

DOCTORADO EN BIOLOGÍA

TRABAJO DE TESIS

ESTUDIOS XILOTAFOFLORÍSTICOS DEL NEÓGENO
DE LOS VALLES CALCHAQUÍES, ARGENTINA

 SALTA, TUCUMÁN, CATAMARCA Y LA RIOJA



JOHANNA SOLEDAD BAEZ

Lic. en Ciencias Biológicas

Director: Dra. Alexandra Crisafulli
Co-Director: Dr. Leandro C. A. Martínez



CONICET



C E C O A I



*A la memoria de Raquel, mi hermana y mi compañera
durante 33 años, ahora...mi ángel guardián.*

ÍNDICE

Agradecimientos	I
Resumen	IV
Abstract	VI

CAPÍTULO 1

1. Introducción	2
2. Hipótesis	3
3. Objetivo general	3
4. Objetivos particulares	3
5. Antecedentes	3

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	9
Aspectos geológicos	10
1. Grupo Payogastilla	10
Formación Palo Pintado	10
Formación San Felipe	14
2. Grupo Santa María	15
Formación San José	19
Formación Las Arcas	20
Formación Chiquimil	21
Formación Andalhuala	24
Formación Corral Quemado	24
Formación Yasyamayo	26
3. Cuenca del Bolsón de Fiambalá	26
Formación Tambería	27

4.	Cuenca de Vinchina	30
	Formación Vinchina	31
	Formación Toro Negro	32

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS	36
1. Tareas de campo	36
1.2. Procedencia geográfica y estratigráfica de las muestras analizadas	37
2. Tareas de laboratorio	38
2.1. Repositorio	38
2.2. Descripción de las técnicas	38
2.3. Mediciones, terminología e identificación taxonómica	39
2.4. Análisis de datos e ilustración	40
3. Atributos morfológicos de interés tafonómico	40
4. Caracteres anatómicos utilizados para la identificación de maderas de angiospermas	41
Corte transversal	41
Corte longitudinal radial	43
Corte longitudinal tangencial	43
Estructura estratificada	43
Tipos de punteaduras	43
Fibras	43
5. Caracteres anatómicos que evidencian adaptación y aclimatación en maderas de angiospermas	44
6. Aplicación de índices ecológicos	44

CAPÍTULO 4

RESULTADOS	50
Listado de las especies estudiadas	50

Gymnospermae	52
Características y algunos registros fósiles en Argentina	52
Orden Pinales (Dumortier) Gorozhankin 1904	54
Familia Podocarpaceae Endlicher 1847	54
Género <i>aff. Circoporoxylon</i> (Kräusel) Kräusel & Jain 1963	54
Angiospermae	60
Clasificación y orígenes	60
Orden Arecales Bromhead 1840	60
Familia Arecaceae Berchtold & Presl <i>nom. cons.</i> 1820	60
Género <i>Palmoxylon</i> Schenk 1882	62
Eudycotiledoneae <i>sensu</i> Chase <i>et al.</i> 2016	66
Orden Fabales <i>sensu</i> Chase <i>et al.</i> 2016	66
Familia Leguminosae <i>sensu</i> Nasim <i>et al.</i> 2017	66
<i>Nov. gen. et sp.</i> 1	66
Género <i>Peltophoroxylon</i> Müller-Stoll & Mädél 1967	70
<i>Peltophoroxylon variegatum</i> (Ramanujam) Müller-Stoll & Mädél 1967	70
<i>Peltophoroxylon indicum</i> (Ramanujam) Müller-Stoll & Mädél 1967	70
Género <i>Paracacioxylon</i> Müller-Stoll & Mädél 1967	73
<i>Paracacioxylon odonelli</i> Müller-Stoll & Mädél 1967	73
Género <i>Paraalbizioxylon</i> (Gros) emend. Martínez 2014	79
<i>Paraalbizioxylon bavaricum</i> (Gros) emend. Martínez 2014	79
<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i> Martínez 2014	79
Género <i>Paraalbizioxylon cienense</i> Cevallos-Ferriz & Barajas-Morales 1994	84
Género <i>Menendoxylon</i> Lutz 1979	87
<i>Menendoxylon vasallensis</i> Lutz 1979	87
Género <i>Menendoxylon lutzi</i> Baez & Crisafulli 2021	90
Género <i>Gleditsioxylon</i> Müller-Stoll & Mädél 1967	93
<i>Gleditsioxylon columbianun</i> Müller-Stoll & Mädél 1967	93
<i>Gleditsioxylon nov. sp.</i> 1	93

<i>Gleditsioxylon fiambalense</i> Baez 2021	97
Género <i>Mimosoxylon</i> Müller-Stoll & Mädel 1967	102
<i>Mimosoxylon tenax</i> (Felix) Müller-Stoll & Mädel 1967	102
Género <i>Piptadenioxylon</i> Suguio & Mussa 1978	105
<i>Piptadenioxylon chimeloi</i> Suguio & Mussa 1978	105
Orden Oxalidales <i>sensu</i> Chase <i>et al.</i> 2016	108
Género <i>Elaeocarpoxyton</i> (Prakash & Dayal 1963) Prakash & Tripathi 1973	108
<i>Elaeocarpoxyton antiquum</i> (Prakash & Dayal) Prakash & Tripathi 1973	108
<i>Elaeocarpoxyton sloaneoides</i> Petriella 1972	108
Orden Malvales Berchtold & Presl 1820	112
Género <i>Bastardioxylon</i> Baez & Crisafulli 2021	112
<i>Bastardioxylon antiqua</i> Baez & Crisafulli 2021	112
Orden Lamiales Bromhead 1838	116
<i>Nov. gen. et. sp. 2</i>	116
<i>Nov. gen. et. sp. 3</i>	120
Orden Myrtales	123
Familia Combretaceae Brown 1810	123
Género <i>Terminalioxylon</i> Schönfeld 1947	123
<i>Terminalioxylon nov. sp. 1</i>	123
<i>Terminalioxylon nov. sp. 2</i>	127
Material indeterminado	130
1. Cuenca de Vinchina	130
2. Grupo Santa María	132
3. Grupo Payogastilla	132

CAPÍTULO 5

CONSIDERACIONES Y ANÁLISIS DE LAS ASOCIACIONES

XILOTAFOFLORÍSTICAS DE LAS FORMACIONES ESTUDIADAS	137
I. Composición xilotafoflorística	137

II. Consideraciones bioestratigráficas	155
III. Consideraciones anatómicas y evolutivas de las xilotaofloras estudiadas	157
IV.1 Xilotaoflora de la Formación San José	162
IV.2 Xilotaoflora de la Formación Chiquimil	163
IV.3 Xilotaoflora de la Formación Andalhuala	163
IV.4 Xilotaoflora de la Formación Corral Quemado	164
IV.5 Xilotaoflora de la Formación Palo Pintado	165
IV.6 Xilotaoflora de la Formación Tambería	166
IV.7 Xilotaoflora de la Formación Vinchina	167

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES	169
--------------------	-----

CAPÍTULO 7

BIBLIOGRAFÍA	173
--------------------	-----

AGRADECIMIENTOS

Empecé a transitar el camino en la Paleoxilología y con esta contribución en el año 2016, ya han pasado algunos años y es por ello que debo agradecer a tantas personas.

En primer lugar, quisiera dedicarle unas líneas a mi directora Alexandra Crisafulli, gran persona, investigadora, mi mamá putativa, sin duda abrió las puertas de su laboratorio y me sumergió al mundo de las maderas fósiles. Para mí fue un disfrute todos estos años a su lado. Paciencia, sabiduría, dedicación, amor y pasión son virtudes que la caracterizan y la hacen una persona muy especial en mi vida; Profe: gracias por ser mi guía en este camino.

A mi co-director, el Dr. Leandro Martínez, por compartir conmigo sus conocimientos, sus valiosas sugerencias y el estímulo para avanzar.

Agradezco a la Dra. Silvia Césari por haberme dado la oportunidad de ser su becaria doctoral y sus valiosos aportes para la elaboración de la tesis, así como su cálida compañía.

Con un recuerdo muy especial dedico unas palabras al Dr. Rafael Herbst, a quien he extrañado todo este tiempo y ha sido un gran director para mí, gracias por enseñarme a entender la belleza y la simplicidad del noroeste argentino, le mando un beso muy grande allá arriba.

Gracias también al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) que mediante la Beca Interna Doctoral me ha posibilitado efectuar toda la investigación cuyos resultados aquí se presentan. Extiendo mi agradecimiento a la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste, por los proyectos que permitieron en parte el preparado del material y salidas de campaña a los distintos sitios de muestreo.

Mi reconocimiento para las sucesivas autoridades del CECOAL-CONICET-UNNE: Dres. Juan José Neiff, Oscar Orfeo, Oscar Gallego y Alfredo Zurita quienes me permitieron trabajar en esas instalaciones para cumplir con las tareas que me facilitaron realizar esta tesis.

Agradezco además a la Dra. Claudia Galli, a los Dres. Hugo Carrizo, Ricardo Bonini, Pablo Ortíz, Daniel García López y al químico, Pablo Barrios un aficionado a los fósiles por sus gestos desinteresados en brindarme excelente material de estudio, mi agradecimiento por la confianza que pusieron en mí.

A la Dra. Silvia Gnaedinger por facilitarme bibliografía de su hemeroteca, así como sus sugerencias y atención; extendiendo este agradecimiento a las Dras. Lilia Mautino y Silvina Garralla por la cordialidad recibida.

A la Dra. Susana Morton por acompañarnos en las campañas y ayudar a ubicarnos; cuán importante fue para nosotras su compañía.

A la Dra. R. Soledad Ramos por brindarme generosamente su conocimiento y sugerencias al observar las muestras.

Al Dr. Roberto Pujana por la atención prestada en cuestiones técnicas del material.

A mis compañeras de todos los días, las chicas del Laboratorio 13 del Grupo Paleoxilología del CECOAL-CONICET-UNNE por su camaradería, colaboración y predisposición: Mercedes Martinez, Valeria Leiva Verón, Paola Zuliani, Laura Vallejos Leiz y al señor Lucas López, compañero inestimable de las campañas al NOA.

De forma especial manifiesto mi agradecimiento a todos mis compañeros del Área de Paleontología del CECOAL-CONICET-UNNE quienes crearon un ambiente agradable en las horas compartidas. Ellos son: Fran Cuadrelli, Sofi Quiñones, Silvi Contreras, Ceci Méndez, Alizia Nuñez Blasco, Vero Espíndola, Dani Barasoain, Humberto Smichowski, Nacho Contreras, Juan Ma Robledo, Carlos Luna, Pedro Cuaranta, Belén Zamudio, Vicky Jiménez, Iracema Zacarías, Belén Lara, Lionel Fernández Pacella, Claudia Lovera, Ezequiel Farrell, Alejandra Villalba, Noemí Gómez, Yani Horn, Ángel Miño Boilini, Mateo Monferrán, Romina González, Omar Saucedo, Noe Volpe y Nati González.

No puedo dejar de mencionar a las personas que me ayudaron “sin condiciones” en la realización de las láminas y mapas. Ellos son: M. Laura Sánchez Negrette, Darío Larrea, Nacho Contreras, Humberto Smichowski y Cecilia Escalante.

Mi agradecimiento a los señores Ricardo y Omar Domínguez (técnicos de cortes de UNSA) como así también al señor César Remesal, técnico de Conicet del taller de cortes (UBA) y el sr. Ricardo Ponti (técnico particular) por la preparación de los cortes petrográficos.

Aprecio cada una de las posibilidades de contactarme con diferentes personas y asistir a diversas instituciones que contribuyeron a la culminación de este trabajo: Museo Argentino de Ciencias Naturales B. Rivadavia (Buenos Aires), Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (Entre Ríos), Universidad Nacional de Salta (UNSA, Salta) y Fundación Miguel Lillo (Tucumán) donde me recibieron cálidamente.

Al señor Pedro, CPA de CECOAL-CONICET-UNNE, gracias por brindarme su cariño y de vez en vez alguna plantita para alegrar mi escritorio.

No puedo dejar de agradecer a mi familia. A mis papás Julio y Lucila, quienes me contuvieron y apoyaron en toda mi vida, enseñándome los valores de la perseverancia, el amor y la dedicación, Dios me sonrío con ustedes dos.

A mis dos hermanos: Raquel y Juan (Tito) y a los hermanos que me regaló la vida: Nati, Andrés y Fran, gracias a los 5 por amarme sin condiciones.

A mis sobrinos: Felicitas, Jerónimo, Juan Cruz, Ana Paula, Emma y Julieta por el cariño y su alegría que me equilibran permanentemente.

A una persona muy significativa en mi vida, Juan.

A mis amigos de siempre, los que brillan más que el oro: Eve , Andrés, Fran, Sofi Vera, Ceci, Claudia

y Cyn, Susi, Lili, Marina, Sofi Quiñones, Silvi, Ceci, Nacho, Agustina, Anita, Vane y Juanjo, Romi, Mari-sol, Orne y Dario, Dari, Carlos (Trucho), José (Chato), Merce, Claudia (negris), Ale, Giovi, Debo, Nieves, Lucas, Dio, Mati, Belén, Andrea, Daya, Marcela, Iván, Ariel, Sofia Avellaneda, Pablo, Adri y Marce, Vale que me brindaban las horas de recreo más divertidas.

Mi recuerdo afectuoso para mis tías Lili, Leonor y Mabel y mis tíos Victor, Neco y Nene que me transmiten su afecto y me incentivan a seguir adelante.

A las personas que se volvieron amigos todo terreno y en algunos casos familia: Rosita Romero, Edgardo Cuadrelli y Silvia Corral, Mirta y Cachito Romero Fracalossi, Chito Sandoval, Eli, Julio y Blanca Gómez Luna, Maggie, Rodri, Jime y Coty Yañez Calderón, Paula Ríos y Ariadna Acosta.

Al cariño permanente de Alhena y Cooper.

¡¡¡Cuántos seres maravillosos has puesto en mi vida, mi amado Dios!!!

En esta instancia, quiero reconocer la labor minuciosa y detallada de las Dras. Mariana Brea, Silvia Gnaedinger y el Dr. Roberto Pujana, revisores de este trabajo, quienes con sus cuidadosos análisis contri-buyeron a mejorar la calidad de este, para mí, preciado manuscrito; es por ello que valoro su accionar.

RESUMEN

Este trabajo tiene por finalidad dar a conocer la composición xilotafoflorística de diversas formaciones neógenas del noroeste argentino y establecer comparaciones con otras lignofloras coetáneas que permitieron así arribar a consideraciones evolutivas, paleoecológicas y paleoclimáticas. Merece señalarse que es el primer trabajo integrado de las xilofloras de la región ya que se contaba hasta la fecha con una información saltuaria de las mismas. Los materiales analizados en este trabajo pertenecen a las Colecciones Paleontológicas de la UNNE “Dr. Rafael Herbst” Sección Paleobotánica, bajo el acrónimo CTES-PB y CTES-PMP y están depositados en el Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL-CONICET-UNNE), Corrientes y en la Colección Paleobotánica LIL PB de la Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. Como resultado del estudio se determinó el contenido xilológico de las siguientes formaciones involucradas: en la provincia de Salta, una Leguminosae en la Formación Palo Pintado (Grupo Payogastilla), *Piptadenioxylon chimeloi* Suguio & Mussa. En las provincias de Catamarca y Tucumán se analizaron las maderas de las formaciones que integran el Grupo Santa María que muestran una xilotafoflora diversa. La Formación San José con ejemplares de Leguminosae: *Peltophoroxylon indicum* (Ramanujam) Müller-Stoll & Mädél y un género y especie nueva de esta familia y otra de Bignoniaceae, sumándose una Combretaceae con dos nuevas especies de *Terminalioxylon* Schönfeld. En la Formación Chiquimil se hallaron otros ejemplares de Leguminosae *Paraalbizioxylon caccavariae* Martínez, *Menendoxylon vasallensis* Lutz y en el marco del desarrollo de esta tesis, dos nuevos taxones: *Menendoxylon lutzi* Baez & Crisafulli y el registro más antiguo de Malvaceae: *Bastardioxylon antiqua* Baez & Crisafulli. La asociación xilológica que caracteriza a la Formación Andalhuala está compuesta por leguminosas: *Paracacioxylon odonelli* Müller-Stoll & Mädél, *Paraalbizioxylon caccavariae* Martínez, *Paraalbizioxylon cienense* Cevalloz-Ferriz & Barajas-Morales, *Gleditsioxylon fiambalense* Baez y una nueva especie de este género; una Elaeocarpaceae: *Elaeocaarpoxylon sloaneoides* Petriella y acompañan a esta asociación ejemplares de monocotiledóneas: *Palmoxylon romeroi* Franco, Brea & Herbst (Arecaceae). La Formación Corral Quemado alberga especies de *Paracacioxylon odonelli* Müller-Stoll & Mädél, *Mimosoxylon tenax* (Felix) Müller-Stoll & Mädél y el único registro de una gimnosperma de la familia Podocarpaceae: *Circoporoxylon krausellii* Martínez & Lutz. Es interesante destacar el primer hallazgo de un fósil en la Formación Tambería (Cuenca del Bolsón de Fiambalá) con *Gleditsioxylon fiambalense* Baez. En la provincia de La Rioja, donde aflora la Formación Vinchina (de la cuenca homónima), se describe el primer registro de una Bignoniaceae con un nuevo género y especie. Las maderas halladas y analizada de la Formación Las Arcas no conservaron los caracteres diagnósticos. Por otra parte, algunas de las colectadas en las formaciones Palo Pintado y San Felipe (ambas del Grupo Payogastilla) y las de Toro Negro (Cuenca de Vinchina) no pudieron determinarse debido a la preservación deficiente, sin embargo, el análisis de las maderas de Palo Pintado permitió hacer consideraciones acerca de sus atributos morfológicos de interés tafonómico. Las formaciones analizadas comparten taxones con otras coetáneas de Argentina (Corrientes, Entre Ríos, y Santiago del Estero), Brasil y Colombia. Las paleoxilofloras más heterogéneas en cuanto a su composición son las provenientes de las formaciones San Jose, Chiquimil y Andalhuala.

huala. Predominan los leños con placas de perforación simples, punteaduras alternas, elementos de vasos cortos, parénquima paratraqueal vasicéntrico y radios sin estratificación. Estos rasgos permitieron inferir que se trataban de xilofloras con caracteres anatómicos evolucionados y que a partir de los resultados obtenidos con los índices de vulnerabilidad (IV) y mesomorfía (IM) pueden considerarse a estos ejemplares como especies mesomórficas. Los datos aportados por la sedimentología y el contenido paleobotánico de estas unidades estratigráficas son corroborados por el análisis de los caracteres anatómicos que sugieren un clima cálido y húmedo estacionalmente seco. Desde un punto de vista paleoecológico, esto se ve confirmado por la presencia de coprolitos y elementos fúngicos en el xilema de los leños de las formaciones Chiquimil y Palo Pintado que proporciona datos sobre las condiciones de humedad y temperatura favorables para su colonización. Se concluye así que, a través de esta contribución se caracterizaron las asociaciones xilológicas del Neógeno del noroeste argentino, ampliando el espectro botánico conocido y estableciendo su afinidad botánica actual a la vez que se continuó generando colecciones de fósiles para enriquecer el patrimonio paleontológico de la Nación.

ABSTRACT

The purpose of this work is to announce the xylotaphofloristic composition of various Neogene formations in northwestern Argentina and to establish comparisons with other contemporary lignofloras allowing us to arrive at evolutionary, paleoecological, and paleoclimatic considerations. It is worth mentioning that it is the first integrated work on the xylofloras of the region, there was already information on their saltuaria. The materials analyzed in this work belong to the Paleontological Collections of the UNNE “Dr. Rafael Herbst” Paleobotanical Section, under the acronym CTES-PB and CTES-PMP and are deposited in the Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL-CONICET-UNNE), Corrientes, and the LIL PB Paleobotanical Collection of the Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. As a result of the study, the xylological content of the following formations involved was determined: in the province of Salta, the record of a Leguminosae in the Palo Pintado Formation (Payogastilla Group), *Piptadenioxylon chimeloi* Suguio & Mussa, is disclosed. The woods of the formations that integrate the Santa María Group in the provinces of Catamarca and Tucumán were analyzed showing a diverse xylotaphoflora. The San José Formation with specimens of Leguminosae: *Peltophoroxylon indicum* (Ramanujam) Müller-Stoll & Mädel and a new genus and species of this family and another of Bignoniaceae, adding a Combretaceae with two new species of *Terminalioxylon* Schönfeld. Other specimens of Leguminosae *Paraalbizioxylon caccavariae* Martínez, *Menendoxylon vasallensis* Lutz were found in the Chiquimil Formation, and within the framework of the development of this thesis, two new taxa: *Menendoxylon lutzi* Baez & Crisafulli and the oldest record of Malvaceae: *Bastardioxylon antiqua* Baez & Crisafulli. The xylological association that characterizes the Andalhuala Formation is composed of legumes: *Paracacioxylon odonelli* Müller-Stoll & Mädel, *Paraalbizioxylon caccavariae* Martínez, *Paraalbizioxylon cienense* Cevalloz-Ferriz & Barajas-Morales, *Gledit-sioxylon fiambalense* Baez, a new species of this genus; an Elaeocarpaceae: *Elaeocaarpoxylon sloaneoides* Petriella and accompanying this association are monocot specimens: *Palmoxylon romeroi* Franco, Brea & Herbst (Arecaceae). The Corral Quemado Formation hosts species of *Paracacioxylon odonelli* Müller-Stoll & Mädel, *Mimosoxylon tenax* (Felix) Müller-Stoll & Mädel and the only record of a gymnosperm of the Podocarpaceae family: *Circoporoxylon krausellii* Martínez & Lutz. It is interesting to note that in this work the first finding of a fossil in the Tambería Formation (Fiambalá Basin) with Baez was reported. In the province of La Rioja, where the Vinchina Formation (from the homonymous basin) outcrops, the first record of a Bignoniaceae with a new genus and species is described. The fossil woods found in the Las Arcas Formation were not preserved. On the other hand, some of those collected in the Palo Pintado and San Felipe formations (both of the Payogastilla Group) and those of Toro Negro (Vinchina Basin) could not be determined due to poor preservation. Nevertheless, the analysis of the woods of Palo Pintado allowed making considerations about the morphological attributes of taphonomic interest that they showed. The analyzed formations share taxa with other contemporaries from Argentina (Corrientes, Entre Ríos, and Santiago del Estero), Brazil, and Colombia. The most heterogeneous paleoxyloflora in terms of composition are those from the San José, Chiquimil and Andalhuala formations. Woods with simple perforation plates, alternate

pits, short vessel elements, vasicentric paratracheal parenchyma, and unstratified rays predominate. These features allowed us to infer that they were xylofloras with evolved anatomical characters and that, based on the results obtained with the vulnerability (VI) and mesomorphy (MI) indices, these specimens can be considered as mesomorphic species. The data provided by the sedimentology and the paleobotanical content of these stratigraphic units are corroborated by the analysis of the anatomical characteristics that suggested a hot and humid seasonally dry climate. From a paleoecological point of view, this is confirmed by the presence of coprolites and fungal elements in the xylem of woods from the Chiquimil and Palo Pintado formations, which provided data on the humidity and temperature conditions favorable for their colonization. It is concluded that through this contribution, the xylological associations of the Neogene of northwestern Argentina were characterized, expanding the known botanical spectrum and establishing its current botanical affinity while continuing to generate fossil collections to enrich the paleontological heritage of the country.



CAPITULO 1

Presentación y descripción de la tesis

CAPÍTULO 1

PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA TESIS

1. INTRODUCCIÓN

Las maderas fósiles constituyen un interesante testimonio de la vida en edades pasadas. El estudio de las mismas brinda la información necesaria para conocer cómo han evolucionado los paisajes y los ecosistemas a lo largo de la historia del planeta.

La paleoxilología es una rama de la Paleontología que trata sobre el estudio de las maderas fósiles, analizando su morfología y anatomía, estableciendo comparaciones, extrayendo la información brindada por los anillos de crecimiento y por las adaptaciones anatómicas al ambiente, datos que son corroborados con la información sedimentológica.

Este trabajo tiene por objetivo aportar información sobre las características anatómicas y determinación sistemática de 30 ejemplares de maderas neógenas de angiospermas de 16 sitios fosilíferos en el noroeste argentino, halladas en los grupos Payogastilla y Santa María y en las cuencas de Bolsón de Fiambalá y Vinchina. La posibilidad de reconstruir el ambiente donde se desarrolló esa vegetación arborea hace de este estudio una contribución importante al conocimiento de la paleoxiloflora de esta región y consecuentemente ampliar el espectro botánico conocido.

Este trabajo aborda una secuencia de temas que se detallan a continuación en los siguientes párrafos.

En primer lugar, se hace referencia a los antecedentes en el estudio de maderas del Neógeno de Argentina. A continuación, un capítulo detallando los datos geológicos más relevantes de las zonas de muestreo, mencionando las características, el contenido paleontológico y la edad de cada formación.

En el capítulo Materiales y Métodos se menciona la procedencia geográfica y la proveniencia estratigráfica de las maderas, así como la metodología de laboratorio. También se señalan las características diagnósticas para la determinación de las maderas neógenas y los criterios sistemáticos tenidos en cuenta para ello. Se destaca la aplicación de diversos índices que brindan un dato adicional para inferir el paleoclima imperante en el periodo analizado. También se nombran los atributos morfológicos de interés tafonómico en los fósiles observados.

En el capítulo 4, se hace énfasis en las descripciones anatómicas, determinaciones sistemáticas de los leños y su registro previo en otras formaciones geológicas. Seguidamente en el capítulo 5, se elabora un análisis xilotafoflorístico de las asociaciones estudiadas estableciendo comparaciones entre ellas y con otras paleofloras neógenas coetáneas, lo que permitió hacer consideraciones paleoecológicas, paleoclimáticas y evolutivas. La suma de todos los datos obtenidos permite formular las conclusiones, en el capítulo 6, las que ratifican la valiosa información que contiene el registro fósil de las maderas neógenas.

Hago mías las palabras de Diego Golombek en Ruiz (2014) para aplicarlas aquí “*basta con abrir los ojos, mirar mucho, y si es posible, tener una piqueta para rascar un poco la superficie y encontrarnos con...*”

2. HIPÓTESIS

- Las xilotafofloras neógenas del noroeste argentino están compuestas por diversos grupos de angiospermas, cuyo análisis permite obtener resultados taxonómicos, paleoclimáticos y paleoambientales. Asimismo, la caracterización de las asociaciones conduce a establecer comparaciones con otras xilotafofloras coetáneas.

3. OBJETIVO GENERAL

- Analizar las xilotafofloras de once formaciones neógenas del noroeste argentino, para inferir consideraciones taxonómicas, bioestratigráficas y paleocológicas.

4. OBJETIVO PARTICULARES

- Estudiar anatómicamente maderas fósiles del Neógeno de los valles Calchaquíes (Catamarca, Tucumán y Salta) y de la provincia de La Rioja.
- Identificar taxonómicamente los ejemplares fósiles de todas las unidades estratigráficas involucradas en esta contribución.
- Determinar su posible afinidad con taxones actuales.
- Elaborar inferencias paleoambientales a partir de elementos anatómicos que impliquen datos fisiológicos con la aplicación de parámetros estadísticos.
- Hacer correlaciones bioestratigráficas de los taxones fósiles y señalar su distribución geográfica.
- Analizar los rasgos diagnósticos para establecer algunas consideraciones evolutivas de los grupos involucrados.

5. ANTECEDENTES

Secretos en las montañas....

En este trabajo se da a conocer el estudio anatómico y sistemático de las maderas fósiles que conformaron principalmente “el bosque de los valles Calchaquíes” y otros sitios desarrollados en el Neógeno. Pero antes, se mencionan algunos conceptos de distintos autores referidos a términos nomenclaturales de

la escala geológica.

El geólogo italiano Giovanni Arduino (1714-1795) propuso los términos Primario, Secundario, Terciario y Cuaternario para dividir la historia de la Tierra.

El término Neógeno fue propuesto por Moritz Hörnes (1853) para englobar el Mioceno y el Plioceno en el periodo Terciario. El Cuaternario integraba las series: Pleistoceno y Holoceno.

Empero, Berggren *et al.* (1995) recomendaron abandonar los términos Terciario y Cuaternario de la escala de tiempo geológico y extender el período Neógeno hasta la actualidad. Actualmente, la escala geológica divide la era Cenozoica en los sistemas Paleógeno, Neógeno y Cuaternario (Cohen *et al.* 2013: en adelante). El Neógeno incluye el Mioceno (23,03-5,33 Ma.) y Plioceno (5,33-2,58 Ma.).

