salamanca), Paleoceno inferior, Chubut, Argentina. XIX Congreso Geológico Argentino, Actas, 54–55, Córdoba.
- Foix, N., Krause, J.M., Bellosi, E. y Raigemborn, M.S. 2022. Sedimentitas Paleógenas y Neógenas del Margen Atlántico. Relatorio XXI Congreso Geológico Argentino, Actas, 489–521 pp., Puerto Madryn.
- Foix, N., Ocampo, S.M., Paredes, J.M., Allard, J.O., Giacosa, R.E., González, P.D. y Olazábal, S.X. 2023. Maastrichtian-Danian Northpatagonian rocky shore, Argentina. *Sedimentary Geology* 454, 106463.
- Foix, N., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E. 2008. Paleo-earthquakes in passive margin settings, an example from the Paleocene of the Golfo San Jorge Basin, Argentina. *Sedimentary Geology* 205, 67–78.
- Foix, N., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E. 2012. Upper Cretaceous-Paleocene normal reactivation phase in the Golfo San Jorge Basin (Argentina): growth-fault models, paleoseismicity and paleostress analysis. *Journal of South American Earth Science* 33, 110–118.
- Foix, N., Paredes, J.M. y Giacosa, R.E. 2013. Fluvial architecture variations linked to changes in accommodation space: Río Chico Formation (Late Paleocene), Golfo San Jorge Basin, Argentina. *Sedimentary Geology* 394, 342–355.

- Foix, N., Paredes, J.M., Giacosa, R.E. y Allard, J.O. 2015. Arquitectura estratigráfica del Paleoceno en el flanco norte de la Cuenca del Golfo San Jorge, Patagonia central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 72, 96–106.
- Furque, G. y Camacho, H.H. 1969. El Cretácico superior y Terciario de la Región Austral del Lago Argentino (Provincia de Santa Cruz). *Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas*, 3: 61–75. Buenos Aires.
- Futey, M.K., Gandolfo, M.A. y Zamalao, M.C. 2012. Arecaceae fossil fruits from the Paleocene of Patagonia, Argentina. *Botanical Review* 78, 205–34.
- García Esteban, L. y Gil Sánchez, L.A. 2020. Viaje al centro de la madera. Real academia de ingeniería. Madrid. Depósito legal, M-1916-2020, 1–158.
- Gelfo, J.N., Goin, F.J., Woodburne, M.O. y Muizon, C.D. 2009. Biochronological relationships of the earliest south american paleogene mamalian faunas. *Palaeontology* 52, 251–269.
- Gelfo, J.N., Ortiz-Jaureguizar, E. y Rougier, G.W. 2007. New remains and species of the “condylarth” genus *Escribania* (Mammalia: Didolodontidae) from the Palaeocene of Patagonia, Argentina. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 98, 127–138.
- Gianni, G., Navarrete, C., Orts, D., Tobal, J., Folguera, A., Giménez, M. 2015a. Patagonian broken foreland and related synorogenic rifting: The origin of the Chubut Group Basin. *Tectonophysics* 649, 81–99.
- Gianni, G.M., Navarrete, C.G. y Folguera, A. 2015b. Synorogenic foreland rifts and transtensional basins: A review of Andean imprints on the evolution of the San Jorge Gulf, Salta Group and Taubaté basins. *Journal of South American Earth Sciences* 64, 288–306.
- Haller, M.J., Massaferro, G.I., Alric, V.I., Navarrete, C.R. y Menegatti, N. 2022. Magmatismo básico Cenozoico del centro sur del Chubut. *Relatorio XXI Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Chubut, Actas*: 457–488 pp.
- IAWA Committee. 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal* 25, 1–70.
- Iglesias A, Wilf, P., Stiles, E. y Wilf, R. 2021. Los bosques diversos pero homogéneos del Paleoceno temprano de Patagonia: hojas de Angiospermas de las Formaciones Danianas Salamanca y Peñas Coloradas, Cuenca del Golfo San Jorge, Chubut, Argentina. *Palaeontologia Electronica* 24, 1–88.
- Iglesias, A., Wilf, P., Johnson, K.R., Zamuner, A.B., Cúneo, N.R., Matheos, S.D. y Singer, B.S. 2007. A Paleocene lowland macroflora from Patagonia reveals significantly greater richness than North American analogs. *Geology* 35, 947–950.