Durante este lapso de tiempo, los mamíferos se diversificaron y la estructura de la vegetación fue variando hasta su aspecto actual.

A finales del Plioceno se produjeron algunos movimientos continentales, siendo el más significativo la conexión de América del Norte con América del Sur. El clima se enfrió cada vez más en el Pleistoceno continuándose con las glaciaciones en el Cuaternario.

En lo que se refiere a la existencia de maderas fósiles, Charles Darwin fue el primero en informar en su obra “Diario del viaje de un naturalista” (1839) la presencia de fragmentos de angiospermas neógenas a la vera del río Paraná y en la Patagonia.

Ya por el año 1879, Adolfo Döring durante la “Expedición Roca” colectó maderas en la Formación Cerro Azul (provincia de Río Negro) que posteriormente fueron enviadas al botánico alemán Hugo Conwentz quien publicó el primer trabajo sobre los árboles petrificados del Terciario de Río Negro en 1885. En el mismo se describen en forma somera 4 géneros y especies de gimnospermas y uno de angiosperma. La colección fue reubicada en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (CORD-PB). Una primera revisión taxonómica de estas maderas fue realizada por Crisafulli & Herbst (2014), quienes efectuaron nuevas secciones delgadas. Actualmente, están siendo reestudiadas por Crisafulli & Baez para precisar su ubicación sistemática y reconocer el justo valor a la obra de Conwentz.

Carl Anton Larsen, un ballenero noruego entre los años 1892 y 1893 desembarcó y examinó la isla Seymour; también registró otras maderas de angiospermas. En Antártida además encontró impresiones de hojas y restos de fauna marina (Torres *et al.* 1994).

Adolf Nordenskiöld, geólogo y explorador sueco, entre 1901 y 1903 colectó impresiones de hojas y maderas del Cretácico y Terciario de la isla Seymour, descritas por Gothan en 1908. Más tarde, Torres *et al.* (1994) señalaron la presencia de *Nothofagoxylon scalariforme* (Fagaceae) en la Formación La Meseta.

Barreda *et al.* (2007, p. 174) señalaron que la vegetación en “el Mioceno se distinguió por la presencia de familias modernas como Asteraceae, Poaceae, Malvaceae, Fabaceae y Cyperaceae, vinculadas a

comunidades abiertas, mayormente herbáceo-arbustivas, que reemplazaron a los bosques en amplios sectores de la República Argentina. Esta tendencia general continuó y se acentuó a lo largo del Neógeno.”

Primeros reportes de maderas fósiles en el noroeste argentino

Amerita mencionar que Andrew Yatsenko-Khmelevsky (1948) propuso el término xilotaoflora para definir al conjunto de especies existentes en una determinada región descritas sobre la base de fragmentos de leños fósiles. Una de las figuras prominentes de la sistemática y biogeografía del siglo XX, Armén Takhtajan (1953), acuñó dicho término y consecuentemente definió una taoflora como el conjunto de especies de plantas fósiles de un sitio determinado.

En Argentina, el estado actual del conocimiento sobre las xilofloras neógenas es conspicuo.

Ha transcurrido una centuria desde los primeros estudios realizados en el noroeste por Penk (1920), Frenguelli (1936) y O'Donnell (1938). Con anterioridad, Stelzner (1885) halló troncos en el Valle de Santa María atribuidos a *Araucarioxylon* de acuerdo al conocimiento de la época (Vergel *et al.* 2008). Los trabajos iniciales se enfocaron en el análisis de géneros aislados, como Menéndez (1962) quien describió *Acacioxylon odonelli*, hasta que, en la década de 1980, se realizaron las primeras comparaciones entre las maderas fósiles encontradas y su afinidad botánica actual.

Un importante trabajo sobre el Grupo Santa María (Catamarca-Tucumán) es el de Lutz (1987) que halló maderas en las formaciones San José, Chiquimil y Andalhuala estableciendo tres especies de Leguminosae, *Mimoxylon santamariensis* Lutz y *Menendoxylon piptadiensis* Lutz en las dos primeras formaciones y *Paracacioxylon odonelli* (Menéndez) Müller-Stoll & Mädel para la Formación Andalhuala. Sin embargo, una observación más precisa de los caracteres de *Menendoxylon piptadiensis*, advirtiendo la presencia de tubos laticíferos, permitió reasignar este taxón a la familia Apocynaceae, subfamilia Rauvolfioideae, bajo un nuevo género *Parahancornioxylon piptadiensis* (Lutz) Moya, Brea & Lutz 2018.

En la Formación Chiquimil se suman los hallazgos de *Prosopisinoxylon anciborae* Martínez 2010, *Paraalbizioxylon caccavariae* Martínez 2014 y *Palmoxylon romeroi* Franco, Brea & Herbst 2014 que fuera también registrada en los estratos de la Formación Andalhuala (Sclippa *et al.* 2015). Nuevos reportes de *Paraalbizioxylon caccavariae*, además del primer registro de *Menendoxylon vasallensis* Lutz 1987, se dieron a conocer en esta formación en la localidad de Cerro Pampa (Baez *et al.* 2018, Baez *et al.* 2019a). Baez & Crisafulli (2020) dieron a conocer el primer registro de una Malvaceae, *Bastardioxylon antiqua* y una nueva especie de *Menendoxylon*, *M. lutzii*.

El estudio de las maderas de la Formación Las Arcas, datada como Mioceno medio se inició con Martínez & Lutz (2005) y Martínez (2007) que encontraron leguminosas afines a *Acacia*.

En la provincia de Catamarca, donde aflora la Formación El Cajón (Mioceno superior-Plioceno) Fernández & Bravo (1985) describen un leño que asignan a *Acacioxylon* (Pujana *et al.* 2011).

De las formaciones neógenas del valle de Santa María se analizaron también las impresiones de hojas, frutos y polen merced a los aportes de Herbst *et al.* (2000), Mautino & Anzótegui (2002 a y b),

Anzótegui (2004), Anzótegui & Herbst (2004) y Mautino (2011) por citar sólo algunos. Debe consignarse el trabajo de tesis doctoral de Robledo (2017) y Robledo *et al.* (2018) quienes se ocuparon de analizar las interacciones planta-animal para la paleoflora de los valles, significando un valioso aporte para el conocimiento de la paleoecología de la zona. Ellos permitieron obtener un amplio panorama de los taxones hallados en diversas localidades, de las paleoasociaciones integradas y el clima que imperaba (Ibáñez, 2001). Además, García & Herbst (1997) han identificado carófitos en la Formación San José.

En Catamarca, en la cuenca del Bolsón de Fiambalá, aflora la Formación Tambería, donde estudios recientes efectuados en el marco de esta tesis, revelaron una nueva especie de *Gleditsioxylon*, representando la tercera evidencia de este taxón en Sudamérica (Baez, 2021).

Los análisis xilológicos en esta región del NOA prosiguieron en la Formación Palo Pintado (Mioceno superior) del Grupo Payogastilla (Salta) con el hallazgo de una liana *Ranunculodendron anzoteguiiae* (Lutz & Martínez, 2007). En la provincia de La Rioja, Martínez & Rodríguez Brizuela (2011) registraron *Gleditsioxylon riojana* afín a la Caesalpinoideae en la Formación Toro Negro (Mioceno superior-Plioceno). En esta misma provincia en la Formación Sálicas (Mioceno superior) se describió *Prosopisinoxylon anciborae* (Pujana *et al.* 2014).

En la provincia de Santiago del Estero en las cercanías de Termas de Río Hondo a la vera del río Dulce aflora la Formación Las Cañas (Plioceno); cuyos sedimentos albergan taxones de Leguminosae, Vitaceae y Anacardiaceae Crisafulli *et al.* (2013), Martínez & Sclipa (2014), Martínez & Crisafulli (2014), Martínez *et al.* (2015), Martínez & Crisafulli (2019) y Baez *et al.* (2019b).

Otras lignofloras...

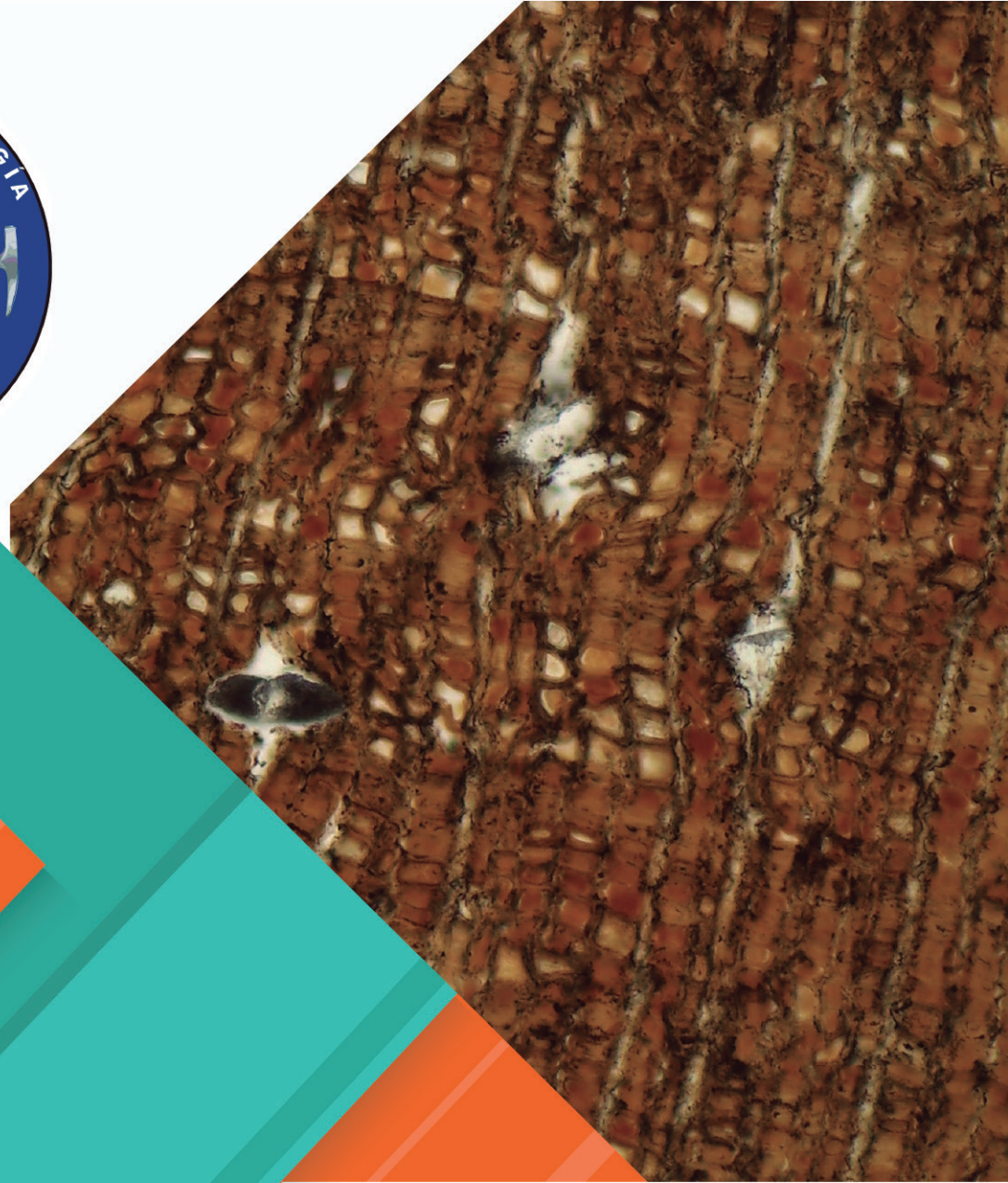
Lutz inició sus estudios en xilología, analizando los leños del Neógeno de la provincia de Entre Ríos, en virtud de la obra de d'Orbigny (1842) quien reconoció y colectó maderas petrificadas a orillas del Paraná. Se sucedieron numerosos trabajos con registros de Leguminosae, Anacardiaceae y Arecaceae Lutz (1979, 1980, 1981, 1984), Anzótegui & Lutz (1988).

Este auge en el estudio xilológico, se debe, en parte, a la calidad de los materiales obtenidos debido a la frecuencia de los hallazgos y de la labor ininterrumpida de entusiastas investigadores como los citados, quienes suscitaron el deseo de continuar con esta temática. Para las formaciones neógenas de Entre Ríos cabe señalar además los trabajos de Brea (1999), Brea *et al.* (2001), Zucol & Brea (2000), Zucol *et al.* (2005), Brea & Zucol (2007), Brea *et al.* (2010), Franco (2010), Franco & Brea (2013), Ramos *et al.* (2012, 2014, 2017) y Moya & Brea (2015, 2020).

Pujana *et al.* (2011) recopilan trabajos de leguminosas del Plioceno de Uruguay y mencionan los estudios realizados en maderas fósiles de esta familia en el Plioceno de Colombia y sedimentos terciarios de Perú.

Los esfuerzos de todos los investigadores citados han contribuido a mejorar las determinaciones y clasificaciones lográndose mayor fidelidad en las mismas y resultados menos arbitrarios.

Este tipo de estudio lignotaflorístico tan exhaustivo también lo protagonizó Diana Mussa (1959), geóloga y paleobotánica brasilera quien hizo un valioso aporte, realizando los primeros análisis “xilotómicos” de los bosques de dicotiledóneas de Acre, en el norte de Brasil. Esta autora describió ejemplares de las familias Sapindaceae, Lecythidaceae y Leguminosae (Caesalpinoideae). Numerosos han sido los in las familias Sapindaceae, Lecythidaceae y Leguminosae (Caesalpinoideae). Numerosos han sido los investigadores que siguieron sus pasos. Por citar solo algunos, Kloster *et al.* (2015) describieron leños de las familias Lecythidaceae, Calophyllaceae, Combretaceae y Arecaceae en la Formación Solimões. Es así como el conocimiento de maderas fósiles de angiospermas tiene larga data en Sudamérica.



CAPITULO 2

Descripción del área de estudio

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Este capítulo reúne información acerca de los sitios donde afloran las diversas unidades estratigráficas que albergan las maderas fósiles aquí estudiadas. Estas formaciones neógenas del noroeste argentino pertenecen a los Grupos Payogastilla y Santa María; y a las Cuencas de Fiambalá y de Vinchina (Figura 1). Se mencionan la ubicación geográfica de las unidades estratigráficas y se incluye un perfil de los afloramientos para una mejor localización. Además, se señala el contenido paleontológico de cada una de las formaciones, así como la asignación en la escala de tiempo geológico de las mismas.

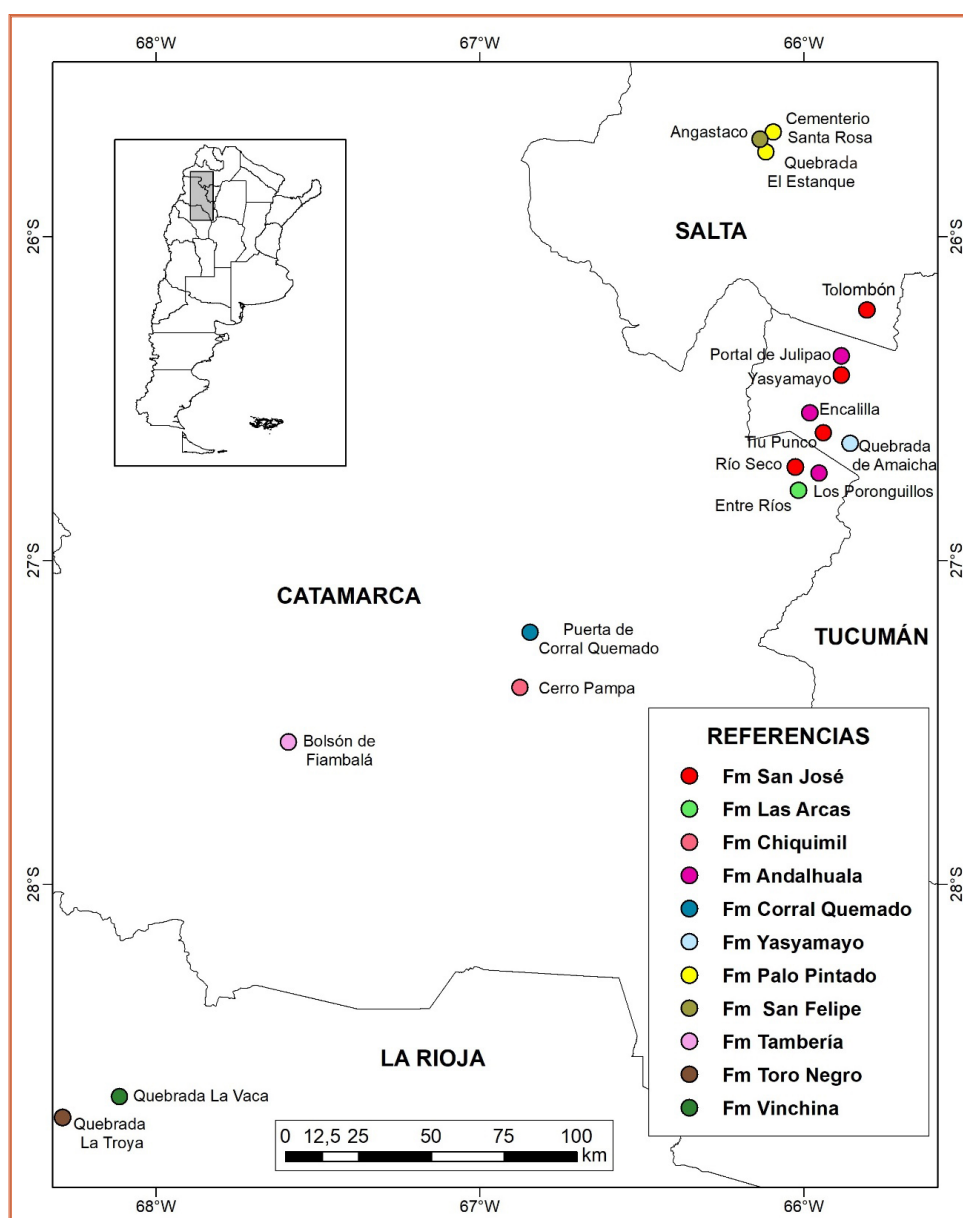


Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades estudiadas con maderas fósiles del Neógeno del noroeste argentino.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

1. GRUPO PAYOGASTILLA

La cuenca Calchaquí ubicada en el noroeste argentino, alberga en la provincia de Salta al Grupo Payogastilla que ha sido analizado por Díaz & Malizzia (1983) y Díaz *et al.* (1987, 1989).

Las acumulaciones paleógenas-neógenas del Grupo Payogastilla se disponen en discordancia sobre el Grupo Salta. Consisten en depósitos fluviales y lacustres acumulados, entre los dos pulsos de la fase Quechua (Mioceno superior) y la orogenia Diaguita (Plioceno-Pleistoceno temprano) (Salfity *et al.* 2006). Los sedimentos continentales de este Grupo se depositaron entre el Eoceno-Plioceno. Lo conforman las formaciones Los Colorados, Angastaco, Palo Pintado y San Felipe estratigráficamente en ese orden (Figura 2). En este trabajo se estudian las maderas fósiles colectadas en las formaciones Palo Pintado y San Felipe.



Figura 2. Paisaje del la Formación Angastaco (Grupo Payogastilla, Salta, Argentina)

Formación Palo Pintado

Esta unidad se encuentra ubicada al sur del valle Calchaquí, aflorando entre las localidades de San Carlos y Angastaco, entre los 25°41'01" S - 66°07'55" W y los 25°40'59" S - 66°05'49" W, en el departamento de San Carlos en la provincia de Salta (Figura 3).

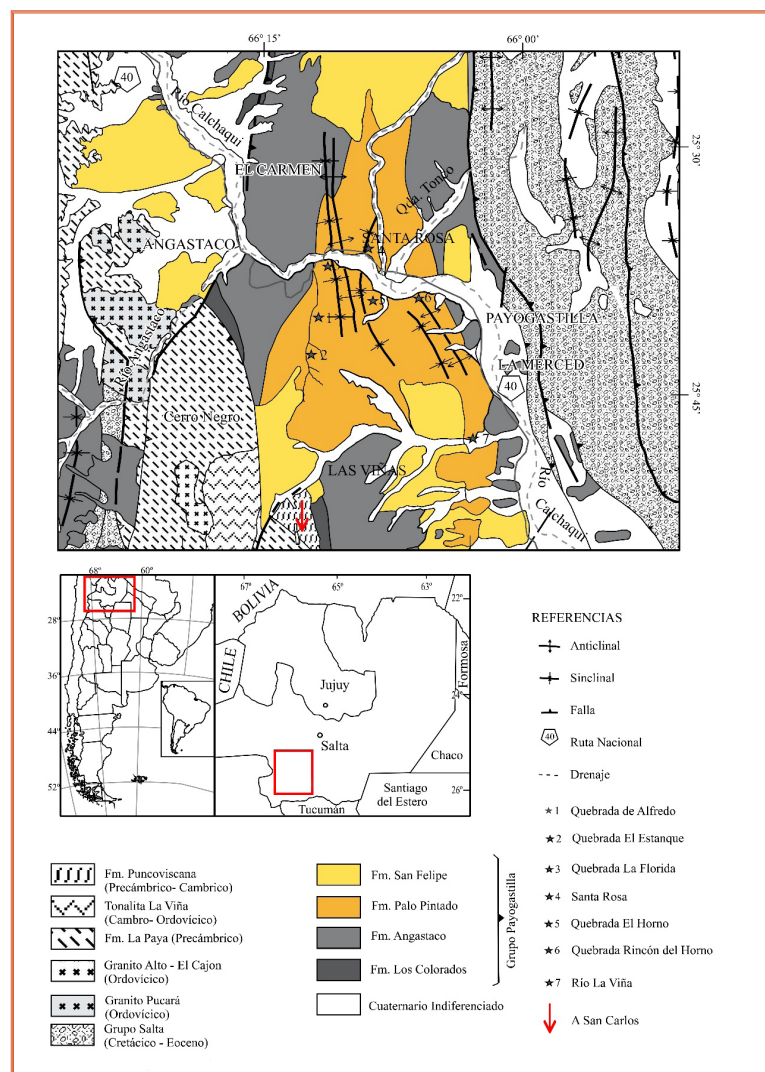


Figura 3. Mapa geológico y de ubicación geográfica de las localidades fosilíferas de las formaciones Palo Pinto y San Felipe. Tomado y modificado de Galli *et al.* (2011).

Sus sedimentos, que alcanzan una potencia de hasta ~1200 m, se apoyan en concordancia sobre la Formación Angastaco y contactan en su techo con la Formación San Felipe.

La constitución litológica y el análisis paleoambiental de esta formación ha sido objeto de estudio de varios investigadores.

Por citar sólo algunos trabajos, se mencionan los de Díaz (1985, 1987), Díaz *et al.* (1987) y Herbst *et al.* (1987). En ellos, sus opiniones son conniventes con relación a que esta formación está conformada por ciclos grano y estratodecrecientes de conglomerados soportados por matriz arenosa, areniscas cuarzosas y sublíticas limpias, medianas a finas, que culminan con niveles de pelitas verdes. Estos depósitos han sido interpretados como sistemas fluviales de ríos anastomosados de baja energía. Galli *et al.* (2011) sostiene que litológicamente la unidad se halla constituida principalmente por areniscas que intercalan con pelitas y tufitas y en menor medida por depósitos conglomerádicos. Las areniscas presentan coloraciones pardas mientras que las pelitas, por lo general, son grisáceas a verde amarillentas. En conjunto se observa una clara disposición de los estratos en ciclos granodecrecientes. Las capas de pelitas son abundantes en la

base de la formación, son las portadosras de las maderas y se hacen más esporádicas hacia el techo (Figuras 4 y 5).

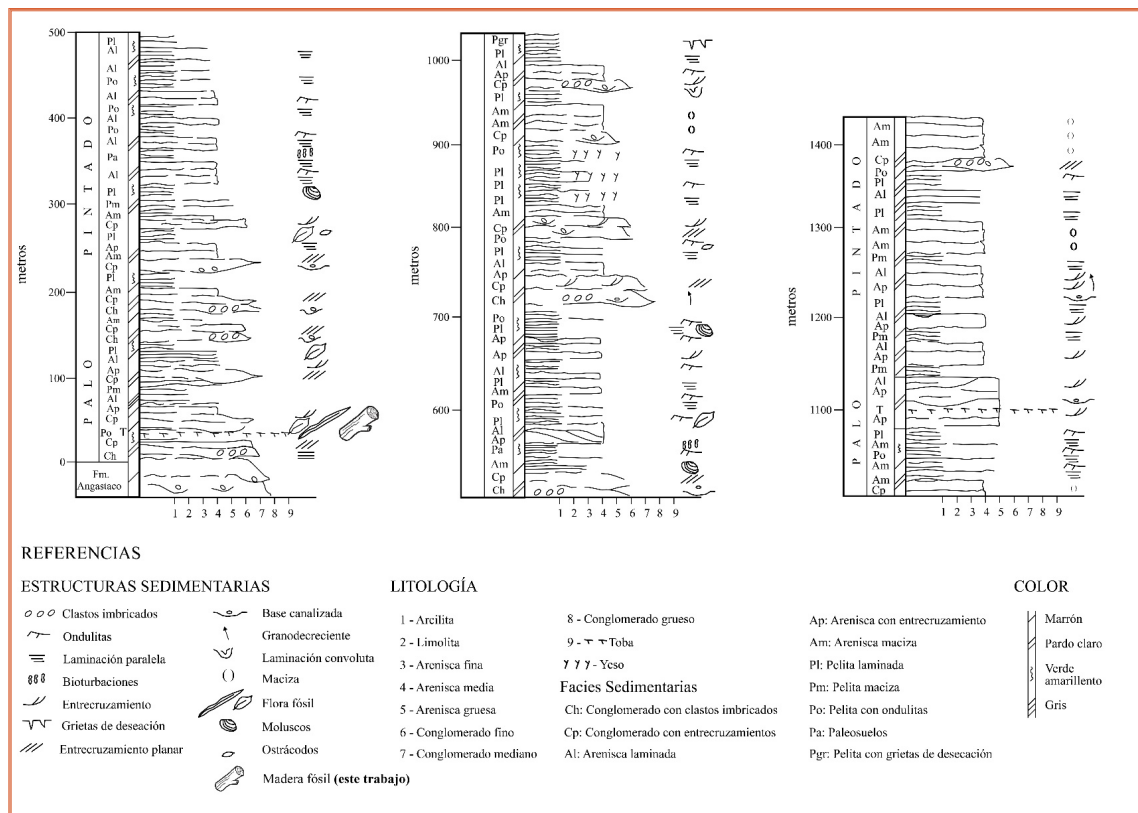


Figura 4. Columna estratigráfica integrada de la Formación Palo Pintado (Tomado y modificado de Galli *et al.* 2011).



Figura 5. Madera fósil en sedimentos pelíticos.

La presencia de illita, esmectita y caolinita en el subambiente de llanuras de inundación señalan que han sido generados por hidrólisis en un clima templado-húmedo de acuerdo a las opiniones de Starck & Anzótegui (2001), Galli *et al.* (2011, 2014 a y b). La formación de estos niveles arcillosos durante la deposición de la Formación Palo Pintado evidencia un cambio climático importante entre los 10 y 5 Ma, que no se registra en los niveles más antiguos de la misma cuenca de depósito (Galli *et al.* 2017).

Características, contenido paleontológico y edad

Esta formación se caracteriza por su acervo paleontológico diverso.

Herbst *et al.* (1987) y Anzótegui (1998, 2006) hallaron numerosas improntas foliares de *Schinus herbstii*, *Nectandra saltensis*, *Ficus tressensii* entre otras. Anzótegui & Horn (2011) citaron *Lycopodiella sp.*, *Equisetum sp.*, *Mayaca sp.*, *Cabomba sp.*, *Sapium sp.*, *Cedrela sp.* y *Malvaciphyllum sp.* En ese mismo trabajo, señalan la presencia de frutos.

Por su parte, Lutz & Martínez (2007) publicaron el primer hallazgo de leños asignados a *Ranunculodendron anzoteguiiae*.

Los palinomorfos fueron analizados por Anzótegui & Cuadrado (1996), Acevedo *et al.* (1997), Acevedo *et al.* (1998) y Mautino (2007).

La fauna está representada por los invertebrados dulceacuícolas analizados en Morton (1992), Herbst *et al.* (2000) y Morton & Herbst (2012) y por *Anodontites sp.* y *Diplodon sp.* mencionados por Anzótegui & Horn (2011).