- Ihering, H. von. 1907. Les mollusques fossiles du Tertiaire et du Cretace superieur de l'Argentine. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires* (3) VII, Buenos Aires, 611pp.
- Jalfin, G.A., Bellosi, E.S., Sanagua, J. y Villar, H. 1999. Procesos múltiples de migración, alteración y mezcla en petróleos de la Cuenca del Golfo San Jorge: una evaluación geoquímica integrada. 4° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, *Actas*, 445–465, Buenos Aires.
- Jud, N.A., Gandolfo, M.A. y Iglesias, A. 2017. Flowering after disaster: early Danian buckthorn (Rhamnaceae) flowers and leaves from Patagonia. *PLoS ONE* 12, e0176164.
- Jud, N.A., Gandolfo, M.A., Iglesias, A. y Wilf, P. 2018a. Fossil flowers from the early Palaeocene of Patagonia, Argentina, with affinity to Schizomerieae (Cunoniaceae). *Annals of Botany* 121, 431–442.
- Jud, N.A., Iglesias, A., Wilf, P. y Gandolfo, M.A. 2018b. Fossil moonseeds from the Paleogene of west Gondwana (Patagonia, Argentina). *American Journal of Botany* 105, 1–16.

- Krause, J.M., Bellosi, E.S. y Raigemborn, M.S. 2010. Lateritized tephric palaeosols from Central Patagonia, Argentina: a southern high-latitude archive of Palaeogene global greenhouse conditions. *Sedimentology* 57, 1721–1749.
- Legarreta, L. y Uliana, M.A. 1994. Asociaciones de fósiles y hiatos en el Supracretácico-Neógeno de la Patagonia: Una perspectiva estratigráfico-secuencial. *Ameghiniana* 31, 257–281.
- Legarreta, L., Uliana, M. y Torres, M. 1990. Secuencias deposicionales cenozoicas de Patagonia Central: sus relaciones con las asociaciones de mamíferos terrestres y episodios marinos epicontinentales. 3° Simposio del Terciario de Chile. Actas: 135–176. Concepción.
- Lesta, P. 1968. Estratigrafía de la Cuenca del Golfo San Jorge. 3° Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 1: 251-280. Buenos Aires.
- Lesta, P. y Ferello, R. 1972. Región Extraandina del Chubut y norte de Santa Cruz. En: Leanza, A.F. (Ed.), *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, 601–654, Córdoba.
- Malumián, N. 1999. La sedimentación en la Patagonia Extraandina. *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos). Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales, 29, 557–612.
- Malumián, N. y Náñez, C. 2002. Los foraminíferos: su significado geológico y paleoambiental. En: Haller, M.J. (Ed.), *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*, Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires, 481– 494.
- Mamaní, L.A., Ruiz, D.P. y De Sosa Tomas, A. 2025. Primer registro de maderas fósiles de la Formación Salamanca en las nacientes del Río Chico, Provincia del Chubut. En libro de resúmenes: XIII Congreso de la Asociación Paleontológica Argentina, Paraná, Entre Ríos, pp.69.
- Marshall, L.G., Butler, R.F., Drake, R.E. y Curtis, G.H. 1981. Calibration of the beginning of the age of mammals in Patagonia. *Science* 212, 43–45.
- Martínez, G.A. 1992. Paleoambiente de la Formación Salamanca en la Pampa María Santísima, Departamento de Sarmiento, Provincia de Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 47, 293–303.
- Martínez, L.C.A., Leppe, M., Manríquez, L.M.E., Pino, J.P., Trevisan, C., Manfroi, J. y Mansilla, H. 2023. A unique Late Cretaceous fossil wood assemblage from Chilean Patagonia provides clues to a high-latitude continental environment. *Papers in Palaeontology* 9, e1536.
- Matheos, S.D., Brea, M., Ganuza, D. y Zamuner, A.B. 2001. Sedimentología y paleoecología del Terciario inferior en el sur de la provincia del Chubut, República Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 8, 93–104.
- Matheos, S.D., Brea, M., Lourenco, F. y Beilinson, E. 2003. Composition and diagenesis of limestones from Salamanca Formation, Lower Tertiary, southeast of Patagonia, Argentina. 3° Latin American Congress of Sedimentology, Actas, 41, Belem.
- Méndez, I. 1966. Foraminíferos, edad y correlación estratigráfica del Salamanquense de Punta Peligro (45°30'S; 67°11'W), Provincia del Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 21 (2), 127–157.
- Mora Romero, I. 2024. Micropaleontología de la Formación Salamanca en las Nacientes del Río Chico, Provincia del Chubut. Tesis Final de Grado, Departamento de Geología, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (inédita), 86 pp., Comodoro Rivadavia.
- Mora Romero, I., Náñez, C., De Sosa Tomas, A. y Casal, G. 2022. Foraminíferos danianos de la Formación Salamanca en las nacientes del Río Chico, Cuenca del Golfo San Jorge, Chubut, Argentina". En Libro de Resúmenes: Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina, Argentina: Asociación Paleontológica Argentina, 23 al 25 de noviembre de 2022, Salta, Argentina.

- Musacchio, E.A. 1995. Estratigrafía y Micropaleontología del Jurásico y Cretácico en la comarca del Valle Medio del Río Chubut, Argentina. 6° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas: 179–187, Trelew.
- Mustoe, G.E. 2017. Wood petrification: A new view of permineralization and replacement. *Geosciences* 7, 119.
- Náñez, C. 1998. Informe micropaleontológico sobre muestras de las Hojas Las Plumas 4366-3, provincia del Chubut, Bosque Petrificado 4969-4 y Destacamento La María, provincia de Santa Cruz. Servicio Geológico Minero Argentino (inédito), 2 pp., Buenos Aires.
- Náñez, C. y Malumián N. 2008. Paleobiogeografía y paleogeografía del Maastrichtiano marino de Patagonia, Tierra del Fuego y de la Plataforma Continental Argentina basada en foraminíferos bentónicos. *Revista Española de Paleontología* 23, 273–300.
- Navarrete, C.R., Gianni, G.M. y Folguera, A. 2015. Tectonic inversion events in the western San Jorge Gulf Basin from seismic, borehole and field data. *Journal of South American Earth Sciences* 64, 486–497.
- Navarrete, C.R., Gianni, G.M., Massafiero, G.I. y Lastra, M.B. 2026. Slab gap-related intraplate magmatism as a proxy of maximum flat slab extent in Patagonia. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 27, e2025GC012895.
- Nishida, M. 1984. The anatomy and affinities of the petrified plants from the Tertiary of Chile. III. Petrified woods from Mocha Island, Central Chile. En: Nishida, M. (Ed.), *Contributions to the Botany in the Andes I*. Academia Scientific Book Inc, Tokyo, Japan, pp. 96–110.
- Page, C.N. 1990. Podocarpaceae. En: Kubitzki, K., Kramer, K.U., Green, P.S. (Eds.), *The Families and Genera of Vascular Plants, Pteridophytes and Gymnosperms*, vol. 1. Springer-Verlag, pp. 332–346, New York.
- Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. 1995. Production of Jurassic rhyolite by anatexis of the lower crust of Patagonia. *Earth and Planetary Science Letters* 134, 23–26, Amsterdam.
- Pankhurst, R.J., Leat, P.T., Sruoga, P., Rapela, C.W., Márquez, M., Storey, B.C. y Riley, T.R. 1998. The Chon-Aike silicic igneous province of Patagonia and related rocks in Antarctica: A silicic LIP. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 81, 113–136.
- Paredes, J.M., Foix, N., Guerstein, G.R., Guler, M.V., Irigoyen, M., Moscoso, P. y Giordano, S. 2014. Formación El Huemul: registro sedimentario de una transgresión atlántica del Eoceno tardío–Oligoceno temprano en la cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. En *Actas de la XIV Reunión Argentina de Sedimentología* (pp. 214–215). Asociación Argentina de Sedimentología.
- Paredes, J.M., Foix, N. y Allard, J.O. 2016. Sedimentology and alluvial architecture of the Bajo Barreal Formation (Upper Cretaceous) in the Golfo San Jorge Basin: Outcrop analogues of the richest oil-bearing fluvial succession in Argentina. *Marine and Petroleum Geology*, 72, 317–335.