La entomofauna está representada principalmente por impresiones de alas y un ejemplar completo correspondientes a los órdenes Coleoptera (Elateridae y Curculionidae), Diptera (*Schizophora*) e Hymenoptera (*Apocrita*), siendo los grupos de insectos más abundantes y diversos en las asociaciones actuales (Ramírez *et al.* 2015).

Se encuentran rastros de herbivoría de artrópodos en impresiones foliares de eudicotiledoneas y helechos (Robledo *et al.* 2018). Estos hallazgos paleontológicos también fueron mencionados en Anzótegui *et al.* (2019).

La presencia de vertebrados en la Formación Palo Pintado quedó registrada por Díaz *et al.* (1987) y Starck & Anzótegui (2001), escamas y vértebras de peces, escamas de tortuga, restos de *Caiman sp.* y mamíferos ungulados en Stark & Anzótegui (2001), Bona *et al.* (2011), Horn (2014).

Una edad Mioceno tardío-Plioceno temprano fue asignada a la formación por la correlación estratigráfica consignada en Miserendino Fuentes & Díaz (1988). Esta afirmación fue corroborada por dataciones radimétricas (Grier & Dalmeyer, 1990) y correlacionada con el Miembro B de la Formación Chiquimil y la sección basal de la Formación Andalhuala. Robledo *et al.* (2021) señalan que la capa de tufitas ha sido datada en 10 Ma por Galli *et al.* (2008).

Formación San Felipe

La Formación San Felipe aflora en áreas cercanas a la Formación Palo Pintado (Figura 3). El pasaje entre esta última y San Felipe es neto y concordante, evidenciado por la brusca aparición de conglomerados muy gruesos, granosoporte, con clastos imbricados y en menor proporción areniscas y pelitas.

La Formación San Felipe inicia el relleno pliocénico del valle Calchaquí con el desarrollo de extensos conos aluviales que progradan hacia el oeste.

Con una potencia de 600 metros, los depósitos conforman el techo del Grupo Payogastilla, encontrándose afectados por numerosas fallas y pliegues.

De acuerdo con las opiniones de Díaz (1987), Díaz & Malizzia (1983) esta formación está compuesta por facies conglomerádicas, con clastos imbricados en canales de baja sinuosidad, que conforman un sistema de abanico fluvial entrelazado, cambiando progresivamente a un sistema fluvial entrelazado gravoso con canales poco profundos de acuerdo a Galli & Reynolds (2012), Galli *et al.* (2012, 2014).

Las características de los conglomerados son: buena selección, escasa matriz, buen redondeamiento de los clastos, en estratos tabulares muy gruesos de 2 hasta más de 7 m de potencia, constituyendo depósitos de barras longitudinales. También presenta conglomerados mal seleccionados, clasto sostén, caóticos de flujos de detritos no cohesivos (Figura 6 a-b).

Los afloramientos se encuentran bien expuestos en la quebrada Salta y en la quebrada San Miguel.

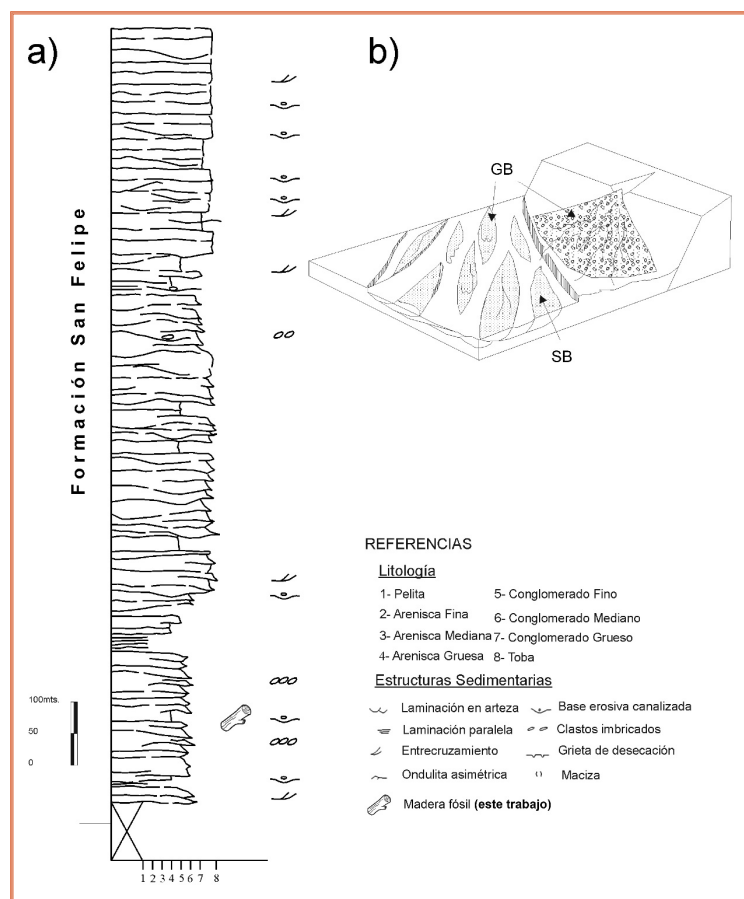


Figura 6 a-b. Perfil de la Formación San Felipe, tomado y modificado de Galli *et al.* (2019).

Contenido paleontológico y edad

En esta formación, Díaz *et al.* (1989) registraron la presencia de placas de gliptodonte y vértebras de mamífero edentado. El leño analizado en esta tesis se encontró en los niveles de areniscas finas a medianas (Figura 6 a). Presenta niveles de tobas vítreas de hasta 2 m de espesor.

Sus características geoquímicas resultaron muy útiles como trazadores estratigráficos (Coira *et al.* 2014). La similitud de ellas con las de las ignimbritas producidas por la Caldera del Cerro Galán ha justificado inferir como potencial centro emisor a dicha estructura volcánica (Coira *et al.* 2014). Ésta estuvo activa dentro del lapso temporal de los registros piroclásticos de la Formación San Felipe que fueron datados en 5.17-4.04-3.28 Ma, U/Pb zircón (Bywater-Reyes *et al.* 2010,) y hacia su techo en 2.3 Ma, U/Pb zircón (Carrapa *et al.* 2011).

La tasa de sedimentación no cambia significativamente entre las formaciones Palo Pintado y San Felipe. Es de 0,32 mm/a para el techo de la primera unidad a 0,34 mm/a base de la segunda, aumentando hacia el techo de la Formación San Felipe (1,6 mm/a) a los 4 Ma.

Además, a esta edad hay una modificación en la dirección de las paleocorrientes asociadas a clastos derivados de la sierra de Los Colorados. Díaz *et al.* (*op. cit.*) manifiestan que el control principal no es tectónico sino climático.

2. GRUPO SANTA MARÍA

El Grupo Santa María fue propuesto por Galván & Ruiz Huidobro (1965) y tiene su área tipo en el valle de Santa María (Bossi & Muruaga, 2009).

Diversos investigadores como Ruíz Huidobro (1963), Galván & Ruiz Huidobro (1965), Bossi & Palma (1982), Strecker *et al.*, (1989), Gavriloff & Bossi (1992); Bossi *et al.* (2001), Bossi & Muruaga (2009) y Herbst (2016) han descripto geológicamente el valle de Santa María, valle de *Yocavil* o valle *Calchaquí*.

Está ubicado en el ángulo NE de Catamarca, ocupa un sector occidental de Tucumán y una porción del sur de Salta. Se extiende por 120 km de longitud y hasta 20 km de ancho en sentido E-W. Aparece como una cuenca tectónica enclavada en el ámbito de las Sierras Pampeanas. Sus límites son las Sierras de Quilmes, al oeste y las Cumbres Calchaquíes, al este. La frontera sur la constituyen la Sierra de Muñoz y los Nevados del Aconquija. Todas estas sierras están conformadas por rocas de basamento (ígneas y metamórficas).

El actual valle está relleno con la secuencia sedimentaria que comienza con las sedimentitas rojas, areniscas y limolitas de origen fluvial de la Formación Saladillo (Oligoceno) a la que le continúa el Grupo Santa María (Mioceno-Plioceno) y que concluye con la sedimentación de los antiguos y modernos abanicos aluviales (Pleistoceno-Reciente). Representa 23 Ma de la historia del valle, con sus rocas y fósiles (Figura 7-11).



Figura 7. Grupo Santa María en la localidad de Río Seco (Catamarca, Argentina).

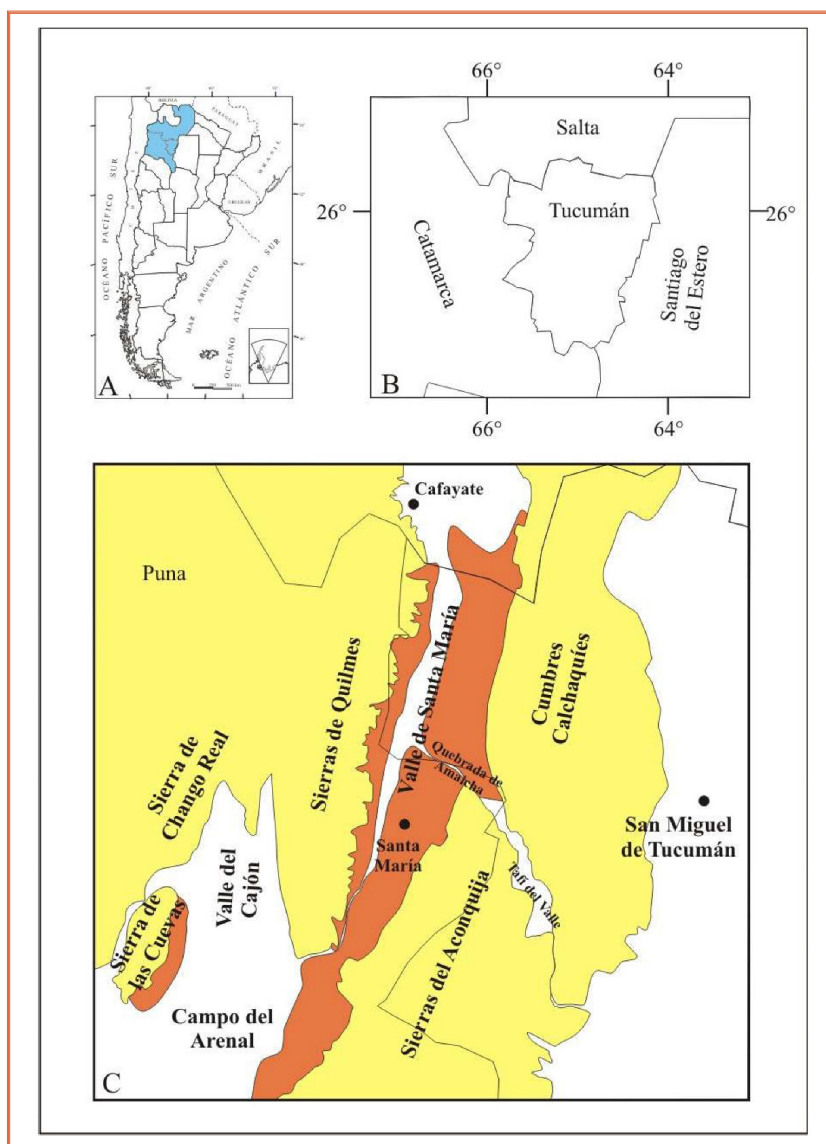


Figura 8. Ubicación del área de estudio donde aflora el Grupo Santa María (en marrón). Tomado de Moyano (2009): Figura 1.1.

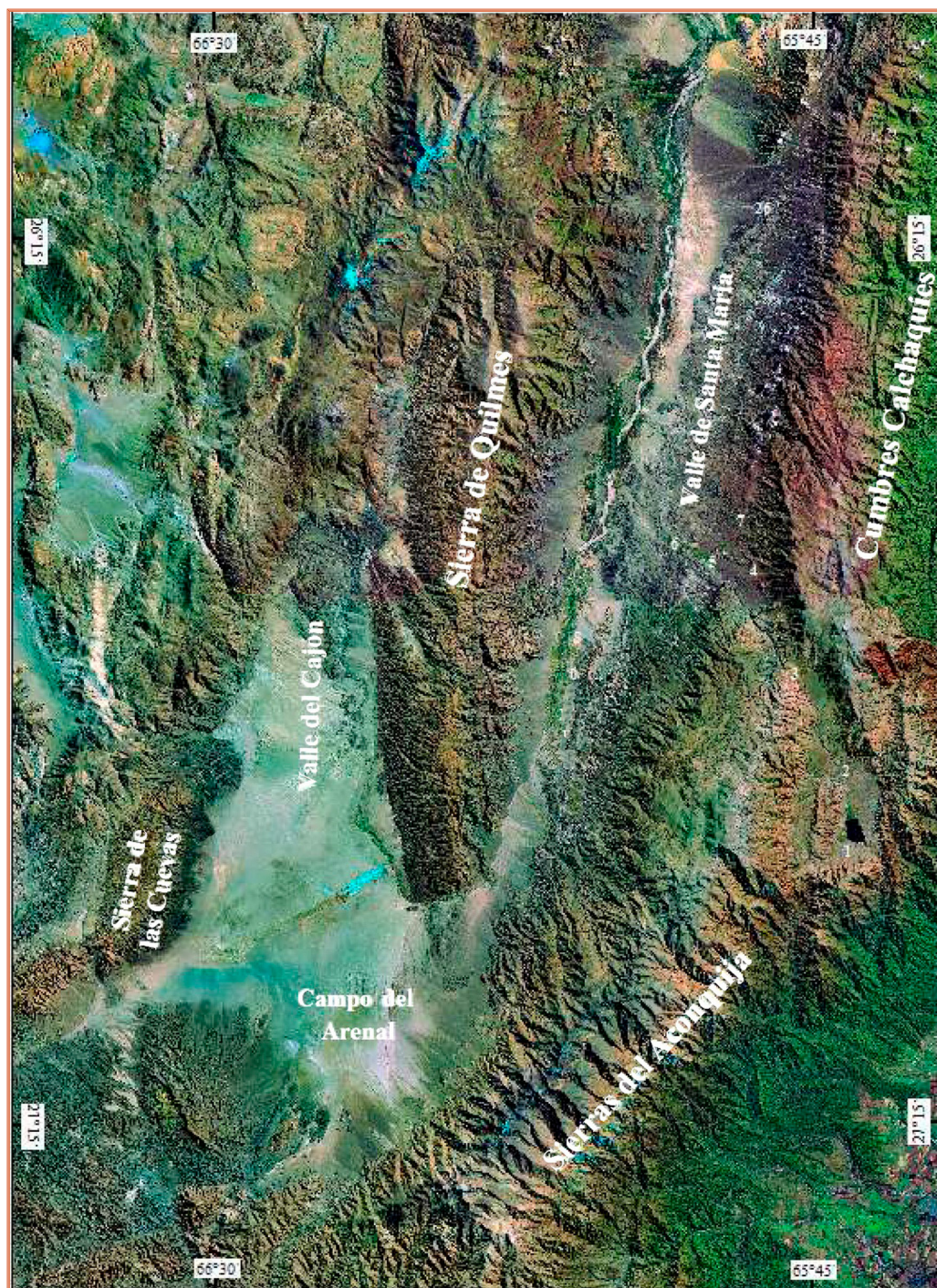


Figura 9. Imágen satelital del valle de Yocavil Tomado y modificado de Moyano (2009): Figura 1.3.

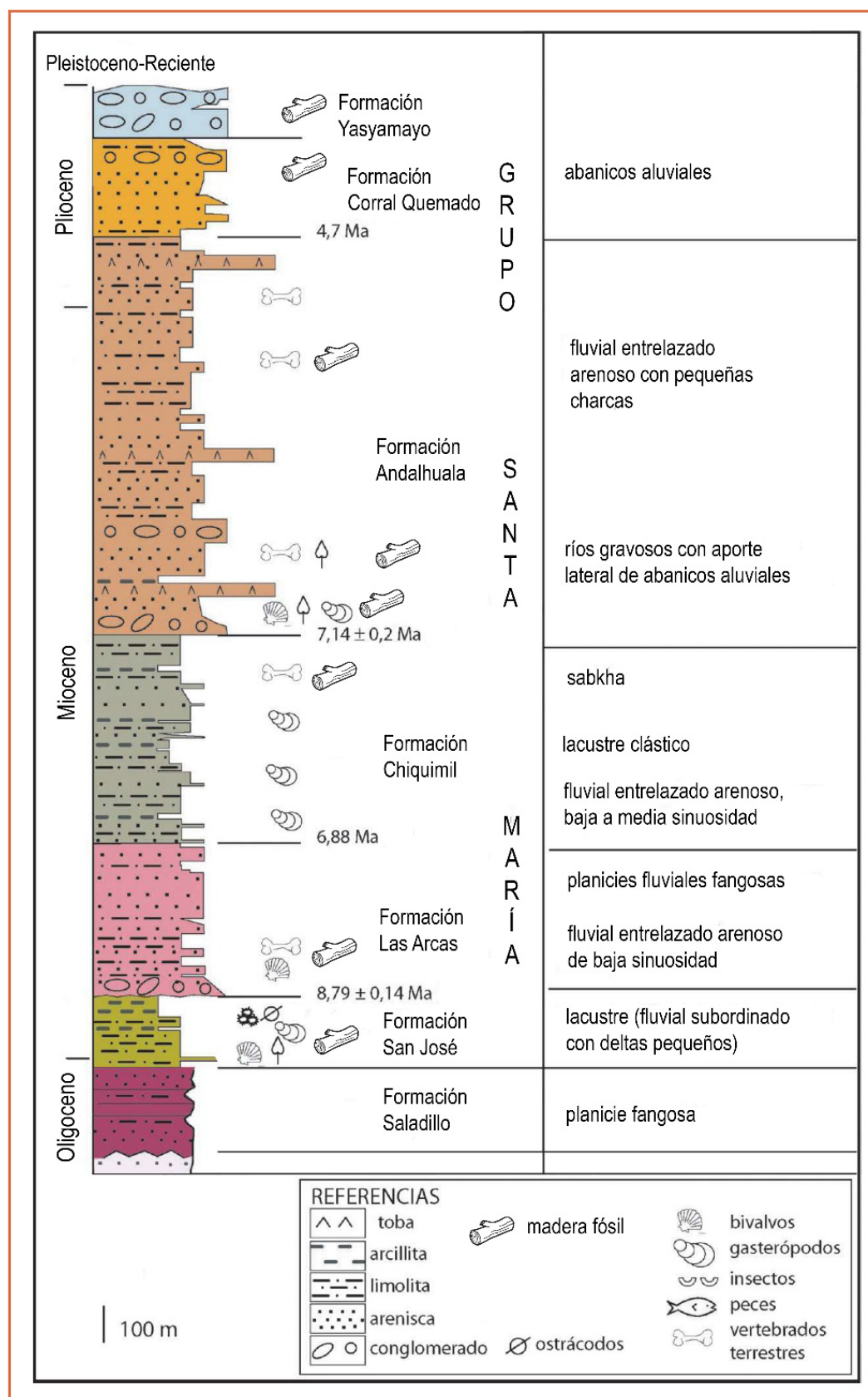


Figura 10. Columna estratigráfica de las formaciones que integran el Grupo Santa María. Tomado y modificado de Georgieff, en Geología de Tucumán (2014): 13

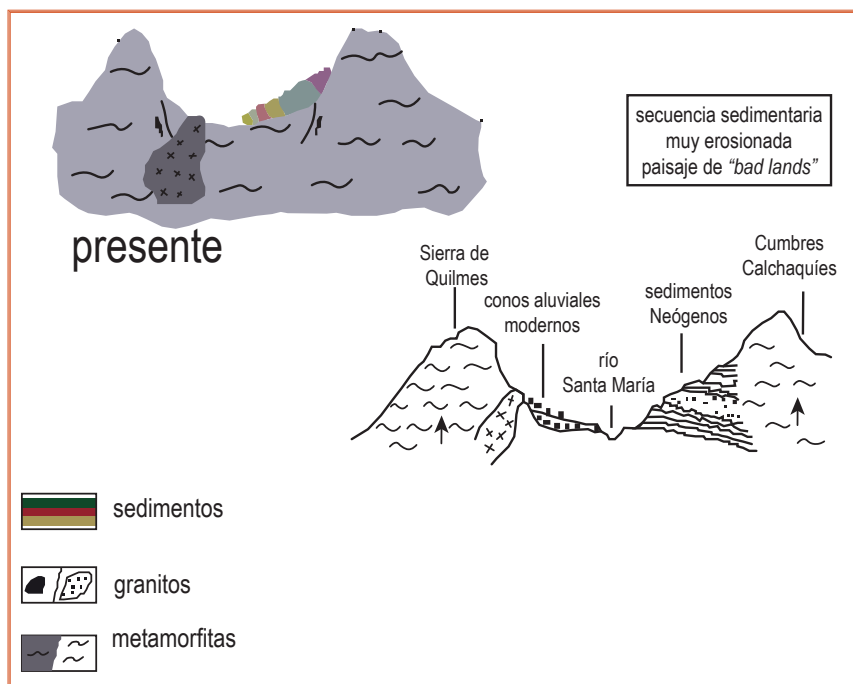


Figura 11. Esquema del Valle de Yocavil en el presente. Extraído de Herbst (2016): 21.

Formación San José

Constituye la unidad basal del Grupo Santa María, fue definida por Galván & Ruíz Huidobro (1965). Se compone de areniscas, limos y arcillitas, amarillo verdoso predominantemente, poco cementados y erosionados. Muestran un típico paisaje de *badlands*. Hay otros sedimentos conformados por pelitas margosas, calizas y arcillitas foliosas y en menor proporción algunos conglomerados (Figura 12).

Bossi & Palma (1982) señalaron que en la localidad tipo (valle de Santa María) tiene una potencia de 250 m, pero aumenta sostenidamente hacia al norte hasta alcanzar cerca de los 1000 m en la quebrada Agua Negra.

La Formación San José es interpretada como una unidad fluvio-lacustre, con cuerpos de agua (lagos), aunque parte de la secuencia indica condiciones palustres. Estas inferencias están sustentadas por las características sedimentológicas y el registro paleontológico (Herbst, 2016).

Características, contenido paleontológico y edad:

La edad de la Formación es Mioceno medio (Morton & Herbst, 2003). Los aportes de Anzótegui (1997, 2001, 2002), García & Herbst (1997), Anzótegui & Herbst (1999), Anzótegui & Cristalli (2000), Anzótegui & Morton (2000), Anzótegui & Ferraro (2000), Herbst *et al.* (2000), Mautino & Anzótegui (2000), Mautino, *et al.* (2004), Morton & Herbst (2003), Anzótegui & Herbst (2004), Mautino & Anzótegui (2014), Robledo (2017), Robledo *et al.* (2018), Baez *et al.* (2019b), Anzótegui *et al.* (2019) brindaron información referente a los fósiles presentes en la secuencia de la porción inferior del Grupo Santa María, lo que permitió observar variedad de estructuras y proveyó herramientas de comparación con otras unidades de la misma edad.

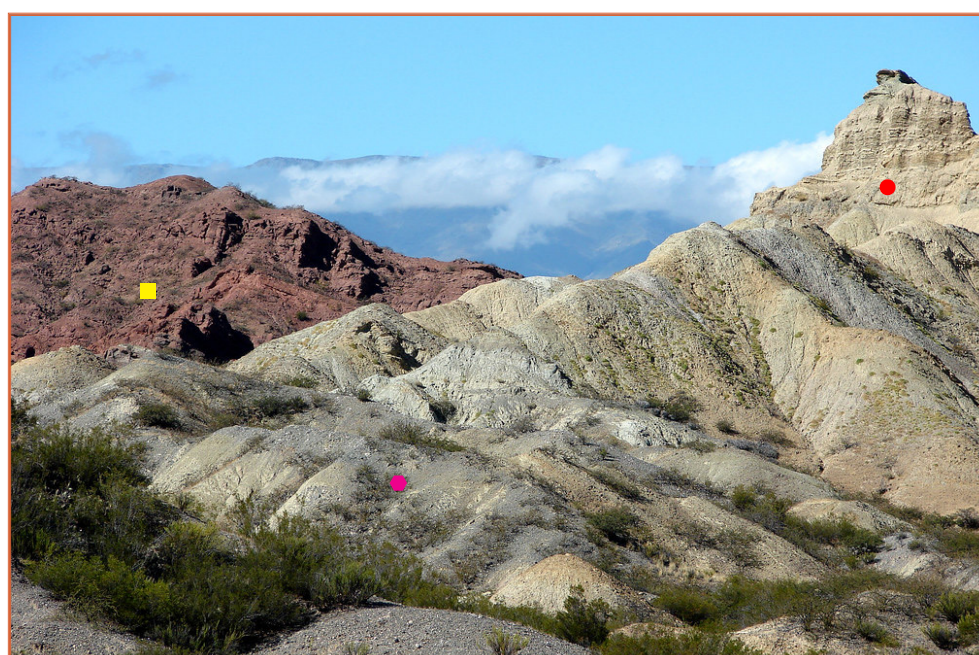
La taoflora está compuesta por *Malvaciphyllum quenquiadensis* Anzótegui & Cristalli 2000 (Malvaceae) y *Myrciophyllum* sp. (Myrtaceae) (Anzótegui, 2002), *Schinopsis* aff. *Lorentzii* (Griseb) Eng. (Anacardiaceae), *Ziziphus* sp. (Rhamnaceae), *Prosopis* sp., *Erythrina dominguezii*, *Senna* sp., *Erythrina* aff. *dominguezii* Hassl (Leguminosae). Dentro de los frutos encontrados, pueden mencionarse *Cyperocarpus* sp.1 y C. sp.2 (Cyperaceae), *Tibouchina* sp. (Melastomataceae), *Baccharis* sp. y *Asteracarpus gomez-belloi* (Asteraceae) (Anzótegui & Herbst, 2004).

La paleofauna de invertebrados hallada en esta unidad constituida por moluscos y ostrácodos es conocida a través de los numerosos trabajos sintetizados en Herbst *et al.* (2000) y Morton & Herbst (2003).

La gran mayoría de vertebrados están representados por mamíferos incluyendo Notungulados, Xenartros y Rodentidos. Hay escasos restos de aves y placas aisladas de tortugas (Herbst *et al.* 2000) y pequeños peces Anablépidos (Anzótegui & Herbst, 2004).

Además, se han identificado troncos en la secuencia de la Formación San José, *Mimosoxylon santamariensis* (Leguminosae) (Lutz, 1987) y se describió un leño de Combretaceae, que por sus caracteres anatómicos fue comparado con especies de *Terminalioxylon* Schönfeld 1947 (Baez *et al.* 2019b).

Los carófitos *Chara strobilocarpa* Reid & Groves y *Chara* sp. provienen de los niveles fangolíticos, a veces calcáreos, que representan condiciones lacustres (García & Herbst, 1997).



Referencias

- Formación Andalhuala
- Formación Las Arcas
- Formación San José

Figura 12. Vista de la Formación San José, en contacto con las formaciones Las Arcas y Andalhuala.

Formación Las Arcas

Ha sido definida por Galván & Ruiz Huidobro (1965) para caracterizar una sucesión estratigráfica conformada de areniscas gruesas, conglomerados e intercalaciones de limolitas, predominantemente rojo, pardo-rojizo (Figura 12).

Desde el punto de vista sedimentológico es considerada de origen fluvial, con ríos entrelazados de baja sinuosidad y llanuras de inundación asociadas (Herbst, 2016).

Características, contenido paleontológico y edad

Según Tineo & Ruiz (2015) la Formación San José y Las Arcas serían cronológicamente equivalentes a la Formación Angastaco de edad Mioceno medio superior. Sin embargo, Bossi & Muruaga (2009) consideraron que la edad mínima de la Formación Las Arcas es Mioceno medio de acuerdo al inicio del volcanismo en el sitio de Farallón Negro (ca. de 12 Ma.).

En Morton (2004) se detalla que, de acuerdo a los fósiles analizados por Marshall *et al.* (1983) y a la fauna de vertebrados (Esteban, 1998), la Formación Las Arcas y la Formación Chiquimil B son asignables a la edad Mamífero Chasiyuense (Mioceno tardío).

La Formación Las Arcas tiene muy pocos hallazgos de fósiles. Sólo en los afloramientos de la localidad de Cerro Pampa (Catamarca) se registra la presencia de *Neocorbícula stelzneri* (Bossi *et al.* 1998), restos de mesoterios, xenartros y huellas de aves caradriformes (Nasif *et al.* 2010). Martínez & Lutz (2005) y Martínez (2007) citaron la presencia de fragmentos de Leguminosae (*aff. Acacia*) en niveles de esta formación.