- Paredes, J.M., Foix, N. y Allard, J.O. 2021. Estratigrafía Cretácica de la Cuenca del Golfo San Jorge. *Relatorio XXI Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Chubut*. Puerto Madryn, 2022.
- Paredes, J.M., Foix, N., Colombo Piñol, F., Nillni, A., Allard, J.O. y Marquillas, R.A. 2007. Volcanic and climatic controls on fluvial style in a high-energy system: The Lower Cretaceous Matasiete Formation, Golfo San Jorge basin, Argentina. *Sedimentary Geology* 202, 96–123.
- Passalia, M.G., Garrido, A., Iglesias, A. y Vera, E.I. 2023. The Valcheta Petrified Forest (Upper Cretaceous), northern Patagonia, Argentina: A geological and paleobotanical survey. *Cretaceous Research* 142, 105395.

- Petriella, B. 1972. Estudio de maderas petrificadas del Terciario Inferior del área central de Chubut (Cerro Bororó). Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie), Sección Paleontología 6, 159–254.
- Philippe, M. y Bamford, M.K. 2008. A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. Review of Palaeobotany and Palynology 148, 184–207.
- Pujana, R.R. 2009. Fossil woods from the Oligocene of southwestern Patagonia (Río Leona formation). Atherospermataceae, Myrtaceae, Leguminosae and Anacardiaceae. Ameghiniana 46, 523–535.
- Pujana, R.R. 2022. Fossil Woods from Argentina (1884–2021). Revista del Museo Argentina de Ciencias Naturales n.s. 24, 217–240.
- Pujana, R.R., Santillana, S.N. y Marensi, S.A. 2014. Conifer fossil woods from the La Meseta Formation (Eocene of Western Antarctica): Evidence of Podocarpaceae dominated forests. Review of Palaeobotany and Palynology 200, 199–204.
- Pujana, R.R. y Ruiz, D.P. 2017. *Podocarpoxylon* Gothan reviewed in light of a new species from the Eocene of Patagonia. IAWA Journal 38, 220–244.
- Raigemborn, M.S., Brea, M., Zucol, A y Matheos, S. 2009. Early Paleogene climate at mid latitude in South America: Mineralogical and paleobotanical proxies from continental sequences in Golfo San Jorge basin (Patagonia, Argentina). Geologica Acta 7(1–2), 125–145.
- Raigemborn, M.S., Krause, J.M., Bellosi, E. y Matheos, S.D. 2010. Redefinición estratigráfica del Grupo Río Chico (Paleógeno Superior), en el norte de la Cuenca del Golfo San Jorge, Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina 67, 239–256.
- Ramos, V.A. 1976. Estratigrafía de los Lagos La Plata y Fontana, Provincia del Chubut. Rep. Argentina. Actas I Congreso Geológico Chileno, Santiago, IA, pp. 43–64.
- Rombola, C.F., Greppi, C.D., Pujana, R. R., García Massini, J. L. G., Bellosi, E. S., y Marensi, S. A. 2022. *Brachyoxylon* fossil woods with traumatic resin canals from the Upper Cretaceous Cerro Fortaleza Formation, southern Patagonia (Santa Cruz Province, Argentina). Cretaceous Research 130, 105065.
- Rombola, C.F., Pujana, R.R., Greppi, C.D., Ruiz, D.P. y Ghiglione, M. 2025. Nuevo registro de *Podocarpoxylon mazzonii* en la Formación La Anita (Cretácico Superior), Patagonia Austral. XIII Congreso de la Asociación Paleontológica Argentina. Paraná-Entre Ríos, pp. 71.
- Romero, E.J. 1968. *Palmoxylon patagonicum* n. sp. del Terciario Inferior de la provincia del Chubut, Argentina. Ameghiniana 5, 417–32.
- Ruiz, D.P., Brea, M., Raigemborn, M.S. y Matheos, S.D. 2017. Conifer woods from the Salamanca Formation (early Paleocene), central Patagonia, Argentina: Paleoenvironmental implications. Journal of South American Earth Sciences 76, 427–445.
- Ruiz, D.P., Pujana, R.R. y Brea, M. 2024. Paleocene fossil wood from Patagonia with storied rays and comments on the fossil record of this character. IAWA Journal 45, 27–46.