Formación Chiquimil

El término Formación Chiquimil fue introducido por Bossi & Palma (1982) aunque también se conoce como Formación Entre Ríos (Bossi & Muruaga, 2009).

Esta unidad estratigráfica tiene una potencia de alrededor de 1392 m (Muruaga, 1998); sobreyace a la Formación Las Arcas y en su límite superior contacta con la Formación Andalhuala.

En 1926, Stahlecker dividió la formación en dos miembros: Chiquimil B (inferior) y Chiquimil A (superior), ver en Riggs & Patterson (1939) y Marshall & Patterson (1981). La sección Chiquimil B tiene una potencia de aproximadamente 150 m y está constituida mayoritariamente por areniscas finas de color gris claro, que alternan con arcillitas y limolitas marrón oscuro y gris verdoso más claras.

Por otro lado, Chiquimil A tiene un espesor de 350 m, está compuesta por areniscas volcánoclasticas intercalando con conglomerados y en menor medida con areniscas finas y limolitas.

Strecker *et al.* (1984) también diferenciaron dos Miembros para esta formación: el inferior (B) de 140 m de espesor que consiste en areniscas limosas gris claras muy friables, macizas, alternantes con arcillitas y limolitas pardo oscuras y gris verdoso claras; y el miembro superior (A) de 340 m de areniscas volcánoclasticas gruesas a medianas, a menudo conglomerádicas con rodados de andesitas y basaltos de color amarillo, macizas o con estratificación cruzada con areniscas finas y limolitas subordinadas.

Fue Muruaga (1998, 2001) quien propuso dividir en tres Miembros a esta formación: Los Baños, El Áspero y El Jarillal. El primero y el tercero pueden ser correlacionados con los Miembros A y B del valle

valle de Santa María, mientras que el Miembro El Áspero es un conglomerado volcánico no estrictamente correlacionable con el Paraconglomerado Ampajango (Anzótegui, 2004).

De acuerdo con Herbst (2016) esta unidad se puede reconocer en el valle, por su color amarillo dominante y por su consistencia mucho más friable que las formaciones infrayacente y suprayacente. Tiene una opinión similar a los autores citados y menciona que está integrada por una alternancia de areniscas finas, y arcillitas de estructura maciza o paralela. Los cuerpos arenosos poseen estratificación cruzada en la base.

Se interpretó a la Formación Chiquimil como un sistema fluvial de tipo entrelazado de baja a media sinuosidad, con llanuras de inundación y varios y extensos cuerpos de agua dulce (Herbst, 2016).

Características, contenido paleontológico y edad

Marshall *et al.* (1979) mencionó que la datación radiométrica de una toba que proviene de la parte media de la formación, en la localidad de Puerta de Corral Quemado, es de 6,68 Ma. Así, Bossi *et al.* (1984) y Bossi *et al.* (1998) asignaron al Mioceno a la Formación Chiquimil. No obstante, Garralla *et al.* (2012) asignaron una edad Mioceno tardío en la localidad Cerro Pampa.

En referencia a su contenido fosilífero, éste es importante y comparable al de la Formación San José. Según Herbst *et al.* (2000) alberga algunas aves, reptiles y mamíferos.

Las impresiones vegetales proceden principalmente del miembro El Áspero. En esa sucesión, Zamudio (2015) halló valvas y caparazones de ostrácodos; y Robledo (2017) abundantes bivalvos y gasterópodos.

Asimismo, Anzótegui (2004) describió una megaf flora fósil que proviene del Miembro B donde, además, Morton & Herbst (2003) registraron moluscos dulceacuícolas.

Se suman los hallazgos de *Prosopisinoxylon anciborae* (Martínez, 2010), *Paraalbizioxylon caccavariae* (Martínez, 2014) y *Palmoxylon romeroi* (Franco *et al.* 2014).

En la localidad de Cerro Pampa (Figura 13 y 14), Baez *et al.* (2018); Baez *et al.* (2019a) reportaron también *Paraalbizioxylon caccavariae* y el primer registro de *Menendoxylon vasallensis* Lutz (1987) que recientemente fuera objeto de revisión sistemática por Moya & Brea (2020).

Ruiz *et al.* (2020) describieron tres tipos de hongos (*Gilmaniella* Barron, *Brachysporium* Saccardo y *Ramichloridium* Stahel ex de Hoog) asociados a maderas de leguminosas provenientes de la localidad Río Agua Verde de esta formación.



Figura 13. Vista de la Formación Chiquimil en la localidad de Cerro Pampa. Gentileza de la Dra. Belén Zamudio.



Figura 14. Sitio de prospección de los leños y moluscos. Gentileza de la Dra. Belén Zamudio.

Formación Andalhuala

Herbst (2016) describe a esta formación constituida litológicamente por una gran variedad de sedimentos gruesos, areniscas y conglomerados y en menor proporción areniscas finas y limos ocasionalmente algunas arcillitas; sus colores dominantes son los grises, rosados claros y verdosos claro.

La actividad volcánica extracuencal queda demostrada por la presencia de frecuentes intercalaciones de capas de tobas de hasta 2 m de espesor. La formación se depositó en un paleoambiente de tipo fluvial, con ríos entrelazados de marcada energía y cuerpos de agua asociados.

Dentro de las unidades que incluye el Grupo Santa María, la Formación Andalhuala es la de mayor extensión geográfica y potencia (Figura 12).

Características, contenido paleontológico y edad

Herbst (2016) indicó que los mamíferos son los fósiles principales que se encontraron en varias localidades donde aflora la Formación Andalhuala. Así lo confirman los trabajos de Esteban *et al.* (1997) registrando la presencia de ejemplares de la familia Glyptodontidae y Dasypodidae y Nasif *et al.* (2009) dando a conocer el hallazgo de egagrópilas fósiles de aves de la familia Phorusrhacidae con huesos y dientes de microvertebrados.

Morton *et al.* (2011) describieron la malacofauna de gastrópodos dulceacuícolas y la microfauna de ostrácodos de la localidad río Agua Verde donde aflora esta formación.

Anzótegui *et al.* (2007) reseñaron la presencia de impresiones de hojas, compuestas por Leguminosae (*Prosopis sp. a*, *Eriosemapliocenica sp.* y *Macroptilium sp.*) y Anacardiaceae (*Lithrea sp.* y *Schinus aff. terebinthifolia* Raddi).

Se suman a estos restos una xiloflora compuesta por *Paracacioxylon odonelli* (Menéndez) Müller-Stoll & Mädel (1967), *Palmoxylon romeroi* (Sclippa *et al.* 2015) y *Parahancornioxylon piptadiensis* (Lutz) Moya *et al.* (2018).

La Formación Andalhuala ha sido referida al Mioceno tardío-Plioceno (Marshall *et al.* 1979; Bossi & Palma 1982; Bossi *et al.* 1987; Bossi & Muruaga 2009; Butler *et al.* 1984; Reguero & Candela 2011). En este sentido, Latorre *et al.* (1997) indicaron una edad de 7,14 Ma para los niveles suprayacentes al contacto entre la Formación Chiquimil y Andalhuala. Cabe mencionar que Anzótegui *et al.* (2007) consideraron a esta formación de edad Plioceno inferior.

Formación Corral Quemado

Bossi (1984) señaló que Stahlecker, (ver en Marshall & Patterson, 1981), definió a esta unidad en la localidad de Puerta de Corral Quemado, cerca de Hualfín (Figura 15 y 16).

Riggs & Patterson (1939) la identificaron también en los ríos aledaños a la localidad de Entre Ríos.

Litológicamente, está constituida por una gran variedad de sedimentos gruesos, areniscas y conglomerados como así también y en menor proporción areniscas finas, limos y ocasionalmente arcillitas, predominan los colores grises, rosados y verdosos claros. Al igual que la Formación Andalhuala, tiene intercalaciones frecuentes de capas de tobas de 2 m de espesor, indicadores de actividad volcánica extracuencal.

Se considera que parte de su origen es por la formación de abanicos aluviales que se depositaron en extensas llanuras, y en parte, de origen fluvial con ríos de alta energía.

Características, contenido paleontológico y edad

Bossi (1984) refiere también que la edad mamífera de esta formación en la localidad tipo es Montehermosense y concuerda con la datación citada en Marshall *et al.*, (1979) de 3,5 Ma, esto es Plioceno inferior-medio. Sin embargo, Tomasini *et al.* (2013) asignan una antigüedad de 5,28 a 4.5 Ma (Mioceno tardío-Plioceno).

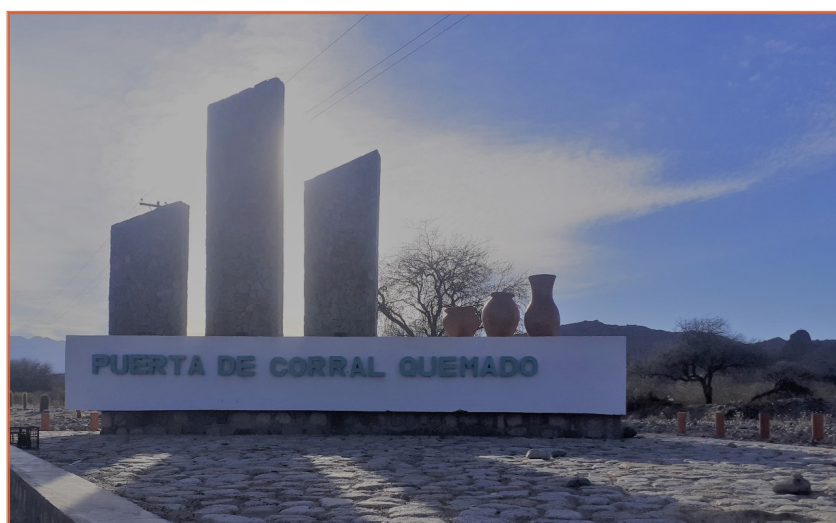


Figura 15. Entrada a Puerta de Corral Quemado.

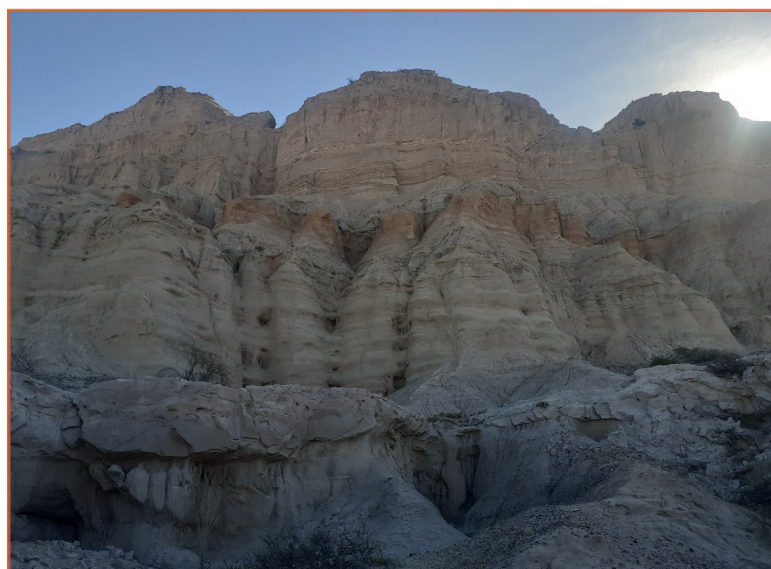


Figura 16. Vista de la Formación Corral Quemado en la localidad Puerta de Corral Quemado.

Formación Yasyamayo

Los sedimentos de esta unidad se depositaron en discordancia sobre la Formación Corral Quemado, (Georgieff *et al.* 2014; Herbst 2016). Alcanza una potencia de 150 m y litológicamente conforman su base conglomerados y bancos de yeso, que disminuyen en granulometría hacia el techo, haciéndose más arenosa y limolítica. Predominan los tonos grises, pardo-rojizos, y amarillentos hacia el tope. Corresponde a un paleoambiente caracterizado por abanicos aluviales y sedimentos fluviales (Figura 17).

Características, contenido paleontológico y edad

El estado actual del conocimiento de fósiles se limita al registro de moluscos (Herbst, 2016) y de microrrestos vegetales (fitolitos) de diversos morfotipos (Lefebvre *et al.* 2020).

Bossi *et al.* (1998) señaló que su antigüedad puede ser Plioceno superior o Plioceno inferior.



Figura 17. Vista de los sedimentos que conforman la Formación Yasyamayo.

3. CUENCA DEL BOLSÓN DE FIAMBALÁ

El valle de Fiambalá también conocido como “Bolsón de Fiambalá”, se encuentra en el centro-oeste de la provincia de Catamarca entre los 27° y 28° de latitud sur y 68° y 67° de longitud oeste aproximadamente; en el Departamento Tinogasta, a 329 km de la capital provincial.

Fiambalá significa “casa del viento” o “país del viento”; para otros, deriva del vocablo indígena “fiambalao” relacionado con la tribu del mismo nombre (Niz *et al.* 2019).

Este valle intermontano representa uno de los depocentros del antepaís fracturado andino asociado al segmento de subducción subhorizontal (Isacks *et al.* 1982; Ramos *et al.* 2002).

Se ubica entre las sierras de Narváez y Las Planchadas (Sistema de Famatina) al oeste, que lo separan del valle de Chaschuil; la sierra de Fiambalá al este, que la separa de las localidades de Belén y Pomán; la Cordillera de Buenaventura al norte, que la separa del departamento Antofagasta de la Sierra y al Sur se encuentra la localidad de Tinogasta. El paisaje ha sido modificado a lo largo del tiempo por procesos fluviales, aluviales y eólicos (Figura 18).

El valle de Fiambalá pertenece a la faja climáticamente seca conocida como “Diagonal Árida” que se extiende a lo largo del pie occidental de los Andes, desde el Ecuador hasta los $\sim 32^\circ$ latitud sur (Bruniard, 1982). Las precipitaciones no superan los 100 mm/año promedio y se concentran en el período estival (Servicio Meteorológico Nacional, 2015).

Se han desarrollado distintas acumulaciones eólicas beneficiadas por el clima árido, la vegetación escasa, la tala de la vegetación arbustiva, la práctica de la agricultura y la cantidad de materiales arenosos (Meigs, 1953).

Las dunas son las geoformas de mayor importancia. El campo de dunas de Medanitos es un ejemplo de un ambiente de interacción eólica fluvial desarrollado en un valle intermontano. Está surcado por el río Fiambalá el cual da lugar a una planicie aluvial que interactúa con procesos eólicos dominantes. Este campo de dunas se extiende desde Medanitos hasta Fiambalá, ocupando una superficie de 18 km² (superíndice). Deri & Ciccioioli (2018) realizaron un estudio geomorfológico y sedimentario y distinguieron 4 unidades geomórficas: 1. planicie de interacción fluvio-eólica, 2. montes eólicos, 3. interdunas y 4. dunas.

En el valle de Fiambalá pueden diferenciarse también niveles de bajada pleistocénicos y holocénicos generados por diferentes pulsos de gradación pedemontana, en opinión de Deri & Ciccioioli (*op. cit.*). El primero en el margen occidental del valle y el nivel más moderno desarrollado en ambos márgenes con una morfología característica de una bajada aluvial (Rubiolo *et al.* 2001).

En la parte central del valle se observan niveles de pedimentos originados por la erosión fluvial de los depósitos neógenos. El más antiguo, está representado al pie del cerro Torres y dispuesto sobre las sedimentitas miocénicas de la Formación Tambería. El otro nivel de pedimentación se observa sobre las sedimentitas pliocénicas.

Formación Tambería

Los sedimentos terciarios de la Formación Tambería afloran en la cuenca de antepaís de Fiambalá con una potencia de 3,7 km de espesor. Suprayacentes se encuentran las Formaciones Guanchín y Rodados de la Puna (Turner, 1967) (Figura 19).

El perfil levantado por Deri *et al.* (2018, 2019) a lo largo de la RN60 registra tres de los seis miem-

bros informales reconocidos por Turner (*op. cit.*) en función de las variaciones litológicas. En D (Figura 11 c) Deri *et al.* (2018) se realiza un análisis paleoambiental del miembro inferior conformado por areniscas y menor proporción de conglomerados y pelitas. Deri *et al.* (2019) indican que este miembro tiene un espesor de 1426 m y corresponde a los miembros 2 y 3 de Turner (*op. cit.*).

El miembro medio coincide con el miembro 4 de Turner con una potencia de 1165 m conformado por conglomerados grises masivos y con estratificación horizontal intercalada de pelitas rojizas y areniscas.

El miembro superior de 1415 m muestra mayor variedad litológica y es equivalente a los miembros 5 y 6 de Turner. Litológicamente está compuesto de areniscas multicolores, pardo-rojizo, pardo y gris verdoso, masivas con estratificación horizontal alternando con pelita marrón oscura y conglomerados grises. La presencia de niveles tobáceos caracteriza a esta unidad hacia el techo definiendo el pasaje transicional hacia la Formación Guanchín.

En general, los sedimentos de la Formación Tambería son interpretados como un sistema fluvial de baja sinuosidad con canales multiepisódicos separados por planicies con dunas eólicas.

Edad y contenido paleontológico

Deri *et al.* (2019) señalan que la Formación Tambería constituye el registro sedimentario Oligoceno-Mioceno de la cuenca de antepaís de Fiambalá de acuerdo con el análisis de circones detríticos realizados por Safipour *et al.* (2015). Los resultados obtenidos de este estudio indican una edad de 23,9 Ma (Oligoceno superior) para el miembro inferior, el miembro medio 15,39 Ma (Mioceno medio) y una edad de 8,12 Ma (Mioceno superior) para el miembro superior.

Cabe señalar que el ejemplar de leño descrito en Baez (2021), es el primer registro fósil de esta formación.

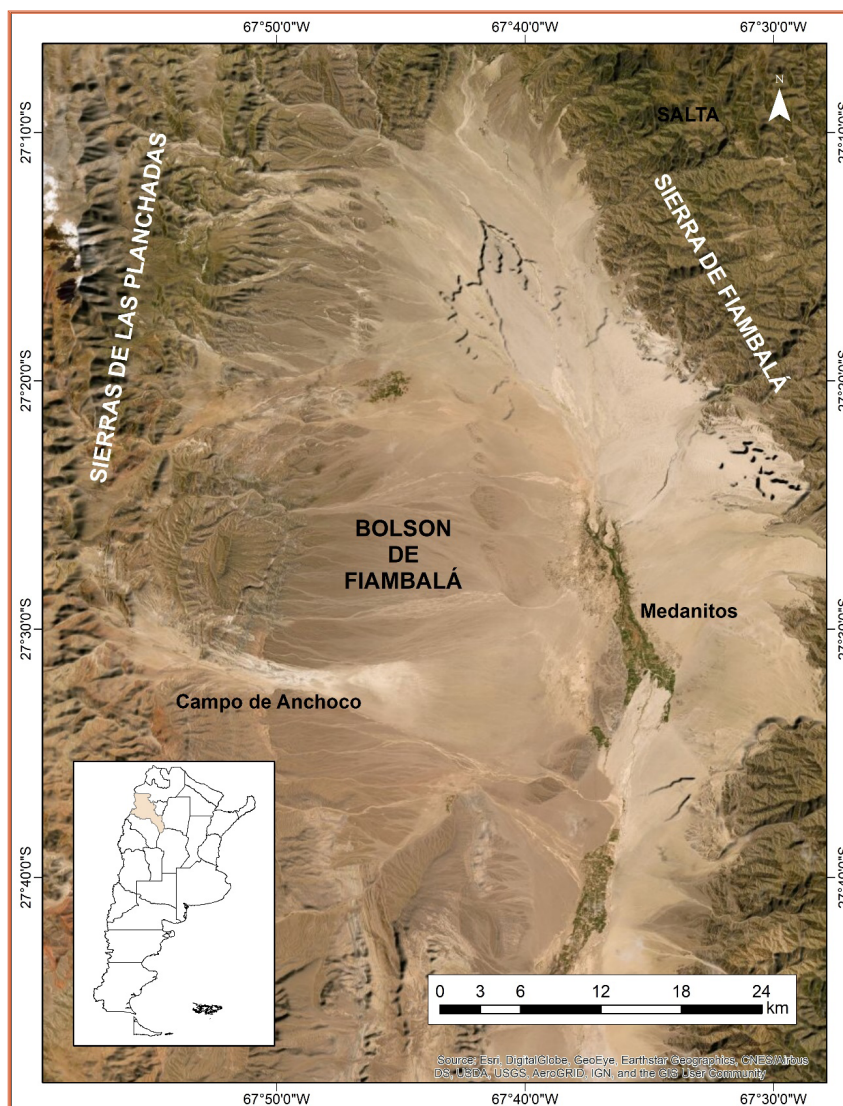


Figura 18. Mapa de localización del área fosilífera.

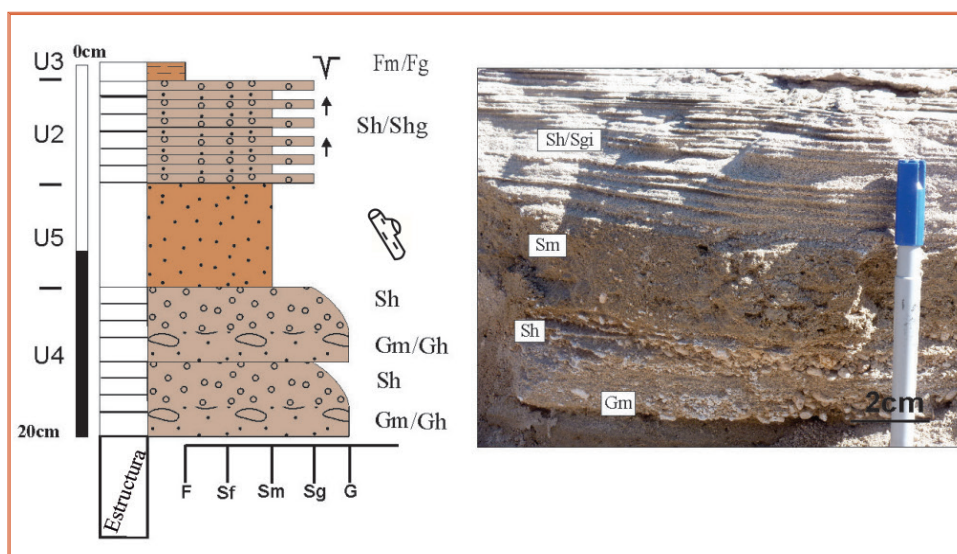


Figura 19. Fragmento del perfil sedimentológico del yacimiento fosilífero, ubicado en la orillas del río Fiambalá. Tomado y modificado de la Figura 10 b de Deri & Ciccioli (2018).

4. CUENCA DE VINCHINA

La cuenca de Vinchina (Figuras 20 y 21) es uno de los depocentros terciarios ubicados en el noroeste de la provincia de La Rioja relacionado con la orogenia andina dentro del segmento central que abarca las Sierras Pampeanas, el Sistema de Famatina, la Precordillera y la Cordillera Frontal (Ramos, 1999).

De acuerdo con los análisis de Limarino *et al.* (2001), ha sido considerada un ejemplo clásico de cuenca de antepaís; asimismo, estructuras transpresivas vinculadas al accionar conjugado de los lineamientos de Desaguadero-Valle Fértil y Tucumán (Rosello *et al.* 1996) jugaron un papel crítico en la evolución de esta cuenca.

Esta acción de fallamientos, sumado a la tectónica compresional andina contribuyó al ascenso de bloques de basamento durante la evolución de la cuenca.

Los casi 10.000 metros de sedimentos terciarios de esta unidad afloran conformando la sierra de Los Colorados, con una dirección NE-SO (Ramos 1970; Ciccioli *et al.* 2010; 2011).

Está limitada al norte y sur por los bloques de basamento de las Sierras Pampeanas, sierras de Toro Negro y Umango-Espinal respectivamente. Al este, con el Sistema de Famatina, y al oeste el Bolsón de Jagüel marca su límite con la Precordillera.

La estratigrafía de la cuenca de Vinchina despertó el interés de numerosos investigadores, que se citan a continuación, quienes consideraron su relleno de edad neógena.

La primera propuesta estratigráfica del área fue la de Turner (1960, 1962, 1964). Este autor denominó a las unidades terciarias como formaciones Vinchina y Toro Negro, las que asignó al Mioceno (Calchaquense) y Plioceno (Araucanense), respectivamente.

Ramos (1970) mapeó fidedignamente las secuencias terciarias de la sierra de Los Colorados, empero a dichas formaciones les dio la jerarquía de Miembros (inferior y superior), respectivamente.

Pero Borrello & Cuerda (1968) y más tarde Caselli *et al.* (2002) reconocieron la presencia de dos nuevas unidades litoestratigráficas en la cuenca que no habían sido establecidas en el área, las formaciones Puesto La Flecha y Vallecito.

Los estudios de tenor sedimentológico-estratigráfico realizados por Marensi *et al.* (2000) señalaron la presencia de discordancias progresivas dentro de la Formación Vinchina.

Para esta unidad, Limarino *et al.* (2001) y Tripaldi *et al.* (2001) hicieron las primeras interpretaciones paleoambientales detalladas. Pero fueron Ciccioli *et al.* (2004, 2005) los que analizaron el contacto entre las formaciones Vinchina y Toro Negro en la Quebrada de La Troya y dieron a conocer las primeras edades radimétricas para el contacto entre los miembros inferior y superior de la última formación. Ciccioli (2008) prosiguió obteniendo más información de la Formación Toro Negro a través de un exhaustivo estudio estratigráfico y sedimentológico (Figura 20).

Las correlaciones entre las secuencias terciarias de la región fueron efectuadas por Reynolds (1987),

Tabbutt (1986), Tabbutt *et al.* (1987, 1989), Ramos *et al.* (1988), Ré & Vilas (1988, 1990), Ré & Barredo (1993a, b), Ré (1994, 1996), Ré & Rapalini (1997), Ramos (1999) y Caminos & Fauqué (2001) sobre la base de estudios paleomagnéticos, radimétricos y tectónicos.

Formación Vinchina

Turner (1964), la identifica como una potente sucesión de bancos rojos, de unos 5.100 m de espesor. Según este autor, la base de esta unidad está en contacto con las rocas metamórficas de la Formación El Espinal, sin embargo, en el área de afloramiento de la Sierra de Los Colorados no se observa el piso, ya que se encuentra cubierta por sedimentos recientes.

En otro sitio, al norte en las quebradas de Los Pozuelos, El Cardón y Los Loros frente al Puesto Los Alanices, la Formación Vinchina se apoya, mediante una leve superficie erosiva, sobre las sedimentitas eólicas correspondientes a la Formación Vallecito.

Suprayacente a la Formación Vinchina se deposita la Formación Toro Negro, mediando una importante discordancia erosiva más evidente en la quebrada de Los Pozuelos y de La Aguada, hacia el sector norte de la cuenca.

En los depósitos de la Formación Vinchina, han sido reconocidos los dos miembros definidos por Ramos (1970). Litológicamente, el miembro inferior está compuesto por areniscas rojas y, en menor medida, por pelitas, con grandes grietas de desecación depositadas en sistemas fluviales efímeros. Aquí la presencia de un nivel tobáceo de color verde y de gran extensión areal caracteriza a estos sedimentos que puede ser reconocido en toda la sierra de Los Colorados.

Como se mencionó más arriba, el miembro superior se inicia con una superficie erosiva de bajo relieve sobre la que se disponen varias camadas de ortoconglomerados polimícticos, frecuentes en la Quebrada de La Troya. El miembro superior de la Formación Vinchina presenta mayor variación litológica que refleja importantes cambios laterales y verticales en las facies de los ambientes depositacionales.

En el sector norte, está integrado por conglomerados y areniscas con menor proporción de sedimentos pelíticos, que se interpreta como un sistema fluvial areno-conglomerádico de los tipos entrelazado y anastomosado.

No obstante, hacia el Sur, predominan los sedimentos finos (areno-pelíticos) evidenciando que los sistemas fluviales se vuelven más arenosos, y ocasionalmente aparecen secuencias lacustres efímeras.

Características, contenido paleontológico y edad

Desde los primeros estudios de Frenguelli (1950) referidos al hallazgo de restos de vertebrados, a través del esfuerzo de diversos investigadores, nuevos hallazgos se dieron a conocer plasmados en estos trabajos: Bonaparte (1965), Arcucci *et al.* (1999), Rodríguez-Brizuela (2002, 2003, 2004), De Iullis *et al.* (2004), Rodríguez-Brizuela & Tauber (2006) y Krapovickas *et al.* (2007).

Esta unidad era bien conocida en el área y, de hecho, forma una parte sustancial del relleno de la cuenca homónima (Turner 1964, Ramos 1970). Tabbutt *et al.* (1987) la asignó al Mioceno superior, pero Ciccioli *et al.* (2010) la consideran más antigua (Oligoceno-Mioceno temprano). Krapovickas & Nasif (2010) dieron a conocer huellas de dinómidos (Dinomyidae, Hystriognathi), reportando una edad Oligoceno tardío para la Formación Vinchina.

Formación Toro Negro

La Formación Toro Negro constituye junto con la infrayacente Formación Vinchina la Sierra de Los Colorados (Turner 1964; Ramos 1970).

El estratotipo de esta unidad en la Quebrada de La Troya, tiene una potencia de 2000 m expuesto hacia el sector central de la Sierra de Los Colorados (Anzótegui, *et al.* 2019).

Litológicamente está conformado por areniscas pardas y rojizas con predominio de matriz ferruginosa; con niveles pelíticos verdes y marrones intercaladas con conglomerados gruesos; polimícticos, de aspecto masivo y piroclastos. Las estructuras sedimentarias son calcos de carga y grietas de desecación en la superficie del estrato.

Características, contenido paleontológico y edad

Rodríguez-Brizuela & Tauber (2006) señalaron que el análisis de facies es interpretado como un ambiente de depósito fluvial caracterizado por ríos entrelazados de baja sinuosidad y carga predominantemente arenosa para el miembro inferior y de abanicos aluviales de alta eficiencia de transporte para el miembro superior.

Ciccioli *et al.* (2005) han analizado los niveles piroclásticos para precisar la edad de esta formación en 8,6 y 6,8 Ma mediante dataciones.

Estos resultados sumados al análisis de la asociación faunística realizada por Rodríguez-Brizuela & Tauber (2006), asignaron a esta unidad estratigráfica una antigüedad Mioceno tardío-Plioceno inferior.

Sin embargo, Ramos (1970) afirmó que se encontraron huesos de aves y mamíferos pliocénicos asignados a *Plesiomegatherium sp.*, no obstante, De Lullis *et al.* (2004) reasignan a *Pyramiodontherium sp.* y esta reasignación confirma la edad pliocénica.

El registro paleobotánico fue mencionado por Rodríguez-Brizuela & Tauber (2006), pero fueron Martínez & Rodríguez-Brizuela (2011) quienes estudiaron un leño asignado a las Leguminosae: *Gleditioxylon riojana* (Caesalpinoideae), único registro conocido de maderas hasta la presentación de este trabajo.

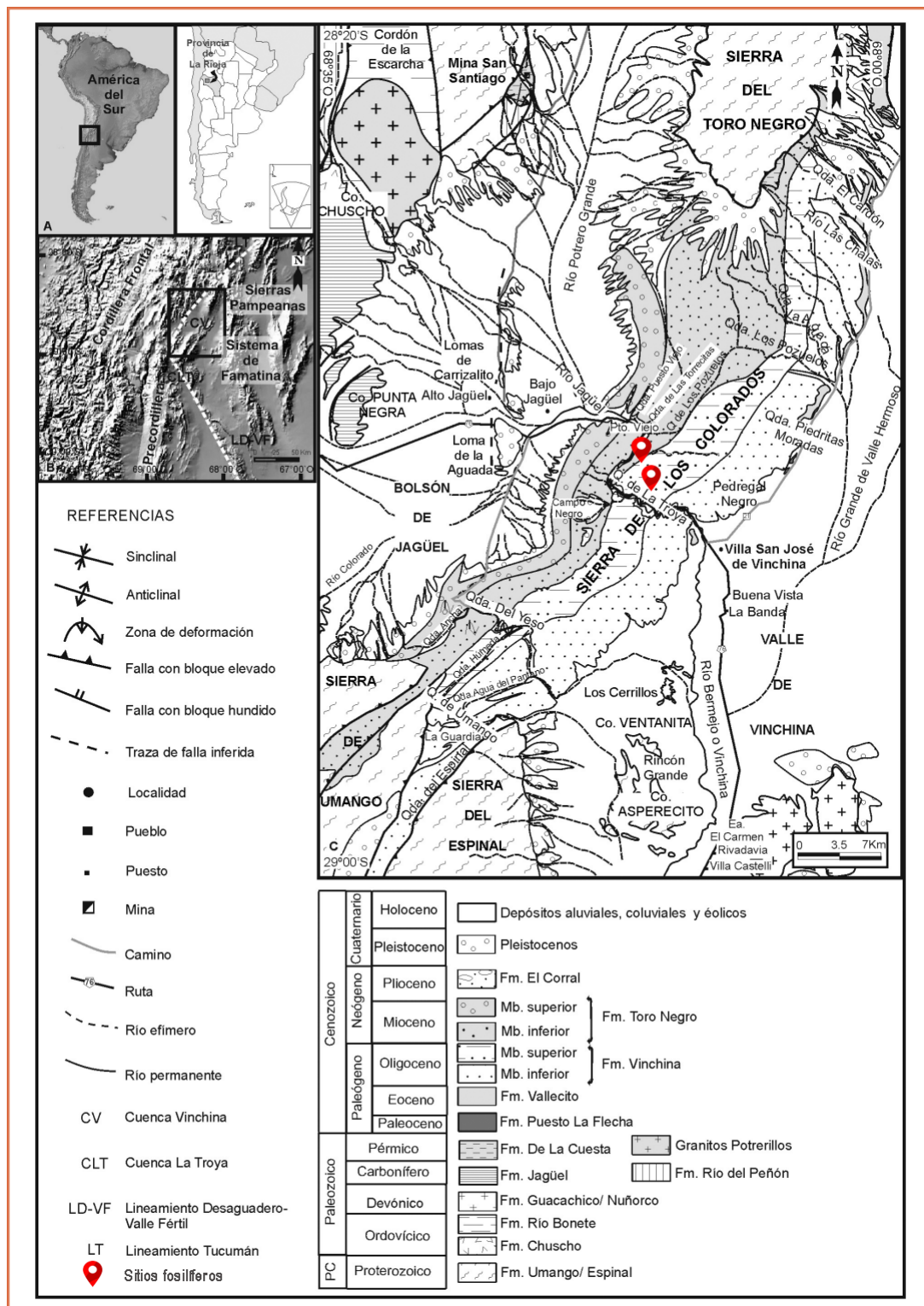


Figura 20. a) Mapa de ubicación; b) Unidades morfoestructurales que limitan al área de estudio y c) Mapa geológico de la cuenca de Vinchina y alrededores. Tomado de Ciccioli *et al.* (2010), en el se insertan los sitios de hallazgo de las maderas fósiles.



Figura 21. Vista de un sector de la Cuenca de Vinchina (La Rioja). Gentileza del Lic. Pablo Barrios.



CAPITULO 3

Materiales y métodos

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describen las tareas de campo realizadas para obtener las muestras de leños y las técnicas utilizadas para procesar los materiales en el laboratorio. También se mencionan los criterios sistemáticos adoptados para la determinación taxonómica de las maderas fósiles.

Por último, se enuncian cuáles son los índices aplicados en los leños fósiles como un soporte adicional para caracterizar el paleoambiente de las formaciones.

1. TAREAS DE CAMPO

Las tareas de campo fueron en gran medida el núcleo de esta tesis en su fase inicial; realizadas entre mediados del año 2016 y fines de 2019 en las provincias de Catamarca, Tucumán, Salta y La Rioja (Figura 1-4).

Las muestras fueron debidamente fotografiadas y etiquetadas indicando las coordenadas geográficas del sitio de muestreo y procedencia estratigráfica. Cuando los ejemplares eran de tamaño considerable se tomaron fragmentos con cincel y piqueta.

Siguiendo los perfiles sedimentológicos de diversos autores, según la unidad estratigráfica portadora de los troncos, se ubicó en los diferentes perfiles correspondientes los niveles que albergaban los leños fósiles estudiados en este trabajo de Tesis Doctoral.

Se colectaron ejemplares permineralizados ya sea por sílice, siderita, carbonato o cementados por yeso o toba. Lepekhina (1972) menciona que Yatsenko-Khmelevsky (1948) señalaron que el tipo de mineralización puede afectar la presencia de alguna característica anatómica de un taxon; pudiendo estar presentes en muestras con el mismo grado de preservación, pero petrificadas por un mineral diferente. Esto se consideró al observar los materiales que procedían de la Formación Palo Pintado, muy frágiles pues están permineralizados por carbonato, toba y sílice en menor grado; mientras que los procedentes de las demás formaciones son silicificados y con mayor dureza. Asimismo, en todos los casos, se prestó atención a la composición litológica de las rocas circundantes (Figura 5).

En los afloramientos se logró obtener un registro tridimensional de las piezas y recabar información de carácter tafonómico de acuerdo a Mac Donald & Jefferson (1985) y Kidwell *et al.* (1986). En sus trabajos, enuncian que la disposición de los ejemplares en el perfil, ya sea perpendicular o paralela a los estratos, está en relación a la corriente fluvial. Por otro lado, en la fisionomía del ejemplar queda registrado el desgaste ocasionado por la fricción y colisión de la carga de material sólido transportado en relación a la energía de la corriente del río.

Otra característica tafonómica es la que se observa en las maderas de la Formación Corral Quemado aflorante en la localidad homónima, ya que morfológicamente presentan costillas y surcos (Figura 6). Un interesante aspecto a investigar y que no se ha repetido en las maderas de las otras secuencias estratigráficas estudiadas.

Una característica a señalar es que las condiciones de fosilización en las secuencias de la Formación Las Arcas no han sido las adecuadas dado que las pocas muestras halladas no estaban bien conservadas.

1.2. Procedencia geográfica y estratigráfica de las muestras analizadas

La Tabla 1 consigna las muestras que fueron coleccionadas en el área de los valles Calchaquíes en distintas localidades donde afloran los sedimentos neógenos de los grupos Payogastilla (Salta) y Santa María (Catamarca y Tucumán) y las cuencas del Bolsón de Fiambalá (Catamarca) y Vinchina (La Rioja).

Grupo/Cuenca	Formación	Localidad
Payogastilla	Palo Pintado	Quebrada El Estanque
Santa María	San José	Río Seco Tiu Punco Tolombón
	Chiquimil	Cerro Pampa
	Las Arcas	Entre Ríos
	Andalhuala	Portal de Julipao Encalilla Los Poronguillos
	Corral Quemado	Puerta de Corral Quemado
	Yasyamayo	Quebrada de Amaicha
Bolsón de Fiambalá	Tambería	Bolsón de Fiambalá
Vinchina	Vinchina	Quebrada de La Vaca
	Toro Negro	Quebrada La Troya

Tabla 1. Procedencia de los materiales fósiles estudiados en la presente Tesis Doctoral.

2. TAREAS DE LABORATORIO

2. 1. Repositorio

Los materiales analizados pertenecen a las Colecciones Paleontológicas de la UNNE Dr. Rafael Herbst depositadas en la Sección Paleobotánica bajo el acrónimo CTES-PB y CTES-PMP en el Centro de Ecología aplicada del Litoral CECOAL-CONICET-UNNE, 2,5 km, Corrientes y las muestras 045-047, pertenecen a la Colección Paleobotánica LIL-Pb de la Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

2. 2. Descripción de las técnicas

Se empleó la técnica convencional de elaboración de 3 cortes delgados: transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial, partiendo de una muestra pétrea obtenida durante el trabajo de campo. Se comenzó con la rotulación, limpieza y ubicación del punto de interés específico en la superficie (Whitmann, 1831), visto en Archangelsky (1970). En el caso de ser una muestra friable o poco consolidada, se procede a la impregnación al vacío con resina epoxi, el mismo tipo de resina que se usara en el resto de la preparación.

Posteriormente se procede a cortar con sierra diamantada con el objetivo de obtener un prisma y una superficie plana donde está ubicado el potencial punto de estudio o zona de interés. Dicha cara o superficie se pule comenzando con abrasivos en polvo del tipo carburo de silicio de diferente granulometría o mallas, en el siguiente orden: 90, 180, 400 y finalmente 600; obteniendo de esta forma una superficie plana y lisa.

Esta superficie una vez lavada y seca se adhiere a un portaobjeto de vidrio con tratamiento especial de pulido previo para mejorar su adhesión. Se coloca el prisma con la cara lavada y el vidrio sobre una superficie caliente (mufla) a una temperatura de 60° y se procede a pegar los elementos tratados: prisma y vidrios con una resina epoxi de dos componentes transparentes con índice de refracción similar al vidrio.

Al cabo de 24 horas el prisma queda adherido al vidrio y se lleva a una cortadora. Ésta corta la muestra y la desgasta a una altura de 50 μm (aprox.) obteniendo así una lámina adherida al portaobjeto. La misma es pulida manualmente con carburo de silicio en orden de granulometría: 600, 800 y 1200 hasta 40 μm (*i.e.* Hass & Rowe, 1999); evaluando los resultados permanentemente con lupa y microscopio petrográfico.

Concluido este proceso y como último paso se cubre con bálsamo de Canadá sintético y cubreobjeto para protección y preservación de la muestra final.

Peel: aunque no se obtuvieron resultados favorables, con las maderas fósiles silicificadas estudiadas en esta Tesis Doctoral, se practicó esta técnica que está basada en la realización de los siguientes pasos: se

obtienen cortes que son pulidos con abrasivos hasta obtener una superficie lisa.

Se ataca esa superficie pulida con ácido; si el material es de naturaleza silíceo se hará con ácido fluorhídrico y si es calcáreo con ácido clorhídrico; dependiendo del material varía el tiempo de ataque. Se lava con agua para eliminar el ácido y se deja secar.

Se cubre la superficie atacada con acetona e inmediatamente con un papel de acetato que cumple la función de adherir las paredes celulares que quedan en sobrerrelieve.

Si se desea colorear se introduce la lámina de acetato en una solución de alcohol 80° con safranina aproximadamente 15' a 20'. Se seca con papel de filtro y luego se monta.

Montado: se pone en plancha caliente (aproximadamente 110°C) Bálsamo de Canadá en un portaobjeto, colocando el peel y el cubreobjeto por encima, presionando para que salga todo el aire y dejando secar (Figura 7-10).

2.3. Mediciones, terminología e identificación taxonómica

Con la mayoría de los fragmentos leñosos, se obtuvieron buenos resultados. Sin embargo, de los coleccionados en la Formación Palo Pintado, sólo el 30% estaban en condiciones de ser estudiados. Similar situación se presentó en las maderas de la Formación Vinchina procedentes de la localidad Quebrada de La Vaca siendo deficiente su estado de preservación debido al grado de meteorización química por oxidación. Presentaron compresiones parciales y alteraciones producidas durante la diagénesis.

Las observaciones y fotografías se hicieron con microscopio DL500, cámara (Leica ICC 50) y lupa estereoscópica Leica M50, cámara digital Leica EC3 CECOAL-CONICET-UNNE (Figura 11).

Asimismo, se utilizó en algunos casos, el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) JEOL 5800LV de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). La preparación de las muestras implica seccionar fragmentos de maderas de no más de 4 mm para ponerlas en una caja de Petri sobre láminas de aluminio. Seguidamente son metalizadas con un baño de oro.

Para las medidas de los distintos elementos anatómicos se registraron promedios de al menos 25 mediciones; en todos los casos se cita primero la media y entre paréntesis las medidas mínimas y máxima, tomadas con el software EZ.

La terminología utilizada es del Glosario de Términos de la Asociación Internacional de Anatomistas de Maderas (IAWA Committee, 1989), Carlquist (2001), Kribs (1935), Boureau (1957), Tortorelli (1956, 2009), Cozzo (1964), las clasificaciones estándar de Chattaway (1932) y Avise & Johns (1999). Asimismo, se consultaron las descripciones de maderas actuales de Metcalfe & Chalk (1950), recopilaciones de Gregory (1994) y el catálogo de Gregory *et al.* (2009) sobre los géneros y especies fósiles de magnoliópsidas. Se siguió la clasificación sistemática Chase *et al.* (2016) y las bases de datos disponibles de InsideWood (2004-en adelante).

Para realizar las descripciones anatómicas de angiospermas monocotiledóneas se siguió la terminología de diversos autores, entre ellos Schultz (1832), Schenk (1882), Stenzel (1904) Tomlinson (1961), El-Saadawi (1997), El-Saadawi *et al.* (2004), Thomas (2011), Tomlinson *et al.* (2011) y Thomas & de Franceschi (2013).

La terminología utilizada para determinar las gimnospermas corresponde a la lista de caracteres microscópicos para la identificación de maderas blandas (IAWA, Committee, 2004) y Philippe & Bamford (2008).

2. 4. Análisis de datos e ilustración

Para el procesamiento de los caracteres obtenidos se usaron planillas de datos confeccionadas en Microsoft Excel 2013, en las que se cargaron las descripciones anatómicas y los datos numéricos, discriminándose entre datos continuos y datos discretos.

Las fotografías de campo fueron tomadas con cámara Fujifilm XT30. La confección de las láminas compuestas por dibujos, esquemas y fotografías, fueron realizadas y procesadas en el marco de los programas Adobe Photoshop v 22.5.1 y Adobe InDesign v 16.4.

3. ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE INTERÉS TAFONÓMICO

Las plantas producen un cierto número de órganos, cada uno de los cuales pueden aparecer representado en el registro fósil de muy diversas maneras. Las maderas pueden preservarse posteriormente de ser enterradas en sedimentos faltos de oxígeno, con presencia de agua y sales minerales (sílice o carbonato cálcico) a través de un proceso de fosilización llamado permineralización. Las sales invaden los tejidos porosos y los espacios intercelulares rellenándolos y luego solidificándose o recristalizándose. Mientras, parte de la materia orgánica se destruye o degrada (Fernández López, 2000).

Se encuentran *in situ* o rodadas en el sedimento, con una preservación diferenciada, retrabajadas en relación al transporte, deposición y preservación.

Los leños guardan desde el punto de vista anatómico-sistemático información del pasado, referida a cómo fueron las condiciones de vida de la planta y el ambiente donde se desarrollaron. Los datos que aportan dan cuenta del clima reinante en el periodo geológico en que existieron.

En la transición de los restos orgánicos desde la biosfera a la litosfera se produjeron distintos mecanismos de alteración tafonómica experimentando modificaciones en su composición, estructura y ubicación espacio-temporal (Fernández López, 2000), los cuales son tenidos en cuenta al llevarse a cabo el análisis de los elementos conservados en las xilotaofloras de las formaciones estudiadas.

En los grupos Payogastilla, Santa María y cuencas de Bolsón de Fiambalá y Vinchina, de cerca de 41 muestras coleccionadas, 39 comprenden fragmentos de leño secundario. Solamente 2 conservaron el

xilema primario y la médula, o al menos parte de ellos.

En el año 1985, Konll enuncia que en la mayoría de los casos la silicificación ocurre en los estadios iniciales del sepultamiento, en profundidades de 1 a 10 metros. Scott & Collinson (1983) consideran que la permineralización de los espacios intersticiales debió haber ocurrido antes que el depósito de los sedimentos sea significativo, pues son conservadas las características tridimensionales del tronco a nivel celular; finalmente produciéndose réplicas de la estructura, permineralizada. En general, son destruidos todos los tejidos primarios, persistiendo el leño tardío más rico en lignina y celulosa, debido a que son compuestos orgánicos refractarios y resistentes a la degradación.

Una situación desfavorable para la fosilización se presenta en la Formación Las Arcas donde las condiciones de los depósitos habrían sido oxidantes, esto es evidenciado por la presencia de sedimentos rojizos y la escasez de fósiles bien preservados. La estructura celular de los leños aparece alterada por la mineralización ferruginosa del grupo de óxidos hematíticos que indicaría que los primeros estadios de fosilización transcurren a partir de su precipitación (Mussa, 1982).

Por otro lado, las condiciones no son las mismas en la Formación San José, donde los sedimentos amarillentos contienen pequeñas raíces, bioturbación y en algunos casos moteados de colores violáceos; los que sugieren estacionalidad climática como responsables de variaciones cíclicas del nivel freático.

Algunos de los atributos referidos a la mineralogía de estos leños ya se enunciaron en el ítem tareas de campo.

4. CARACTERES ANATÓMICOS UTILIZADOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MADERAS DE ANGIOSPERMAS

Para la identificación de las maderas aquí tratadas se realizó una detallada descripción de los elementos diagnósticos presentes.

Los leños de las angiospermas se caracterizan por presentar vasos que sirven para la conducción de agua y sales; células parenquimáticas encargadas de almacenar y producir sustancias y fibras que actúan de sostén. Es necesario distinguir estas características anatómicas para poder identificarlas en los cortes transversales y longitudinales del leño secundario (Moglia & Gimenez, 1998).

A continuación, se ilustran los caracteres microscópicos que propone IAWA Committee (1989) para la identificación sistemática y que son utilizados en este trabajo.

Corte transversal:

Anillos de crecimiento: el xilema producido durante un período de crecimiento forma una capa cilíndrica, que en corte transversal del tallo se llama anillo de crecimiento; pueden ser marcados o ausentes.

Porosidad: disposición de los vasos en el leño

- Circular: cuando existen diferencias contrastantes en diámetro y/o cantidad de vasos entre el leño temprano y tardío;
- semicircular: cuando el diámetro y el número de los vasos disminuye en forma gradual hacia el leño tardío. Condición intermedia entre porosidad circular y difusa;
- difusa: cuando los vasos son más o menos uniformes en tamaño y número en todo el anillo de crecimiento.

Tipos de vasos

- Solitarios;
- múltiples cortos (2 a 3 vasos);
- múltiples largos (de 4 o más)
- agrupados.

Tipos de parénquima axial

Parénquima apotraqueal: no se halla asociado a los vasos

- difuso: células aisladas entre las fibras;
- difuso agregado: pequeños grupos de células agrupadas en cortas líneas, discontinuas, tangenciales u oblicuas.

Parénquima paratraqueal: cuando el tejido parenquimático se halla asociado a los vasos

- escaso: células parenquimáticas aisladas alrededor del vaso;
- unilateral: células parenquimáticas formando una vaina incompleta o casquete alrededor del vaso;
- vasicéntrico: células parenquimáticas formando una vaina completa alrededor del vaso;
- aliforme: parénquima rodeando al vaso o a ambos lados del mismo y con expansiones laterales;
- confluyente: unión de parénquima vasicéntrico y aliforme alrededor de uno o más vasos y formando frecuentemente bandas irregulares.

Parénquima en bandas: bandas de parénquima que pueden contar con un número variable de células, anchas (de más de tres células)

- angosto (menos de tres células);
- reticulado;
- marginal.

Contenidos: compuestos químicos (también pueden ser carbohidratos y lignina) que

suelen hallarse en los vasos y células parenquimáticas; estas sustancias pueden ser: cristales, taninos, gomas, resinas, tilosis.

Radios: de trayecto recto o sinuoso.

Corte longitudinal radial:

Contenidos: cristales, taninos, gomas, resinas, tilosis

Radios (composición celular de los radios):

- células parenquimáticas homogéneas o heterogéneas;
- células procumbentes, cuadradas y/o erectas y marginales.

Tipos de placas de perforación: las placas de perforación son aberturas que se encuentran ubicadas en los extremos de los elementos vasos, permitiendo el paso de fluidos de un vaso a otro en dirección longitudinal. Existen varios tipos de placas de perforación:

- simples;
- escalariiformes;
- reticuladas;
- foraminadas;
- combinaciones de placas.

Corte longitudinal tangencial

Radios: difieren en altura, cantidad /mm² y ancho (uniseriados, biseriados, multiseriados.)

Estructura estratificada: es la ordenación en pisos de los siguientes elementos: vasculares, parénquima axial y radios.

Se distinguen dos tipos básicos **completa e incompleta** según la participación de todos o solo una parte de los mismos.

Tipos de punteaduras: en las paredes longitudinales, radiales y tangenciales el elemento de vaso posee puntuaciones o punteaduras, que vinculan su lumen con el de otras células. Estas puntuaciones varían en tipo tamaño y número; pudiendo ser areoladas o semiareoladas. Pueden encontrarse en disposición: alterna, opuestas o escalariiformes; siendo la forma de la areola circular a oval, poligonal u ornada.

Fibras. Constituyen el 50% o más del volumen de las maderas de dicotiledóneas. Pueden tener septos o no. Algunas presentan puntuaciones. Tienen una pared engrosada.

5. CARACTERES ANATÓMICOS QUE EVIDENCIAN ADAPTACIÓN Y ACLIMATACIÓN EN MADERAS DE ANGIOSPERMAS

A la hora de evaluar la efectividad de la conducción del agua y la adaptación a diferentes ambientes, se tuvo en cuenta los siguientes caracteres: porosidad difusa, diámetros tangenciales pequeños, vasos numerosos, con predominio de vasos múltiples radiales cortos, los elementos vasculares cortos y placas de perforación simple, caracteres tenidos en cuenta por la fisiología comparativa. También se observó la presencia de otras estrategias adaptativas en función del hábitat. En el trabajo de Moglia & Giménez (1998) enuncian que las especies arbóreas de regiones tropicales húmedas tienen su sistema xilemático preparado para conducir grandes volúmenes de agua en poco tiempo, presentando elementos vasculares largos, vasos medianos a grandes y poco numerosos. Por el contrario, las especies que viven en ambientes áridos y semiáridos, deben estar preparadas para conducir la escasa cantidad de agua distribuida en un período anual determinado; en consecuencia, para asegurar la conducción y disminuir el riesgo de embolia, presentan vasos pequeños, muy numerosos y agrupados.

Es importante identificar estos rasgos adaptativos que están pautados genéticamente por la selección natural para enfrentar las variaciones causadas por el stress en su hábitat (Carlquist 1977, 2001; Baas *et al.* 1983). Asimismo, distinguir éstos de los rasgos de aclimatación en su morfología y fisiología ajustados por cada individuo para compensar la disminución en su rendimiento como respuesta al stress inicial (Lambers *et al.* 2008).

6. APLICACIÓN DE ÍNDICES ECOLÓGICOS

Es importante tener en cuenta los caracteres anatómicos mencionados arriba que favorecen un transporte eficiente del agua y que están en relación con la humedad y la sequía del hábitat. Además, esos rasgos están vinculados con la filogenia de esos taxones. Razón por la cual, Carlquist (1977) formuló dos índices que relacionan la anatomía de la madera con la humedad ambiental donde crecieron las plantas.

El primero de ellos es el índice de Vulnerabilidad IV que es igual al cociente entre el diámetro promedio de los elementos de los vasos y la frecuencia de vasos por mm^2 . Es decir, para un valor mayor a 1 son vulnerables a la cavitación y menor a 1 son seguras en la conducción del agua. Moglia & Gimenez (1998) además señalan que esto indica una mayor capacidad para soportar el estrés de agua o congelación.

Generalmente, cuanto más alto sea el valor del diámetro de vasos menor será su densidad por mm^2 y más grande será el valor de IV, es decir menos resistentes a la embolia (esto es eficiencia en la conducción hídrica).

El segundo es el índice de Mesomorfía (IM) que consiste en multiplicar el índice de vulnerabilidad por la longitud promedio de los elementos de los vasos. Para un valor mayor a 200 las maderas son mesomórficas ($\text{IV} > 1$; $\text{IM} > 200$) y valores por debajo de 200 corresponden a maderas xeromórficas ($\text{IV} < 1$;

IM < 200) (Carlquist, 1977, 2001).

Otro índice a tener en cuenta es el método de Reconstrucción Paleoclimática por Coexistencia elaborado por Mosbrugger & Utescher (1997). Se basa en la suposición de que la mayoría de los taxones de plantas del Neógeno tienen requerimientos climáticos parecidos a los de sus parientes vivos más cercanos teniendo en cuenta la flora estudiada en su conjunto y brindando datos cuantitativos para diversos parámetros climáticos; a diferencia de otros procedimientos utilizados para este periodo basados en la presencia de determinadas especies.

Desde el punto de vista paleoecológico, en latitudes del hemisferio norte, se usa la agrupación de taxones diferenciados en elementos “arctoterciarios y paleotropicales” dirigido exclusivamente a caracterizaciones cualitativas o relativas (Alcalde Olivares, 2012).

Otros investigadores, una vez establecida la presencia o ausencia de los taxones característicos de un yacimiento de flora fósil, tienen en cuenta sus preferencias climáticas comparándolas con floras actuales para inferir datos del paleoclima.

Las características de los anillos de crecimiento de la madera o la forma de las hojas son consideradas como otro procedimiento para evaluar sus respuestas a las condiciones climáticas, aunque pertenezcan a grupos taxonómicos diferentes (Traiser *et al.* 2007).