- Ruiz, D.P., Pujana, R.R., y Brea, M. 2021. Early Miocene paleoclimate in southern Patagonia inferred from fossil woods. Review of Paleobotany and Palynology 290, 104420.
- Ruiz, D.P., Raigemborn, M.S., Brea, M. y Pujana, R.R. 2020. Paleocene Las Violetas Fossil Forest: Wood anatomy and paleoclimatology. Journal of South American Earth Sciences 98, 102414.
- Ruiz, D.P., Raigemborn, M.S., Pujana, R.R., Martínez, L.C.A., Matheos, S.D. y Brea, M. 2025a. Fossil woods from the early Paleocene of the Cerro Bororó Formation (central Argentine Patagonia): systematics and palaeoenvironmental considerations. Botanical Journal of the Linnean Society 209, 406–429.

- Ruiz, D.P., Villegas, P.M., Greppi, C.D., Espinoza, N.E., Umazano, A.M., Pujana, R.R., y Brea, M. 2025b. Conifer fossil woods from the Upper Cretaceous of Bororó Hill Region (Chubut Province, Argentina). *Ameghiniana*, 62, 339–353.
- Sciutto, J.C. 1981. Geología del Codo del Río Senguer, Chubut, Argentina. VIII Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 203–219, San Luis.
- Sciutto, J.C., Césari, O. e Iantanos, N. 2008. Hoja Geológica 4569-IV, Escalante, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 351, pp. 85, Buenos Aires.
- Sciutto, J.C., Césari, O., Escribano, V. y Pezucchi, H. 2000. Hoja Geológica 4566-III, Comodoro Rivadavia, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 351, pp. 60, Buenos Aires.
- Simeoni, A. 2008. Mesetas y bajos de la Patagonia central extraandina. La Inversión del Relieve. En: Sitios de Interés Geológico de la República Argentina. Servicio Geológico Minero Argentino. Tomo II–Sur, 729–745.
- Somoza, R., Cladera, G. y Archangelsky, S. 1995. Una nueva taoflora paleocena de Chubut, Patagonia. Su edad y ambiente de depositación. VI Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas: 265–269, Trelew.
- Stipanovic, P.N. 1957. El Complejo Porfírico de la Patagonia Extraandina y su fauna de anuros. *Acta Geológica Lilloana* 1, 185–297.
- Sylwan, C. A. 2001. Geología de la Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27, 123–157.
- Uliana, M.A., Legarreta, L., Laffitte, G.A. y Villar, H.J. 2014. Estratigrafía y geoquímica de facies generadoras en las cuencas petrolíferas de Argentina. 9° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Simposio de Reservorios No Convencionales, 3–92, Mendoza.
- Vallati, P., Casal, G., Foix, N., Allard, J., De Sosa Tomas, A. y Calo, M. 2016. First report of a Maastrichtian palynoflora from the Golfo San Jorge Basin, central Patagonia, Argentina. *Ameghiniana* 53, 495–505.
- Vallati, P., De Sosa Tomas, A. y Casal, G.A. 2020. A Maastrichtian terrestrial palaeoenvironment close to the K/Pg boundary in the Golfo San Jorge Basin, Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 97, 102401.
- Vallati, P., De Sosa Tomas, A., Casal, G. y Calo, M. 2017. Salviniales from the Late Cretaceous of the Golfo San Jorge Basin. *Cretaceous Research* 74, 45–55.
- Vera, E., Loinaze Pérez, V. y Llorens, M. 2024. New paleobotanical data from the Puntudo Chico Formation (uppermost Cretaceous), Chubut Province, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 26, 1–10.
- Vera, E.I., Pérez Loinaze, V.S., Llorens, M., Páez, M. y Passalia, M.G. 2019. Fossil woods with coniferalean affinities from the Upper Cretaceous (Campanian–Maastrichtian) Puntudo Chico Formation, Chubut Province, Argentina. *Cretaceous Research* 99, 321–333.
- Villegas, P.M., Umazano, A.M., Krause, J.M., y Brea, M. 2024. Campanian conifer woods from Estancia La Aurora, Cañadón Asfalto Basin, Patagonia Argentina. *Cretaceous Research* 154, 105737.
- Volkheimer, W., Scafati, L. y Melendi, D.L. 2007. Palynology of a Danian warm climatic wetland in Central Northern Patagonia, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 39, 117–34.