Se sabe que por causas tafonómicas la presencia o ausencia de un taxon en la flora fósil puede no corresponder a su proporción real; es por ello que el método de coexistencia tiene en cuenta la presencia de un taxon y no su abundancia. En consecuencia, no afecta a la reconstrucción paleoclimática.



Figura 1. Observación de la textura y naturaleza de los sedimentos en la Formación Palo Pintado.



Figura 2. Colecta de material en la localidad de Encalilla.



Figura 3. Hallazgo del leño enterrado en los sedimentos de la Formación Vinchina.



Figura 4. Detalle del leño de la Figura 3.



Figura 5. Vista del leño inmerso en los sedimentos miocénicos de la Formación Palo Pintado.



Figura 6. Aspecto del fragmento de leño con costillas procedente de la Formación Corral Quemado.



7



8



9



10

Figuras 7, 8 y 9. Laboratorio de Petrotomía de la Universidad Nacional de Salta donde se procesaron algunas de las muestras. **10.** Sres. Omar y Ricardo Domínguez (técnicos del Lab. de la UNSA).



Figura 11. Lab. de Microscopía (CECOAL-CONICET-UNNE).



CAPITULO 4

Resultados

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

Este capítulo se centra en las descripciones morfoanatómicas y determinaciones sistemáticas de numerosas maderas de angiospermas y una gimnosperma procedentes de afloramientos del Mio-Plioceno del noroeste argentino con el propósito de reconstruir la composición xiloflorística de ese área. La combinación de caracteres anatómicos puntuales permitió distinguir familias de angiospermas y gimnospermas e identificar los taxones fósiles.

Para ello se siguieron los criterios sistemáticos de diversos autores enunciados en el capítulo 3. Las descripciones siguen un orden sistemático sin agruparlas de acuerdo a su procedencia estratigráfica.

El estudio de las maderas fósiles representa una valiosa fuente de información que puede utilizarse para evaluar las tendencias evolutivas en las angiospermas como ser las placas de perforación de escalariformes a simples, los elementos de vasos largos a cortos (Wheeler & Bass, 1991; Moglia & Jiménez, 1998; Baas *et al.* 2004). Según Bailey & Tupper (1918) los elementos de vasos con placas de perforación escalariformes y punteaduras escalariformes derivaron de elementos imperforados con punteaduras escalariformes.

Ha de tenerse en cuenta también el tipo de porosidad que está en función del diámetro de los vasos que deben transportar agua adaptándose a las características del medio quien cubrirá las necesidades de la planta en el ambiente en que ésta se desarrolla.

La abundancia y distribución del parénquima axial también varió considerablemente dentro de este grupo de plantas. Es así que las maderas del Cretácico tenían abundante parénquima y radios altos. En cambio, desde el Neógeno predomina el parénquima escaso y abundante fibras septadas que cumplen el rol del parénquima que otrora era el principal responsable de almacenar agua (Wheeler & Lehman 2000; Wheeler & Bass, 1991).

Los análisis realizados en este capítulo permiten inferir las condiciones paleoclimáticas y paleoambientales de esta región detalladas en el siguiente capítulo.

Listado de las especies estudiadas

SPERMATOPHYTA Willkomm 1854

Gymnospermae

Orden Pinales (Dumortier) Gorozhankin 1904

Familia Podocarpaceae Endlicher 1847

Especie *aff. Circoporoxylon krausellii* Martínez & Lutz 2007

Angiospermae

Monocots *sensu* Chase *et al.* 2016

Orden Arecales Bromhead 1840

Familia Arecaceae Berchtold & Presl *nom. cons.* 1820

Especie *Palmoxylon romeroi* Franco, Brea & Herbst 2014

Eudicots *sensu* Chase *et al.* 2016

Orden Fabales *sensu* Chase *et al.* 2016

Familia Leguminosae *sensu* Nasim *et al.* 2017

Nov. gen. et sp. 1

Especie *Peltophoroxylon indicum* (Ramanujam) Müller-Stoll & Mädél

Paracacioxylon odonelli Müller-Stoll & Mädél 1967

Paraalbizioxylon caccavariae Martínez 2014

Menendoxylon vasallensis Lutz 1979

Menendoxylon lutzi Baez & Crisafulli 2021

Gleditsioxylon fiambalense Baez 2021

Gleditsioxylon nov. sp. 1

Mimosoxylon tenax (Felix) Müller-Stoll & Mädél 1967

Piptadenioxylon chimeloi Suguio & Mussa 1978

Orden Oxalidales Berchtold & Presl 1820

Familia Elaeocarpaceae Jusseau 1816

Especie *Elaeocarpoxyton sloaneoides* Petriella 1972

Orden Malvales Berchtold & Presl 1820

Familia Malvaceae Jussieu 1789

Especie *Bastardioxylon antiqua* Baez & Crisafulli 2021

Orden Lamiales Bromhead 1838

Familia Bignoniaceae Juss. 1789

Especie: *Nov. gen. et sp.* 2

Nov. gen. et sp. 3

Orden Myrtales Rchbf. 1828

Familia Combretaceae Brown 1810

Especie *Terminalioxylon nov. sp. 1*

Terminalioxylon nov. sp. 2

Materiales indeterminados

Lote 1 Cuenca de Vinchina

Colecciones Paleontológicas de la UNNE Dr. Rafael Herbst: 2 muestras

Lote 2 Grupo Santa María

Colecciones Paleontológicas de la UNNE Dr. Rafael Herbst: 5 muestras

Lote 3 Grupo Payogastilla

Colecciones Paleontológicas de la UNNE Dr. Rafael Herbst: 8 muestras

Gymnospermae

Características y algunos registros fósiles en Argentina

Las gimnospermas, también conocidas como división Pinophyta son árboles de gran utilidad e importancia económica que se desarrollan actualmente en climas templados y fríos de los hemisferios norte y sur.

Son productoras de semillas pero no se forman en un ovario cerrado y no evolucionan a un fruto como ocurre en las angiospermas. Tardan en reproducirse y son polinizadas por el viento (a excepción de las cícadas y algunas gnétidas). Sus estructuras reproductivas son definidas como ramas de crecimiento limitado, productora de hojas fértiles o “esporófilos”.

Las cícadas, el ginkgo y un clado de coníferas y gnétidas conforman el conjunto de gimnospermas vivientes. Estos cuatro grupos representan sólo unas 15 familias. Todas, excepto las gnétidas, tienen traqueidas en su xilema (Judd *et al.* 2007).

Los cambios en la vegetación gimnosperma en el hemisferio sur a lo largo del tiempo geológico están bien documentados en el registro fósil de Argentina como se ilustra a continuación. (Herbst *et al.* 2007).

La xilotaoflora paleozoica está representada en las distintas formaciones que afloran en nuestro país. En el Carbonífero merece citarse la Formación Jejenes (San Juan) estudiadas por Petriella (1982),

Brea & Césari (1995), Césari *et al.* (2005) y Pujana (2003, 2005).

El primer estudio detallado de maderas pérmicas fue realizado por Archangelsky (1960) en la cuenca de Tepuel-Genoa (Chubut). Otros estudios para xilofloras coetáneas fueron ejecutados por Crisafulli & Herbst (2008) en el Pérmico inferior de la Formación Solca, continuando con el análisis xilológico de la Formación La Antigua (Herbst & Crisafulli, 1997; Crisafulli & Lutz, 2007) en La Rioja y Crisafulli *et al.* (2000) y Gómez *et al.* (2015) en la xiloflora de la Formación Carapacha en La Pampa.

Variados grupos taxonómicos como las Pteridospermales, Cordaitales, Ginkgoales, Coniferales y Taxales (Crisafulli *et al.* 2015) conformaban la xilotafoflora del Paleozoico.

Las maderas de este periodo se caracterizaban por ser picnoxílicas, con médulas homogéneas/heterogéneas con canales secretores y/o células esclerenquimáticas. Algunas compactas, otras con médulas tabicadas o diafragmadas. Preservaban un xilema primario endarco, mesarco o exarco formando proyecciones cuneiformes hacia la médula.

El xilema secundario se distinguía por los diversos arreglos en la disposición de las punteaduras biseriadas, multiseriadas principalmente y uniseriadas, contiguas o espaciadas en las paredes radiales de las traqueidas; combinaciones que evolucionaron a lo largo del Paleozoico para mejorar la circulación del agua en el xilema. Esta especialización se dio en el Mesozoico, tiempo en el que las gimnospermas alcanzaron su acmé.

La xilotafología triásica en la provincia de San Juan ha sido analizada con sumo detalle desde la segunda mitad del siglo XX por diversos autores; entre otros, Herbst, Archangelsky, Lutz, Bodnar, Drovandi, Colombi, Vallejos Leiz, Gnaedinger y Crisafulli quienes analizaron el contenido xilológico de las formaciones Ischigualasto, Carrizal, Los Rastros y las que integran el Grupo Sorocayense (Herbst *et al.* 2007; Bodnar *et al.* 2019; Vallejos Leitz *et al.* 2022).

En Mendoza se destacan los trabajos de Menéndez (1951), Artabe *et al.* (1998), Herbst *et al.* (2007), Crisafulli & Herbst (2010), Gnaedinger & Zavattieri (2020), Zuliani & Crisafulli (2021), sobre el análisis de las xilotafofloras gimnospérmicas de las formaciones Chiuído y Llantenes, Paramillo, Río Blanco.

En la provincia de Río Negro, fueron examinadas las maderas de la Formación Paso Flores, (Zamuner & Artabe, 1994) mientras que en la provincia de Santa Cruz fue estudiada la lignoflora de las formaciones Laguna Colorada y Cañadón Largo que conforman el Grupo El Tranquilo (Crisafulli & Herbst, 2011).

Las paleoxilofloras jurásicas de las formaciones El Freno Lanés *et al.* (2013) y Gnaedinger *et al.* (2015), Piedra Pintada y Roca Blanca (Neuquén) han sido estudiadas por Gnaedinger (2006) y Gnaedinger & Herbst (2009).

Zamuner & Falaschi (2005) y los diversos trabajos de Gnaedinger (2007 a y b), Gnaedinger & Herbst (2006) a lo largo de la primera década del siglo XXI referidos al contenido xilológico de la Formación La Matilde en Santa Cruz, otorgan una visión ajustada de la riqueza en maderas fósiles que albergan

esos sedimentos.

Algunas de las numerosas contribuciones paleobotánicas para el Cretácico de Argentina que se citan aquí son los registros de Petriella (1978), Ancibor (1995), Del Fueyo (1998), Artabe *et al.* (2004, 2005), Martínez & Lutz (2007), Vera (2007, 2010), Martínez (2012) y Martínez & Artabe (2012).

Las características de esos bosques no diferían en cuanto a tamaño de los árboles y plantas de la actualidad; generalmente emparentados con las araucarias y cipreses, hay algunas diferencias significativas, pero los estudios afirman que a lo largo del tiempo conservaron la misma estructura.

Las investigaciones detalladas de estos autores han sugerido que el estrato arborescente de la comunidad registrada en las distintas unidades estratigráficas habría estado compuesto por gimnospermas (Coniferales, Ginkgoales, Cycadales, Bennettitales, Pteridospermales) y Filicales; incluso algunos helechos arborescentes habrían rivalizado en altura con las gimnospermas más altas y con las palmeras. Es así que se inició una competencia con las angiospermas que adaptadas a distintos ambientes por la especialización de sus caracteres anatómicos comenzaron la conquista de diversos nichos ecológicos, disminuyendo el protagonismo de las gimnospermas que tuvieron su acmé en el Mesozoico.

Los registros gimnospermicos para el Paleógeno (Paleoceno, Eoceno y Oligoceno) son muy diversos. Las familias Podocarpaceae y Cycadaceae dominaban el paisaje. Estos hallazgos provienen de las formaciones Salamanca, Peñas Coloradas, Cerro Bororó (Chubut) gracias a los aportes de Petriella (1972), Ruíz (2018) entre otros. La xilología de Cerro Azul (Río Negro) fue estudiada por Conwentz (1885) y revisada por Crisafulli & Herbst (2014). Artabe & Stevenson (1999) describieron las maderas de la Formación Allen (Neuquén). Brea (1998), Brea *et al.* (2005) y Brea & Franco (2015) hicieron lo propio con las de la Formación La Meseta (Río Negro), entre otros trabajos importantes.

En el Mioceno temprano de las formaciones Río Guillermo y Río Leona la xiloflora gimnospérmica está ejemplificada por *Agathoxylon sp.* y *Podocarpoxyylon sp.* (Ruíz, 2018).

SPERMATOPHYTA Willkomm 1854

Orden Pinales (Dumortier) Gorozhankin 1904

Familia Podocarpaceae Endlicher 1847

Género *Circoporoxylon* (Kräusel) Kräusel & Jain 1963

Especie tipo. *Circoporoxylon priscum* Kräusel & Jain 1963

aff. Circoporoxylon krauselii Martínez & Lutz 2007

Figura 1 (1–9)

Material estudiado. CTES-PMP: 3784 a, b, c

Localidad. Puerta de Corral Quemado.

Procedencia geográfica. Catamarca, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Corral Quemado.

Edad. Plioceno inferior-medio.

Descripción. Fragmento silicificado de leño picnoxílico con anillos de crecimiento distintos (Figura 1. 1). En sección transversal las traqueidas tienen contorno poligonal variado a causa de la compresión radial que ha sufrido. La laminilla de las traqueidas exhibe signos de daños en algunas regiones. El diámetro tangencial de las traqueidas es de 50 (48–55) μm , el radial de 31 (28–33) μm y las paredes son de 7 ca. de espesor. Unas 5 (3–8) traqueidas separan los radios entre sí (Figura 1. 2). No se observa parénquima axial ni canales de resina. En sección longitudinal radial en las paredes de las traqueidas se observan punteaduras circulares a ovaladas, uniseriadas, contiguas, algunas aplastadas y unas pocas espaciadas. (Figura 1. 8, 9). Las biseriadas son alternas en su mayoría, y escasas opuestas. Miden en promedio 12 (10–15) μm de diámetro. Las aperturas de las punteaduras son en su mayoría redondeadas a ovales de 5–7 μm de diámetro. No se observan barras de Sanio. En los campos de cruzamiento hay una punteadura circular simple que ocupa el centro del mismo. En unos pocos campos se observan dos punteaduras. En este último caso se disponen en una fila horizontal (Figura 1. 3–7). En sección longitudinal tangencial el sistema radial es homogéneo, los radios son homogéneos y uniseriados. Tienen 10 (4–14) células de altura y una frecuencia de 8 (5–16) radios por mm^2 . Hay punteaduras uniseriadas, areoladas ovaladas y contiguas en las traqueidas (Figura 1. 8, 9).

Discusión. El arreglo y disposición de algunas punteaduras afines al tipo abietinoide en las paredes de las traqueidas, los campos de cruzamiento de tipo circoporoide y la altura y seriación de los radios son atributos anatómicos que se han observado y que permiten considerar a este ejemplar afín a las Podocarpaceae. Algunos de los taxones incluidos en esta familia son *Podocarpoxylon* Gothan 1904, *Phyllocladoxylon* Gothan 1904, *Protophyllocladoxylon* Kräusel y *Circoporoxyton* (Kräusel) Kräusel & Jain 1963 (Bamford & Philippe, 2001; Gnaedinger, 2007; Philippe & Bamford, 2008). Esta distinción se basa en la caracterización de las punteaduras tipo ooporos u oculíporos en los campos de cruzamiento y en el arreglo de las punteaduras en las paredes de las traqueidas. Cabe señalar que Ziilstra & Phillippe (2020) modifican la sigla original de *Protophyllocladoxylon* por *Protophyllocladoxylon* (Kräusel) Mussa 1958 (Vallejos Leiz *et al.* 2022).

Philippe *et al.* (1995) define los términos ooporos y oculíporos. El primero indica la presencia de una punteadura en el campo de cruzamiento con borde simple o muy delgado, mientras que el término “oculíporo” hace referencia a la presencia en las punteaduras de los campos de cruzamiento.

Kräusel (1949) reconoció 4 géneros con ooporos: *Circoporoxylon*, con todos los ooporos circulares, *Glyptostroboxylon* con ooporos en el leño temprano y oculíporos en el leño tardío, *Phyllocladoxylon* con al menos algunos ooporos elípticos y *Sciadopityoxylon* Schamalhausen con ooporos de varias formas y medidas (Xia *et al.* 2020).

Xia *et al.* (2020) realizan un detallado cuadro con 9 especies de *Circoporoxylon* mostrando punteaduras separadas y contiguas en las traqueidas; ausencia de canales de resina; algunas especies con 1-4 circoporos en los campos de cruzamiento mientras que otras sólo tienen un único circoporo grande que ocupa la mayor parte del campo (Müller-Stoll & Schultze-Motel, 1990) como se aprecia en esta muestra.

C. priscum de Alemania y *C. glyptostrobinum* de Ucrania, son especies coetáneas al material de Corral Quemado, pero se diferencian porque presentan parénquima axial y esta última, además, radios biseriados.

En Argentina hay especies de *Circoporoxylon* desde el Jurásico (Gnaedinger, 2007) al Cretácico (Del Fuego 1998 y Martínez & Lutz 2007). La lectura detallada de la Tabla 1, denota similitudes en las características del material estudiado con *C. krauselii* Martínez & Lutz de la Formación Huincul en el Cretácico de Neuquén. La única diferencia es que éste posee radios uni, bi y triseriados, empero el fósil de Corral Quemado tiene exclusivamente radios uniseriados. Se considera que este único carácter no es un argumento suficiente para crear un nuevo taxón. Asimismo, Prasad (1978) encontró que en el mismo ejemplar del leño que estudiaba, desde la región medular a la perifería del xilema secundario, la altura y la seriación de las células de los radios cambiaban.

Por lo tanto, es el primer registro de *Circoporoxylon krauselii* para el norte argentino. Se tuvo en cuenta para esta determinación la observación detallada de los poros en los campos de cruzamiento ya que a veces, la mineralización de fusinita o lignina puede modificar el poro y parecer un oculíporo (Gerards *et al.* 2007).

Por otro lado, se consideró las características de la madera analizada para establecer comparaciones con algunas especies de *Podocarpoxylon* que se consignan en la Tabla 2. La lectura de la misma posibilita descartar la inclusión en este taxón. Se estableció comparaciones con *Prunnopityoxylon gnaedingeriae* (Franco & Brea 2015 con el que comparte la presencia de anillos de crecimiento, punteaduras uniseriadas y biseriadas (aunque con diferencias en la proporción y en la disposición) radios homocelulares uniseriados y la ausencia de parénquima axial. No obstante el número de punteaduras en los campos de cruzamiento es mayor en el ejemplar estudiado por estas autoras (hasta 6).

Distribución estratigráfica del taxón en el Neógeno de América del Sur. Éste es el primer registro.

Previamente citado para el Neógeno de Ucrania y Alemania.

Afinidad botánica actual. *Podocarpus parlatorei* Pilg.

Distribución actual de las Podocarpaceae. Australia, SE de Asia, Sudamérica y África.

Taxón	Cita	Anillos de crecimiento	Parénquima axial	Campos de cruzamiento	Punteaduras radiales	Radio (células)	Otros caracteres	Edad/ Localización
<i>Circoporoxylon glyptostrobinum</i> (Schmalhausen) Kräusel & Jain, 1964	Xia <i>et al.</i> (2020)	D	A	1 gran circoporo que ocupa todo el campo	Uni-multi-seriadas, alternas a opuestas, separadas o contiguas	1, 1-15		Neógeno. Ucrania, Europa
<i>C. priscum</i> (Prill) Kräusel & Jain, 1964	Xia <i>et al.</i> (2020)	I	P	1-4, simple, circular	Uni-multi-seriadas, opuestas, separadas o contiguas	1, 1-2	Crásulas	Mioceno. Alemania
<i>C. gregussii</i> Del Fueyo, 1998	Xia <i>et al.</i> (2020)	D	P	1-(2), simple, circular	Uni o bi- seriadas, separadas, opuestas	1-2, 1-50	Crásulas	Cretácico tardío. Argentina
<i>C. kraussellii</i> Martínez & Lutz 2007	Martínez & Lutz (2007)	D	A	1	Uniseriadas o biseriadas, contiguas o separadas. Alternas u opuestas	Uni-bi-tri seriados	Placas de resinas	Cretácico temprano. Neuquén Argentina
<i>C. tibetense</i> Xia <i>et al.</i> 2020	Xia <i>et al.</i> (2020)	I		1 (2) grandes elípticas a redondeadas, raramente oblicuas aplastadas	Uniseriadas, espaciadas algunas contiguas circulares o débilmente aplastadas			Jurásico. Tibet, China
<i>Circoporoxylon kraussellii</i>	Este trabajo	D	A	1 punteadura amplia en el centro, simple, escasas biseriadas opuestas	Uniseriadas, circulares a ovaladas, contiguas, algunas aplastadas y pocas espaciadas. Biseriadas alternas, escasa opuestas	1, 4-14		Mioceno, Argentina

Tabla 1. Características anatómicas de algunas especies de *Circoporoxylon*. Tomado y modificado de Xia *et al.* (2020).

Taxón	Cita	Anillos de crecimiento	Parénquima axial	Campos de cruzamiento	Punteaduras radiales	Radios (células)	Otros caracteres	Edad/ Localización
<i>Podocarpoxylon aegyptiacum</i> Kräusel (= <i>Mesembrioxylon aegyptiacum</i> Boureau)	Kräusel (1939); Boureau (1948, 1950)	D	P	1 (o más). Punteaduras con inclinación vertical	1-2 s	1s. 1-10	aff. <i>Protopodocarpoxylon sensu</i> Philippe <i>et al.</i> (2004)	Cretácico y Cenozoico. África
<i>P. chandrapurensis</i> Rajanikanth & Sukh-Dev	Rajanikanth & Sukh-Dev (1989)	D	P	1-2. Punteaduras aparentemente areoladas	1 (2) s	1s. 1-18		Jurásico. India
<i>P. dakotense</i> Torrey	Torrey (1923)	D	A	1 "ooporo" y areoladas	1 s	1s. 2-12		Cretácico. A. del Norte
<i>P. feruglioi</i> Gnaedinger	Gnaedinger (2007)	D	A	1-2. Punteaduras tipo "podocarpoides"	1 (2) s abietinoides	1s. 1-10	placas de resina	Jurásico. Patagonia
<i>P. garciae</i> Del Fueyo	Del Fueyo (1998)	I	Escaso	1 (2) Punteaduras circulares. Preservación pobre	1 (2) s	1s. 2-3 (1-15)		Cretácico. Patagonia
<i>P. gothani</i> Stopes (= <i>Phyllocladoxylon gothani</i> (Stopes) Kräusel, = <i>Mesembrioxylon gothani</i> (Stopes) Seward)	Stopes (1915); Nishida (1966)	D	Escaso	1. Punteaduras grandes y simples	1 s	1s. 2-4 (1-10)		Cretácico. Europa, Asia
<i>P. kulakkalnattamensis</i> Agarwal & Rajanikanth	Agarwal & Rajanikanth (2004)	D	A	1-2. Punteaduras tipo "podocarpoides"	1-2 s	1 (2) s. 2-16		Cretácico. India
<i>P. kurilense</i> Blokhina	Blokhina (1988)	D	P	1-2. Punteaduras con apertura vertical a oblicua	1 s	1s. 1-17		Cenozoico. Asia
<i>P. latrobensis</i> Greenwood	Greenwood (2005)	I	Raro	1 (2). Punteaduras con bordes anchos, apertura oblicua a raramente vertical	1-2 s	1s. 1-2		Mioceno. Australia
<i>P. palaeoandinum</i> Nishida	Nishida (1984)	I	P?	1. Punteaduras simples, grandes y ovóides	1 s	1s. 1-6 (13)		Eoceno. Patagonia
<i>P. pantii</i> Bera & Sen	Bera & Sen (2004)	D	A	1-2. Punteaduras ovaladas, simples o "podocarpoides", apertura oblicua	1-2 s	1s. 3-15 (1-42)	Algunas células de los radios con resinas	Cenozoico. India
<i>P. sciadopityioides</i> Shilkina	Shilkina (1967)	D	A	1 (2). Punteaduras grandes y simples	1-2 s	1s. 1-8	Crásulas	Cretácico. Asia
<i>P. spicatifformis</i> Nastschokin	Nastschokin (1962)	D	Escaso	1 (2). Punteaduras con bordes estrechos	1 s	1s. 1-10 (1-25)		Cretácico. Asia
<i>P. totara</i> (Evans) Evans (= <i>Podocarpus totara</i> Evans)	Nobes (1922); Evans (1931, 1936, 1937)	I?	A	1	1s	1 (2)s	Células de los radios con resinas, Kräusel (1949)	Cenozoico. Nueva Zelanda
CTES-PMP 3784	Este trabajo	D	A	1 punteadura amplia en el centro, simple, escasas biseriadas opuestas		1, 4-14		Mioceno. Argentina

Tabla 2. Características anatómicas de algunas especies de *Podocarpoxylon*.

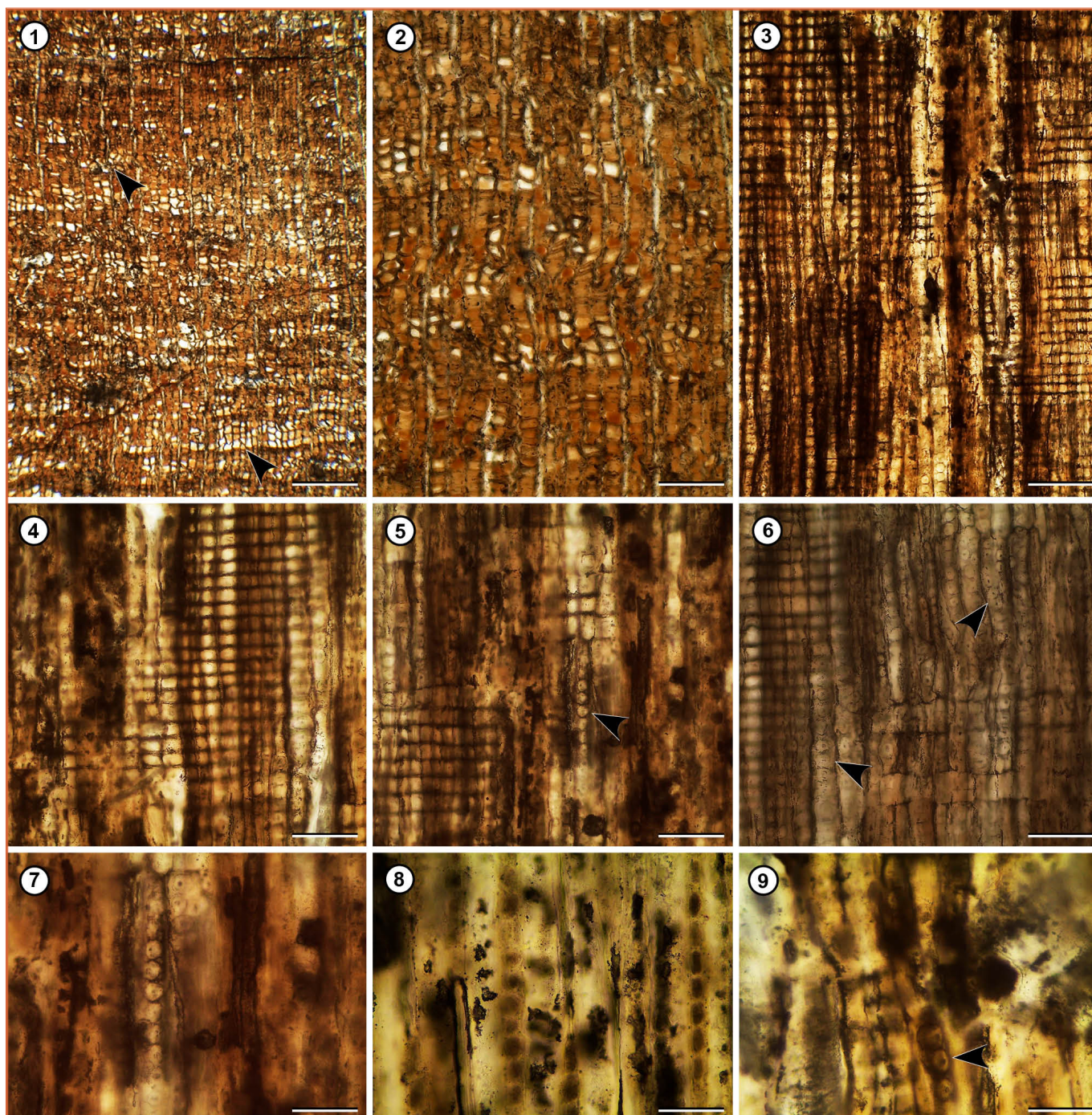


Figura 1. 1–9: aff. *Circoporoxylon krausellii* Martínez & Lutz 2007. CTES-PMP: 3784 a, b, c. a. Corte transversal (1–2). 1. Leño picnoxílico con anillos de crecimiento distintos. 2. Detalle de las traqueidas. b. Corte longitudinal radial (3–7). 3. Aspecto general de las traqueidas y campos de cruzamiento. 4, 5. Punteaduras uniseriadas, circulares, contiguas y campos de cruzamiento circoporoide. 6, 7. Punteaduras uniseriadas y biseriadas. (Flechas: en 6: uniseriadas espaciadas y biseriadas alternas; en 7: biseriadas opuestas). c. Corte longitudinal tangencial. 8, 9. Radios homogéneos, uniseriados, punteaduras uniseriadas contiguas y espaciadas en las paredes de las traqueidas (flecha). Escalas: 1, 3= 250 μm ; 2, 4, 5, 6= 100 μm ; 7= 50 μm ; 8, 9= 25 μm .

Angiospermae

Clasificación y orígenes

Las Angiospermas son un grupo de plantas que producen flores cuyas semillas (óvulos) están encerradas en frutos (carpelos). Presenta una gran abundancia y diversidad de especies, alrededor de 250.000 (Palmer *et al.* 2004, en Rodríguez 2018).

Desde el Paleógeno, las angiospermas son el clado de plantas más rico en especies desarrollándose en casi todos los hábitats terrestres y también acuáticos. Aunque algunas investigaciones sugieren que su origen podría situarse en el Triásico superior con eventos discontinuos de radiaciones en el Jurásico y el Cretácico inferior entre los 140-135 Ma (Li *et al.* 2019, Coiro *et al.* 2020); la evidencia fósil sostiene la aparición de las primeras angiospermas en el Cretácico temprano (Mejia *et al.* 2006 y Prámparo *et al.* 2007).

La morfología de los fósiles de principios del Cretácico sugiere un parentesco estrecho con tres órdenes basales Austrobaileyales, Chloranthales y Nymphaeales (Li *et al. op. cit.*, Coiro *et al. op.cit.*).

En esta última década, los estudios filogenéticos han avanzado en el conocimiento sobre su evolución como lo refleja la clasificación del Grupo de Filogenia de las Angiosperma que incluye a estos tres órdenes en el grupo parafilético denominado ANA (Chase *et al.* 2016).

El grupo denominado ANITA es parafilético y comprende: Amborellales, Nymphaeales, Illiciales y Trimeniaceae-Austrobaileya (Chase *et al.* 2016). De este estudio se desprende que las Amborellaceae son hermanas de todas las angiospermas existentes, seguidas de las Nymphaeales y las Austrobaileyales y el resto de las angiospermas se denominan mesangiospermas compuesto por 5 linajes monofiléticos: Magnóolidas, Chloranthales, Monocotiledóneas, Ceratophyllales y Eudicotiledóneas.

MONOCOTYLEDONEAE *sensu* Chase *et al.* 2016

Chase (2004) señala que las monocotiledóneas son una de las principales radiaciones de las angiospermas y han sido reconocidas como grupo desde los estudios sobre la estructura de las semillas realizados por John Ray en el siglo XVII.

Se diferencian del resto de las angiospermas por la posesión de un solo cotiledón (frente a los dos de otras).

Hay otras diferencias en su arquitectura vegetativa, que hacen probable que las monocotiledóneas resulten ser monofiléticas (Tomlinson, 1995).

La mayoría de sus hojas presentan venación paralela; sus partes florales son trímeras, sin embargo, no es un rasgo exclusivo, ya que las Annonaceae y Aristolochiaceae también las poseen. Los haces vasculares están dispersos en sus tallos (atactostela) sin producción de floema y xilema secundario. No es posi-

ble distinguir los límites entre córtex, cilindro vascular y médula.

A pesar de carecer de un cambium vascular, algunas monocotiledóneas (por ejemplo, *Yucca*, *Aloe*, *Dracaena* y *Cordyline*), pueden convertirse en árboles mediante el aumento del diámetro del tallo a través de un proceso denominado crecimiento secundario “anómalo”. En este caso, las plantas son capaces de añadir nuevos haces vasculares y parénquima al cuerpo primario, aumentando así su circunferencia. Otras monocotiledóneas, como los estípites de las palmeras (Arecaceae) y los plátanos (Musaceae), son incapaces de añadir nuevos haces. Por lo tanto, estos “árboles” no son más que “hierbas” que crecen en exceso (Zimmerman & Tomlinson, 1970).

Las monocotiledóneas se diferencian del otro gran clado de angiospermas, las eudicotas, por la posesión de polen uniaperturado, más comúnmente monosulcado a diferencia del polen triaperturado de las eudicotas.

Para el estudio anatómico del siguiente ejemplar se tuvieron en cuenta las siguientes características:

- Tipo y forma de los haces vasculares.
- Número de los vasos del metaxilema.
- Caracteres y disposición del parénquima.
- Número de cordones y forma de floema.
- Tipo y forma de los corpúsculos de sílice.
- Presencia y naturaleza de los contenidos celulares.

Estas observaciones se realizaron de acuerdo a las pautas de Stenzel (1904), Ancibor (1995), Thomas & Franceschi (2013) para la caracterización de palmeras fósiles clasificándolas en tres grupos siguiendo la nomenclatura estructural actual.

A continuación, en virtud de los rasgos anatómicos que el material fósil preserva, solo se mencionan los sobresalientes en corte transversal que permitieron la identificación a nivel sub familia.

Grupo 1:

Los haces vasculares (hvs) se hallan extendidos en sentido radial. Presentan 1 a 2 vasos de metaxilema (MXL).

Las fibras forman un casquete voluminoso del lado del floema (FL), con algunas pocas fibras y parénquima (pq) del lado del xilema (XL). Estos caracteres por comparación con las palmeras actuales pertenecerían a la sub familia Sabaloideae.

Grupo 2:

Los hvs se hallan extendidos en sentido tangencial presentando de 4 a 6 vasos de MXL de diámetros reducidos y de 6 a 12 elementos de protoxilema (PXL).

Las fibras forman un casquete voluminoso del lado del FL y hay sólo parénquima (pq) del lado del XL. Por los caracteres observados y comparados, el Grupo 2 pertenecería a la sub familia Coccoideae.

Grupo 3:

Los hvs presentan un contorno parecido a una calavera y se hallan algo extendidos radialmente. Los vasos del MTL son generalmente de 2 a 3, más raro 4. Los del PXL pueden llegar a 14. Las fibras forman un casquete muy voluminoso del lado del FL y se disponen en una capa de disposición radial del lado del XL. Por todos los caracteres observados y su comparación con palmas actuales se puede decir que pertenecen a la sub familia Phoenicoideae.

Un carácter general para los 3 grupos fósiles y los actuales son las células de las vainas de los hvs que se disponen en forma tangencial y nunca radial (Romero, 1968).

Orden Arecales Bromhead 1840

Familia Arecaceae Berchtold & Presl *nom. cons.* 1820

Subfamilia Coryphoideae Burnett 1835

Tribu Cryosophileae Dransfield *et al.* 2005

Género *Palmoxylon* Schenk 1882

Especie tipo. *Palmoxylon blanfordii* Schenk 1882

Palmoxylon romeroi Franco, Brea & Herbst 2014

Figura 2 (1–9)

Material estudiado. CTES-PMP: 3785 a, b, c

Localidad. Portal de Julipao.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Andalhuala.

Edad. Plioceno inferior.

Descripción. Fragmento de estípite de palmera compuesto por tejido fundamental y haces fibrovasculares que forman una atactostela. De los tres sectores que se diferencian en un estípite de palmera: cortical, subcortical y cilindro central; sólo se ha conservado este último. En corte transversal se observan haces fibrovasculares dispuestos en forma regular próximos entre sí. La densidad promedio es de 4 haces fibrovasculares por 0,6 cm². Los haces vasculares se presentan extendidos en forma tangencial. Presentan de 3 a 5 vasos de MTL y de 3 a 6 elementos de PLX. El protoxilema se ubica en la región externa de los haces. La posición del metaxilema es entre el protoxilema y el floema mal preservado. Los elementos de los va-

El diámetro de los elementos del protoxilema es de 30 (20–50) μm . Las fibras esclerenquimáticas forman un casquete voluminoso del lado del FL y las células de los elementos del protoxilema tienen un diámetro de 30 (20–50) μm . Las fibras esclerenquimáticas forman un casquete voluminoso del lado del FL y hay células parenquimáticas del lado del xilema. Las paredes de las fibras varían de grosor y son plurilaminadas en este corte y en corte longitudinal (Figura 2. 2, 8, 9). En el lumen amplio de las fibras hay contenidos oscuros. Rodeando en su totalidad al haz fibrovascular hay una capa diferenciada de parénquima tabular formada por células alargadas y arqueadas de paredes delgadas. Los hvs y el pq tabular están inmersos en el pq fundamental (Figura 2. 1, 2). En él se distinguen dos tipos de células. Algunas de contorno poligonal (ovooidal, circular o rectangular); sin embargo, la mayoría es de forma alargada con paredes engrosadas, que, ramificándose al azar, forman zonas con espacios intercelulares bien marcados. En la sección longitudinal las células parenquimáticas aparecen como hileras verticales continuas. Son de tamaño irregular con paredes engrosadas. Se observan placas de perforación simples vasos del protoxilema y metaxilema (Figura 2. 3). En esta sección se ven las células del parénquima tabular de contorno irregular, engrosamientos helicoidales y punteaduras intervasculares opuestas (Figura 2. 4, 5, 6). Se identifican estegmatas de forma globular con sílice. Hay células con taninos (Figura 2. 7).

Discusión. Los siguientes elementos han sido útiles para diagnosticar este material:

- Forma de los hvs: alargados tangencialmente.
- Presencia de corpúsculos de Si esféricos, contenidos celulares (taninos), laminación de las paredes de las fibras esclerenquimáticas. Número de vasos en el metaxilema (Ancibor, 1995) y presencia de septos en las fibras Tomlinson (1961) para diferenciar subfamilias.

La presencia de uno, dos o más vasos metaxilemáticos es característica únicamente de la sub familia: Coryphoideae debido a que las otras sub familias presentan solo hasta dos elementos metaxilemáticos por haz fibrovascular (Thomas & Franceschi, 2013). Estas plantas antes pertenecían al orden Principales, familia Palmae, y subfamilia Coccoideae (visto en Ancibor, 1995).

La muestra de Puerto Julipao presenta rasgos que se asimilaran a los representantes de la tribu Cryosophileae *sensu* Dransfield *et al.* (2005) que se caracterizan por presentar el patrón general del tallo del tipo Coccus, de acuerdo a la clasificación de Von Mohl (1823; 1850); re descripción de Thomas (2011) y Thomas & Franceschi (2013).

El taxón característico de Arecales Bromhead 1840 es *Palmoxylon* Schenk 1882 que reúne a los estípites fósiles de palmeras.

Stenzel (1904) propuso una clasificación basada en la distribución de los haces vasculares en relación a su ubicación en el tallo y en la forma de la región fibrosa. Los agrupó de esta forma: 1. Antiguensia; 2. Cordata; 3. Sagittata; 4. Complanata; 5. Reniformia; 6. Lunaria; 7. Vaginata; 8. Radices. Este sistema fue ratificado por Sahní (1943; 1964). Consecuentemente, el tipo de haces fibrovasculares y la parte fibrosa

que presentan este ejemplar es de forma vaginata. Es así que se establecieron comparaciones con especies fósiles del tipo vaginata de Sudamérica.

Ancibor (1995) describió a *P. rionegrense*, del Cretácico tardío de Río Negro, que coincide con las siguientes características: hvs extendidos tangencialmente; 4–6 vasos de MXI por hv; fibras de lumen grande con contenidos oscuros formando un casquete sólo del lado del FL; pq fundamental de paredes muy engrosadas, sin disposición particular; estegmatas o corpúsculos de Si irregulares, subesféricos. Pero a pesar de ello, queda debilitada cualquier relación por presentar placas de perforación escalariforme.

P. bororoense Arguijo 1979 y *P. vaterum* Arguijo 1981 del Palógeno de Chubut se diferencia del material de Julipao por presentar engrosamientos y placas escalariformes.

Ambos tienen parénquima fundamental, pero *P. vaterum* presenta además pq radial y la cantidad de vasos metaxilemáticos (2 a 7) es mayor.

P. romeroi Franco *et al.* 2014 procedente de la Formación Chiquimil del Mioceno tardío del Grupo Santa María en Catamarca, es afín con el material aquí descrito por la cantidad de vasos metaxilemáticos, placas de perforación simples, parénquima fundamental y tabular y estegmatas. Sin embargo, la presencia de parénquima paravascular y estegmatas con superficie ornamentada son caracteres que no se comparten con el material de la Formación Andalhuala.

No obstante, esas diferencias son mínimas, por lo que se considera albergar este material dentro de *P. romeroi*.

Se concuerda con la idea de Franco *et al.* (2014) referida a que las palmeras fósiles son utilizadas como marcadores climáticos en base a las restricciones que en esta cuestión presentan las palmeras actuales.

Distribución estratigráfica del taxón en el Neógeno de América del Sur. Formaciones Chiquimil y Andalhuala (Tucumán-Catamarca).

Afinidad botánica. Afín al género actual *Zombia* Bailey y *Trithrinax* Von Martius pertenecientes a la familia Arecaceae, sub familia Coryphoideae, tribu Cryosophileae.

Distribución actual. Regiones subtropicales de América del Sur de Bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina.

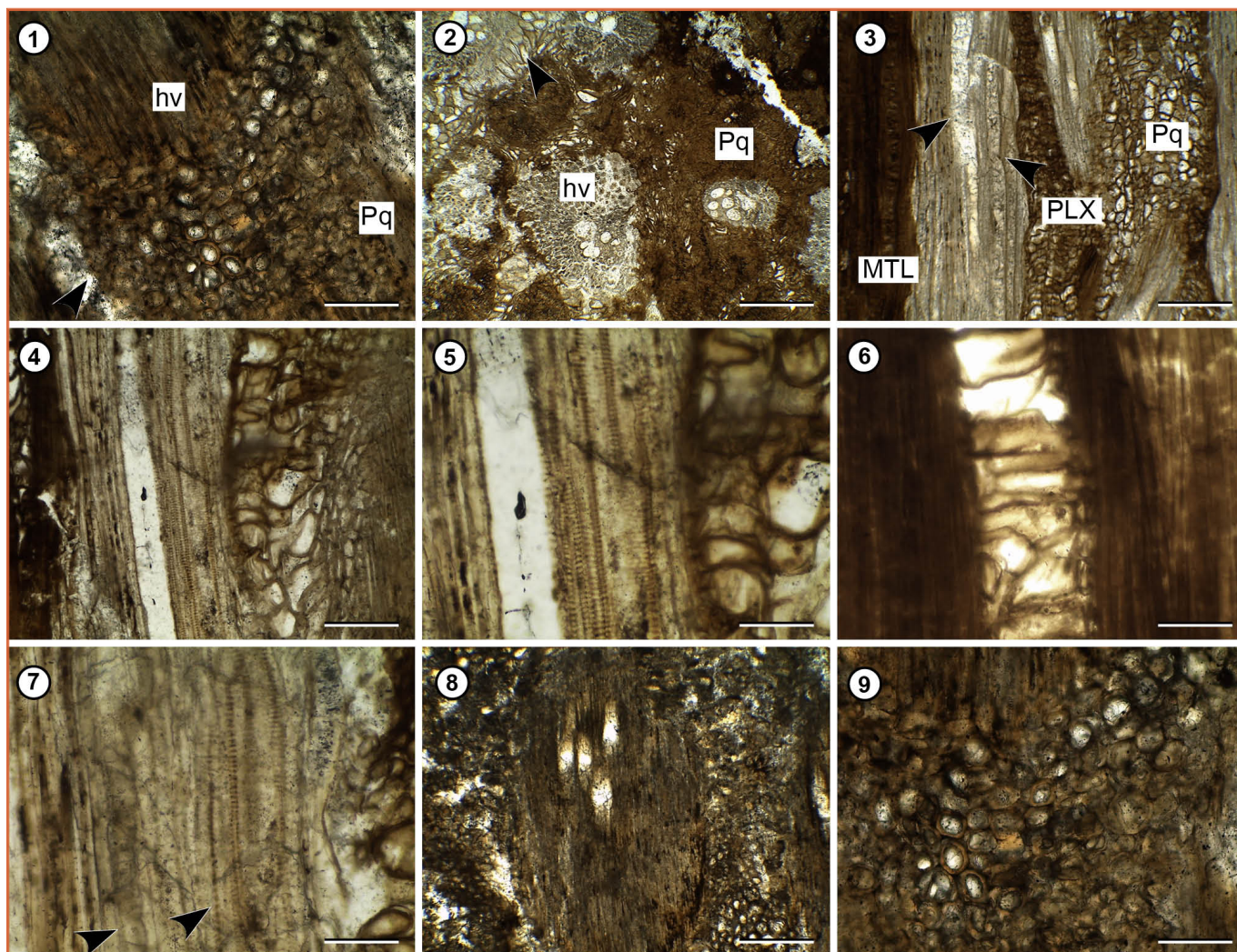


Figura 2. 1–9: *Palmoxylon romeroi* Franco, Brea & Herbst 2014. CTES-PMP: 3785 a, b, c. a. Corte transversal de la atacostela. 1, 2. Cilindro central con haces vasculares (hv), parénquima fundamental (pq) y tabular. **b.** Corte longitudinal (3–9). 3. Células del pq fundamental, vasos del metaxilema y protoxilema con placas de perforación simple. 4–6. Células del parénquima tabular de contorno irregular y engrosamientos helicoidales. 7. Estegmatas de forma globular con sílice y células con taninos. 8, 9. Fibras con paredes plurilaminadas muy engrosadas. **Escala:** 1, 2, 3, 8= 200 μm ; 4, 9= 80 μm 5, 6, 7= 40 μm .

EUDYCOTILEDONEAE *sensu* Chase *et al.* 2016

El término “Eudicota” fue propuesto por Doyle & Hotton (1991) para definir a este clado monofilético que se caracteriza por tener como sinapomorfía del grupo, el tipo de grano de polen tricolpado (3 aperturas de tipo colpo). Los primeros registros fósiles fueron pequeños granos de polen de la edad Barremiana encontrados en el sur de Inglaterra (Hughes & Mc Dougall, 1990) y en Gabón en la costa occidental de África central (Doyle *et al.* 1977). Así, el origen de las eudicotiledóneas se fija hace aproximadamente 125 Ma, al final del Barremiano-principios del Aptiano en el Cretácico medio, aunque probablemente aparecieron antes.

Las eudicotiledóneas basales constan de 5 grupos monofiléticos: Ranunculales, Trocho-dendrales, Proteales, Buxales y Gunnerales (Chase *et al.* 2016).

Los restantes órdenes de eudicotiledóneas son: Vitales, Zygophyllales, Fabales, Rosales, Fagales, Cucurbitales, Celastrales, Oxalidales, Malpighiales, Geraniales, Myrtales, Crossosomatales, Sapindales, Malvales, Brassicales, Berberidopsidales, Santalales, Caryophyllales, Cornales, Ericales, Icaciniales, Metteniusales, Garryales, Gentianales, Boraginales, Solanales, Lamiales, Aquifoliales, Asterales, Escalloniales, Bruniales, Dipsacales y Apiales (Chase *et al.* 2016).

Orden Fabales *sensu* Chase *et al.* 2016

Familia Leguminosae *sensu* Nasim *et al.* 2017

Sobre la base de la estructura filogenética de las Fabaceae, en 2017 el Grupo de Trabajo sobre Filogenia de las Leguminosas (LPWG) sugirió una nueva clasificación para esta familia que representa una opinión consensuada de la comunidad internacional sobre la sistemática de este grupo y que reconoce seis subfamilias, a saber: Caesalpinioideae, Cercidoideae, Detarioideae, Dialioideae, Duparquetioideae y Papilionoideae.

Las características anatómicas de las siguientes muestras se ajustan a las de la familia Leguminosae, a saber: porosidad anular a difusa, vasos solitarios, múltiples radiales cortos y largos, elementos de vasos cortos, parénquima axial vasicéntrico, parénquima septado con o sin cristales, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas y ornadas, radios homogéneos y heterocelulares, uni-a multiseriados, compuestos por células procumbentes y cuadradas (Pujana *et al.* 2011).

Nov. gen. et sp. 1

Figura 3 (1–20)

Holotipo. CTES-PMP: 3786 a, b, c

Localidad. Tiu Punco.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación San José.

Edad. Mioceno medio.

Descripción. En corte transversal, los anillos de crecimiento son distinguibles por la presencia del parénquima marginal. La porosidad es difusa. Los vasos son solitarios (40%), múltiples radiales y tangenciales de 2 (30%), 3 (10%) y más elementos (20%) (Figura 3. 1–4). Tienen un contorno ovoidal y disposición peculiares no vistos frecuentemente. Los vasos tienen un diámetro tangencial de 86 (31–158) μm y un diámetro radial de 329 (158–573) μm . Las paredes con un espesor de 19 (6,3 – 31) μm ; la densidad de los vasos es de 9 (6–1) por mm^2 . Vasos con contenido y aparente presencia de sustancias tóxicas fenólicas (*sensu* Schweingruber *et al.* 2007) (Figura 3. 5–9). El parénquima axial es apotraqueal difuso (3. 3) y paratraqueal vasicéntrico (3. 9), confluyente (3.7). Las fibras son abundantes, poseen contorno poligonal, con un diámetro promedio de 25 (19–31) μm y espesor de sus paredes de 8 μm (Figura 3. 10). Los radios presentan trayecto recto. En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos compuestos por células procumbentes (3. 11–13) y se observa el parénquima septado de 13 células de alto (Figura 3. 14). Las punteaduras radiovasculares son alternas y unas pocas opuestas y ornadas (Figura 3.15). El diámetro es de cerca. 17 (13–20) μm . En los vasos se observan las placas de perforación son simples. En las fibras se observan punteaduras simples. En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud de 129 (87–200) μm (Figura 3. 16). Los radios son multiseriados (70%) y triseriados (30%) (Figura 3. 16, 17). Presentan una altura de 27 (21–33) células. La densidad es de 23 radios por mm^2 . Las punteaduras intervasculares son alternas y unas pocas opuestas y ornadas (Figura 3. 18) Las fibras no son septadas. Hay cristales prismáticos en cámaras de las células del parénquima axial (Figura 3. 19, 20).

Discusión. El análisis de las características anatómicas de este fosilitaxon presenta la siguiente combinación: porosidad difusa, vasos de contorno ovoidal con marcada diferencia en el diámetro radial con respecto al tangencial; parénquima axial apotraqueal difuso y paratraqueal vasicéntrico a confluyente; cristales en cámaras de las células del parénquima axial, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares y radiovasculares alternas, algunas opuestas y ornadas, fibras no septadas y radios homogéneos compuestos por células procumbentes, multiseriados y triseriados; estos rasgos están presentes en la familia Leguminosae.

Los caracteres como la porosidad difusa, tipo de vasos, el parénquima apotraqueal difuso, radios multiseriados son compartidos con géneros de la familia Malvaceae. Sin embargo, la presencia de placas de perforación escalariformes y punteaduras escalariformes en algunos taxones de esta familia las diferencia del ejemplar analizado.

Con ejemplares de la familia Moraceae, comparte los tipos de vasos, las placas de perforación sim-

ples, fibras abundantes, parénquima paratraqueal vasicéntrico, bandeado o confluyente, parénquima apotraqueal difuso y los radios multiseriados. Pero, difiere en presentar radios uniseriados y cristales prismáticos en las células de los radios, punteaduras alternas y no ornadas.

Otra familia de angiospermas que comparte la mayoría de los rasgos anatómicos es Combretaceae, pero se aparta por tener radios uni y biseriados en la totalidad de sus especies. De esta comparación se desprende que este ejemplar muestra mayor afinidad con Leguminosae.

Se establecieron comparaciones con las siguientes maderas fósiles de esta familia. Por ejemplo, *Peltophoroxylon variegatum* (Ramanujan) Müller-Stoll & Mädel 1967 del Mio-Plioceno de la India se distingue por tener punteaduras alternas, fibras septadas, parénquima vasicéntrico, aliforme, a veces confluyente y con radios heterogéneos en algunos sectores.

Se hizo lo propio con otros taxones de esta familia contempladas en este trabajo de tesis. *Paracacioxylon* se aparta por presentar porosidad semi-circular a difusa y agrupados “clusters”, parénquima vasicéntrico escaso a raro y unilateral y radios uniseriados.

Paraalbizioxylon Martínez 2014 se distingue por poseer porosidad semi-circular a difusa, vasos solitarios en un 70% y agrupados, radios uniseriados y algunos parcialmente biseriados, ausencia de parénquima apotraqueal difuso.

Menendoxylon Lutz 1987 muestra diferencias en el tipo de vasos, sólo parénquima vasicéntrico escaso y aliforme y los radios son uni a biseriados, estando ausentes las fibras septadas.

Gleditsioxylon Martínez & Rodríguez-Brizuela 2011 se diferencia por el tipo de porosidad, la presencia de vasos agrupados, el parénquima vasicéntrico con cristales, radios uniseriados, parcialmente biseriados y engrosamientos helicoidales.

Amerita asignar este leño a la familia Leguminosae por la variedad de los rasgos que presenta, pero se propone la creación de un nuevo género y especie por la combinación de los elementos anatómicos distintos que presenta.

Distribución estratigráfica del taxón en el Neógeno de América del Sur. Tiu Punco (Tucumán-Argentina).

Afinidad botánica. Leguminosae.

Distribución actual de la Familia. Cosmopolita. Regiones tropicales.

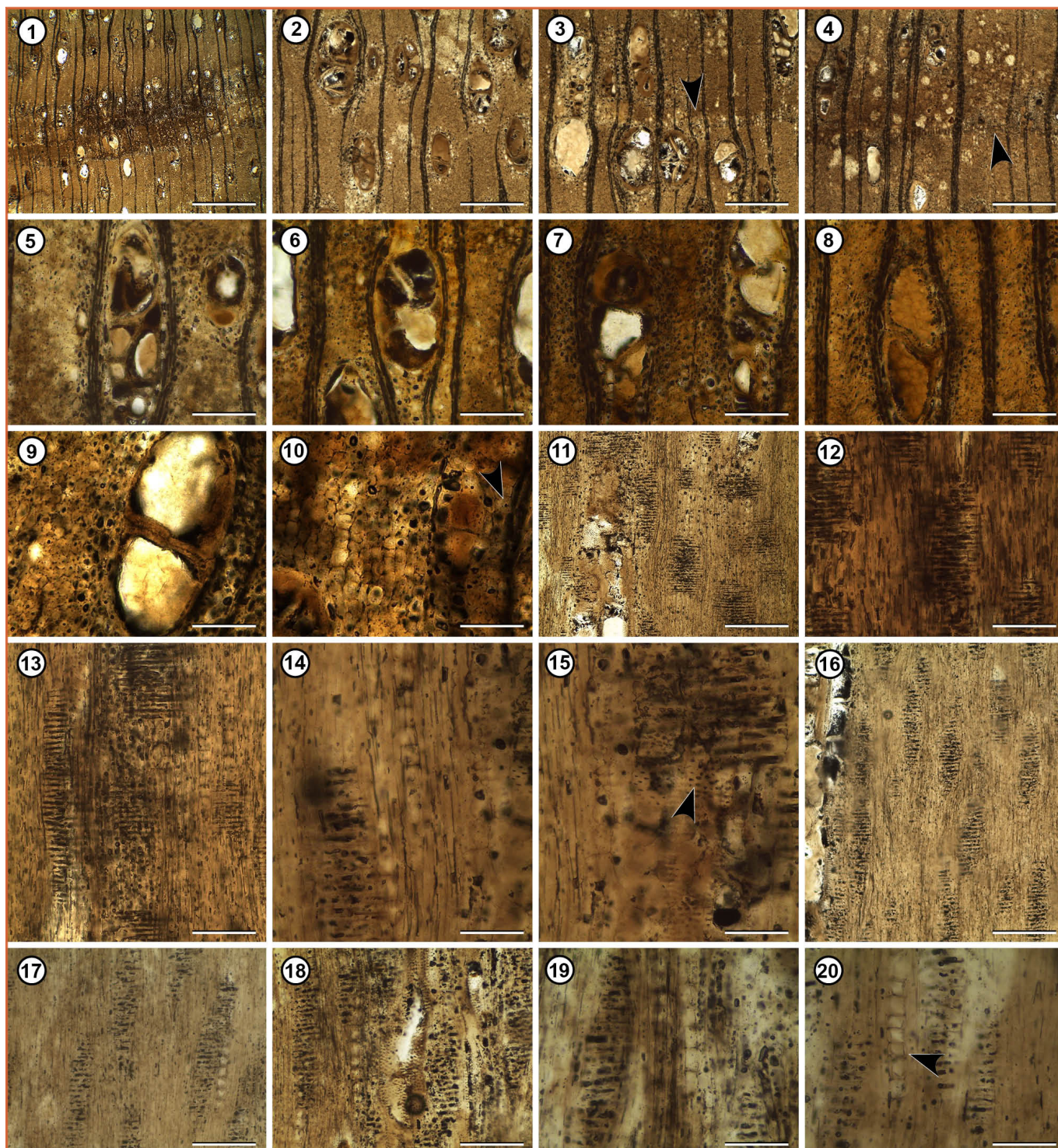


Figura 3. 1–20: Nov. gen. et. sp. 1. CTES-PMP: 3786 a, b, c. a. Corte transversal (1–10). 1. Aspecto general mostrando la porosidad difusa. 2–4. Tipos de vasos y anillos de crecimiento distinguible. 3–9 Detalle de los vasos con contenido y sustancias fenólicas. 3. Parénquima apotraqueal difuso. 7, 9. Parénquima paratraqueal vasicéntrico a confluyente. 10. Detalle de las fibras de contorno poligonal. **b.** Corte longitudinal radial (11–15). 11–13. Radios homogéneos. 14. Detalle del parénquima septado. 15. Punteaduras radiovasculares alternas, algunas opuestas y ornadas. **c.** Corte longitudinal tangencial (16–20). 16–17. Distribución y frecuencia de los radios. 18. Punteaduras intervasculares. 19, 20. Cristales prismáticos en cámaras de las células del parénquima axial. **Escalas:** 1, 11, 16 = 200 μm ; 2–4 = 50 μm ; 5–8, 12, 13, 17, 18 = 25 μm ; 9, 10, 14, 15, 19, 20 = 12 μm .

Sub familia Caesalpinioideae *sensu* Nasim *et al.* 2017

Clado Mimosoideae (Lindley) *sensu* Nasim *et al.* 2017

Género *Peltophoroxylon* Müller-Stoll & Madel 1967

Especie tipo. *Peltophoroxylon variegatum* (Ramanujam) Müller-Stoll & Madel 1967

Peltophoroxylon indicum (Ramanujam) Müller-Stoll & Madel 1967

Figura 4 (1–20)

Material estudiado. CTES-PMP: 3787 a, b, c

Procedencia geográfica. Camino a Yasyamayo (RN 40), Catamarca, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación San José.

Edad. Mioceno medio.

Descripción. Leño permineralizado que en corte transversal se distinguen los anillos de crecimiento por la presencia de parénquima marginal. Presenta porosidad difusa. Los vasos son solitarios (30%), múltiples radiales de 2 (45%) y 3 (25%) elementos (Figura 4. 1–7). Los vasos tienen un diámetro tangencial de 120 (100–150) μm y un diámetro radial de 150 (50–250) μm ; las paredes con un espesor de 20 μm , la densidad es de 9 (7–12) vasos por mm^2 . Son de contorno circular a ovoidal. Tienen contenido oscuro y probables sustancias fenólicas (Figura 4. 2). El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico, aliforme y en ocasiones confluyente (Figura 4. 4–6). Las fibras son abundantes, poseen contorno ovoidal a poligonal, tienen un diámetro de 30 μm y el espesor de sus paredes es de 10 μm . Los radios presentan trayecto sinuoso a recto. Se observa la presencia de células somáticas fúngicas que producen áreas descoloridas y deformadas del xilema secundario (Figura 4. 3, 7). En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos compuestos por células procumbentes (Figura 4. 8, 9, 11, 13, 16). Se distinguen también las células del parénquima paratraqueal vasicéntrico (Figura 4. 14). Las punteaduras intervasculares son alternas probablemente ornadas (Figura 4. 15). Hay cristales prismáticos presentes en cámaras del parénquima, uno por cámara formando cadenas. Fibras septadas y algunas no septadas. En esta sección también hay evidencia de degradación parcial del tejido posiblemente asociado a la acción fúngica. En este plano, algunos vasos, muestran la presencia de tramas heterómeras fúngicas (esporas elípticas agrupadas en ramilletes, corte transversal del esclerocio o pseudoparénquima) (Figura 4. 10, 11). En corte longitudinal tangencial se observan numerosas trazas ramiales-foliares de contorno ovoidal en sección transversal. La presencia de éstas en el leño muestra un patrón en espiral característico y el conjunto de fibras y radios se curvan formando un remolino (*sensu* Bodnar & Coturel, 2012) (Figura 4. 17). Los elementos de vasos tienen una longitud de 1400 (800–2000) μm . Las placas de perforación son simples. Los radios son uniseriados (15%), uniseriados parcialmente biseriados (12%), biseriados (12%), triseriados (10%) y multiseriados (51%). Presentan una altura expresado en número de células de 27 (13–50). La densidad es de 16 (7–20)

radios por mm² (Figura 4. 18–20).

Discusión. El material analizado se comparó con *Menendoxylon lutzi* Baez & Crisafulli que no presenta radios multiseriados y con *Paraalbizioxylon caccavariae* se diferencia porque éste tiene vasos agrupados y porosidad semi-circular a difusa.

Muchos de los caracteres anatómicos en esta muestra son compartidos con varias especies de *Peltophoroxylon* (Ramanujam) Müller-Stoll & Madel 1967: porosidad difusa, vasos solitarios y en múltiples radiales, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas, ornadas, parénquima axial predominantemente vasicéntrico y cristales en cámaras de las células del parénquima axial.

La mayoría de las especies se distinguen del material por el ancho de los radios.

Con *Peltophoroxylon cassioides* Prakash & Awasthi 1970 y *Peltophoroxylon ferruginoides* Bande & Prakash 1980 del Mioceno del sur de Asia, se diferencia porque la primera solo tiene de 1 a 3 células de ancho y la segunda especie exclusivamente radios uniseriados.

Peltophoroxylon uruguayensis Ramos, Brea & Pardo 2014 del Pleistoceno de Entre Ríos, Argentina, posee sólo radios mayoritariamente biseriados, ocasionalmente uniseriados y parénquima difuso escaso.

Peltophoroxylon embergeri Lemoigne del Mioceno de Etiopía tiene radios comúnmente multiseriados con un mayor número de células (4 a 10) y presenta parénquima unilateral.

Peltophoroxylon parenchymatosum Kramer del Mio-Plioceno de Sudeste de Asia e islas del Pacífico tiene radios estratificados, pero al igual que *Peltophoroxylon diversiradii* Allen 2017 del Eoceno de la Formación Bridger (EE.UU.) tienen radios heterogéneos.

Se establecieron además comparaciones con *Peltophoroxylon variegatum* y con *P. indicum* ambas de (Ramanujam) Müller-Stoll & Madel 1967 del Mio-Plioceno de la India. La primera tiene radios homogéneos y heterogéneos. En consecuencia, el material de la Formación San José puede ser incluido en *P. indicum* por compartir todos sus atributos anatómicos, principalmente el ancho de los radios homogéneos.

Distribución estratigráfica del género en el Neógeno de América del Sur. Formaciones El Palmar (Entre Ríos) y San José-Grupo Santa María (Tucumán-Catamarca), Argentina.

Afinidad botánica actual. *Peltophorum* (Vogel) Benth. 1840.

Distribución actual del género. Bosques tropicales de distribución cosmopolita.

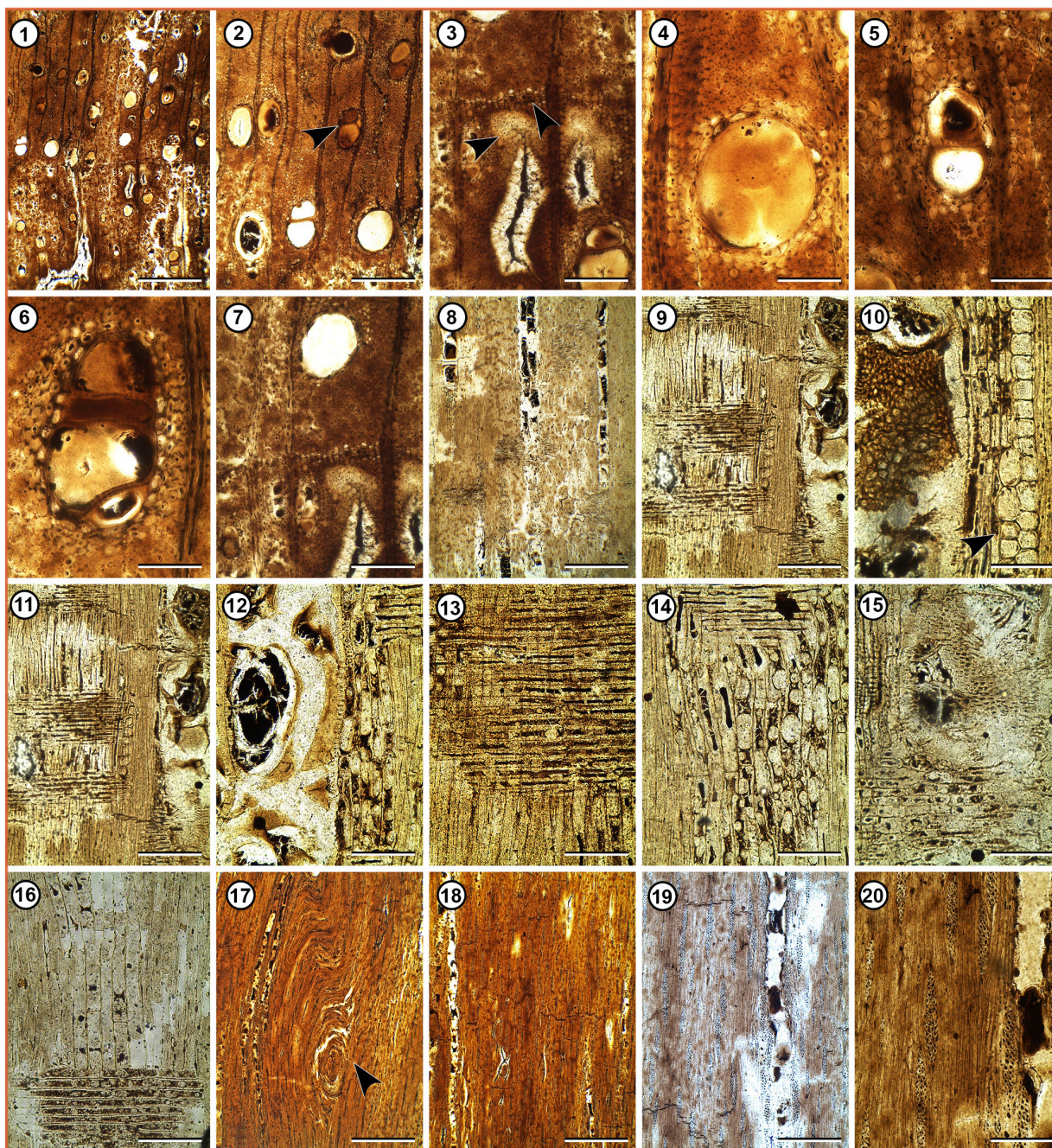


Figura 4. 1–20: *Peltophoroxylon indicum* (Ramanujam) Müller-Stoll & Mädler 1967. CTES-PMP: 3787 a, b, c. a. Corte transversal (1–7). 1. Aspecto general mostrando la porosidad difusa y tipos de vasos. 2, 4–6. Detalle de los vasos con contenido y sustancias fenólicas (flecha), radios de trayecto sinuoso a recto y anillos de crecimiento distinguibles. 3, 7. Se observa anillos de crecimiento delimitado por parénquima marginal (flecha negra) y áreas descoloridas del xilema producidos por la presencia de células fúngicas (flecha negra). **b.** Corte longitudinal radial (8–16). 8, 9, 11, 12. Radios homogéneos formados por células procumbentes. 10, 11. Cristales prismáticos presentes en cámaras del parénquima, uno por cámara formando cadenas (flecha). Degradación parcial del tejido asociado a la acción fúngica. 12. Presencia probable de tiliides. 14. Detalle del parénquima paratraqueal vasicéntrico. 15. Punteaduras intervasculares alternas probablemente ornadas. **c.** Corte longitudinal tangencial (17–20). 17. Conjunto de trazas, radios y fibras formando un remolino (flecha). 18. Distribución y frecuencia de los radios. 19, 20. Elementos de vasos y detalles de los tipos de radios. **Escalas:** 1, 8, 17= 200 μm ; 2, 9, 19= 83 μm ; 3, 7, 11, 20= 40 μm ; 4–6, 10, 12, 13, 15, 16= 20 μm .

Género *Paracacioxylon* Müller-Stoll & Mädél 1967

Especie tipo. *Paracacioxylon odonelli* Müller-Stoll & Mädél 1967

Paracacioxylon odonelli Müller-Stoll & Mädél 1967

Figuras 5–7

Material estudiado. CTES-PMP: 3788 a, b (Figura 5 1–11); CTES-PMP: 3789 a, b, c (Figura 6 1–15).

Localidad. Los Poronguillos (cerca de Caspichango), Río Seco (cerca. Santa María).

Procedencia estratigráfica. Formación Andalhuala.

Edad. Plioceno inferior.

Material estudiado. CTES-PMP: 3790 a, b; CTES-PMP: 3791 b, c (Figura 7 1–17).

Localidad. Puerta de Corral Quemado.

Procedencia estratigráfica. Formación Corral Quemado.

Edad. Plioceno inferior-medio.

Procedencia geográfica. Catamarca, Argentina.

Descripción. Los ejemplares, en sección transversal, muestran anillos de crecimiento distinguibles y porosidad semi-circular con tendencia mínima a difusa. Los vasos son mayoritariamente solitarios (40%), múltiples radiales de 2 (12%), 3 (12%), de más elementos (10%), tangenciales de 2 (6%) y agrupados “clusters” (20%) (Figuras 5. 1–9; 6. 1, 2; 7. 1–3). Los vasos de contorno circulares a ovales tienen un diámetro tangencial promedio de 140 (90–170) μm y un diámetro radial promedio de 150 (80–160) μm ; las paredes con un espesor promedio de 25 μm . La densidad promedio de vasos es de 14 (9–19) por mm^2 . Vasos con abundante contenido oscuro (gomas/depósitos) y tilosis esclerosada (*sensu* figura 61: 260 IAWA, 1989) (Figuras 6. 1, 3; 7. 2, 3). El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico escaso a raro y unilateral (CTES-PMP 3788) (Figura 5. 5, 7, 8) y apotraqueal difuso en agregados (CTES-PMP 3791) (Figuras 6. 1–3; 7. 1–3). Los radios presentan trayecto sinuoso a recto. En el material (CTES-PMP 3788, Figura 5. 6, 9) la sinuosidad es mayor debido a la distorsión sufrida (Schweingruber *et al.* 2007). En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos, compuestos por células procumbentes (Figuras 5. 10, 11; 6. 4–6). En ellas se observan cuerpos de forma irregular compuestos de óxido de sílice (rasgo 160-162 de IAWA, 1989 Figura 7. 4, 5). En los elementos de vasos se visualizan punteaduras intervasculares alternas, ornadas y placas de perforación simples. En los mismos, se distingue la presencia de coprolitos (Figuras 6. 7, 8, 14, 15). En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud promedio de 1100 (400–1400) μm . Los radios son uniseriados (10%), 2–3 seriados (20%) y también multiseriados de hasta 4 células de ancho (70%). El contorno de las mismas es rectangular y hexagonal (Figuras 6. 9–12; 7. 7–15). Presentan

una altura promedio expresada en número de células de 75 (4–86). La densidad es de 14 (6–22) radios por mm². Las fibras son de contorno poligonal, unas pocas con tenues tabiques (Figura 7. 10, 12, 13).

Discusión. Son poco frecuentes los taxones que presentan como este material parénquima paratraqueal vasicéntrico escaso a raro. Uno de ellos es *Paracacioxylon* Müller-Stoll & Mädél 1967.

Esta característica afín, se suma a la presencia de anillos de crecimiento distinguibles, porosidad semi-circular con tendencia mínima a difusa, vasos mayoritariamente solitarios, múltiples radiales de 2, 3 y pocos de más elementos, tangenciales de 2 y clusters aunque el material de Puerta Corral Quemado posee un porcentaje alto de vasos de más elementos. En las muestras de todas las localidades las punteaduras intervasculares son alternas y ornadas con placas de perforación simples, abundante contenido oscuro, fibras poligonales no septadas y radios uniseriados a multiseriados que presentan una altura promedio expresado en 32 células de contorno hexagonal y rectangular.

Estos rasgos fueron descriptos por Lutz (1987) para materiales asignados a *Paracacioxylon odonelli* Müller-Stoll & Mädél 1967 hallados en otras localidades de la Formación Andalhuala.

Cabe señalar que, en 1962, Menéndez encontró un fragmento en el NO de Tiu Punco, de edad terciaria (*sensu* Menéndez), quien luego de su análisis lo determinó como *Acacioxylon odonelli*. Sin embargo, Félix (1879) había realizado la diagnosis genérica de este taxón, creado por Schenk (1882). Empero, Müller-Stoll & Mädél (1967) subsanaron esta cuestión sistemática surgida por la irregularidad en la diagnosis creando el género *Paracacioxylon* manteniendo la especie tipo. Brea, Zamuner, Matheos, Iglesias & Zucol (2008) crearon otra especie: *P. frenguelli* de la Formación Salamanca del Paleoceno temprano de Chubut (Argentina). Esta especie se distingue de la muestra aquí analizada porque sus tilosis no son esclerosadas, presenta cristales, desarrollo de porosidad circular a semi-circular, parénquima vasicéntrico, esporádicamente confluyente, parénquima marginal y apotraqueal difuso y difuso en agregados.

Se cotejó así, los materiales de Río Seco, Los Poronguillos y Puerta de Corral Quemado con otros taxones de la Formación Chiquimil: *Menendoxylon lutzii* Baez & Crisafulli 2020 del que se diferencia porque éste presenta radios heterocelulares, ausencia de multiseriados agrupados; con *Bastardioxylon antiqua* Baez & Crisafulli 2020; que se diferencia por el tipo de vasos y las células envainadoras en los radios y con *Prosopisinoxylon anciborae* Martínez 2010. Esta última presente también en la Formación Salicas (La Rioja) (Pujana *et al.* 2014), que tiene vasos de dos tamaños de diámetro y una variedad de tipos de parénquima: paratraqueal vasicéntrico, aliforme, confluyente en bandas y apotraqueal difuso, caracteres que no comparte con los materiales aquí estudiados.

Si bien las maderas de Río Seco, Los Poronguillos y Puerta de Corral Quemado comparten numerosos caracteres con *Gleditsioxylon riojana* Martínez & Rodríguez-Brizuela 2011 de la Formación Toro Negro (La Rioja) y *G. fiambalense* Baez 2021, de las Formación Tambería (Catamarca), se descarta alguna afinidad con estos taxones ya que presentan engrosamientos helicoidales en la pared de los vasos y parén-

quima paratraqueal vasicéntrico a confluyente.

Distribución estratigráfica del género en el Neógeno de América del Sur. Formaciones Andalhuala y Corral Quemado (Catamarca-Argentina).

Afinidad botánica actual. *Acacia* Miller, *sensu lato*.

Distribución actual. Regiones de temperaturas templadas a cálidas con precipitaciones estacionales de América y África.

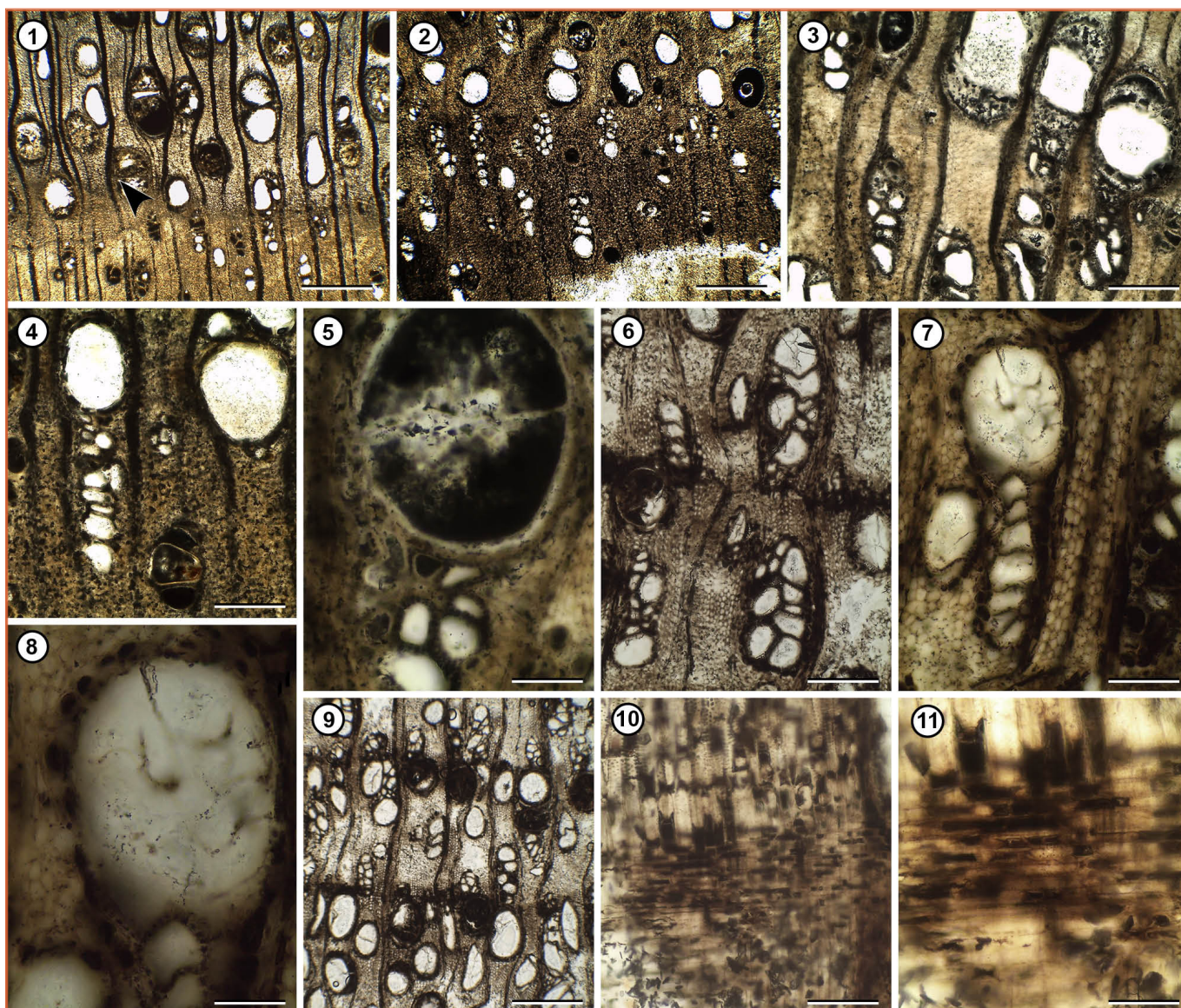


Figura 5. 1–11: *Paracacioxylon odonelli* Müller-Soll & Mädler 1967. CTES-PMP: 3788 a, b. a. Corte Transversal (1–9). 1, 2, 9. Anillos de crecimiento distinguibles y porosidad semi-circular con tendencia mínima a difusa. 1–9. Tipo de vasos b. Corte longitudinal radial. 10, 11. Radios homogéneos con células procumbentes. . Escalas: 1, 2, 9, 10 = 300 μm ; 3, 4, 6, 7, 11= 100 μm ; 5, 8= 70 μm .

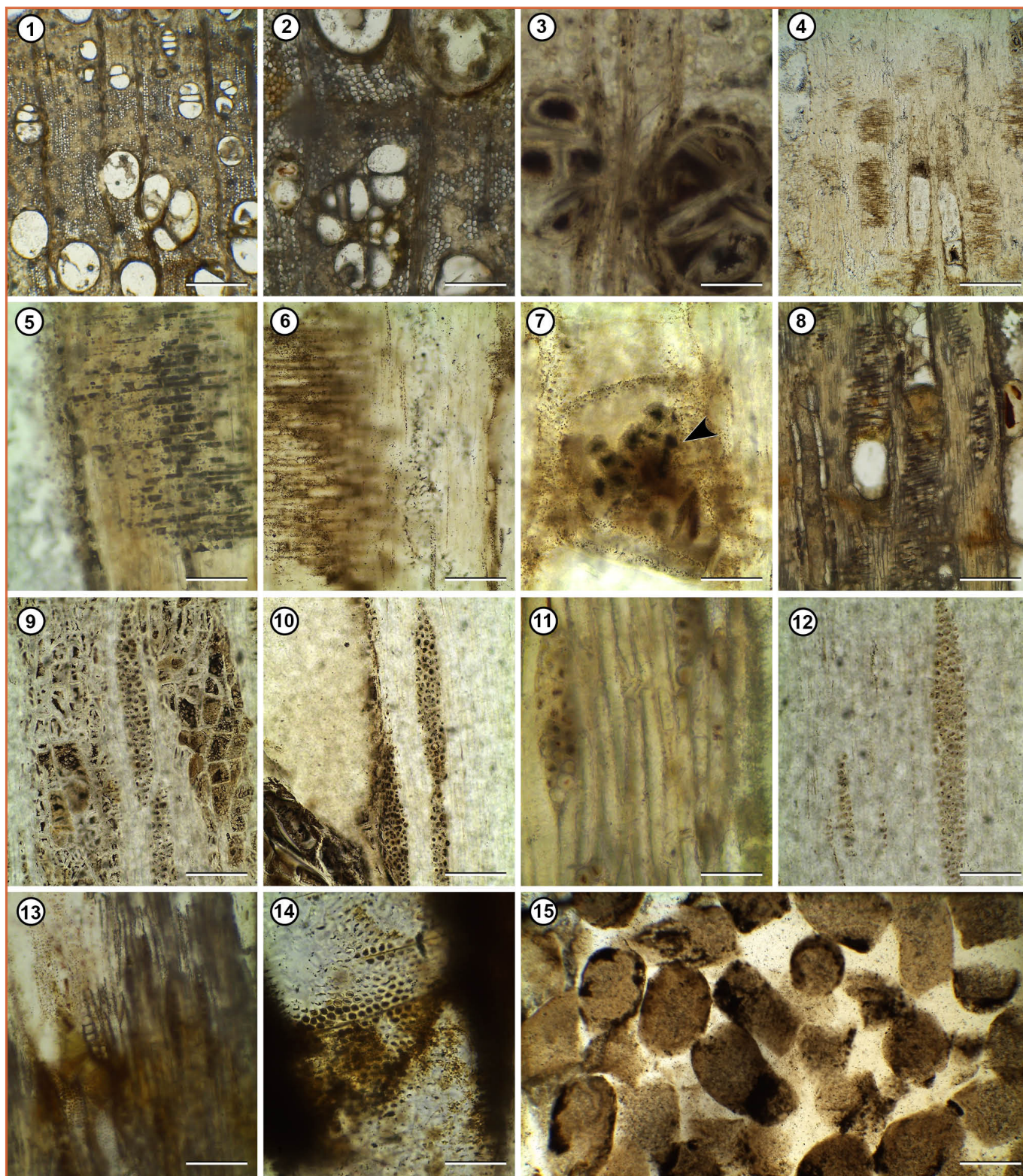


Figura 6. 1–15: *Paracacioxylon odonelli* Müller-Soll & Mädler 1967. CTES-PMP: 3789 a, b, c. a. Corte transversal. 1–3. Anillos de crecimiento levemente distinguibles. Tipos de vasos con contenido. b. Corte longitudinal radial. (4–8). 4–6. Radios homogéneos con células procumbentes. 7, 8. Elementos de vasos con punteaduras intervasculares alternas y ornadas, placas de perforación simples y coprolitos (flecha). c. Corte longitudinal tangencial. (9–15). 9–13. Distribución y tipos de radios. 14. Punteaduras intervasculares alternas y ornadas. 15. Detalle de los coprolitos. (flecha). Escalas: 1, 4, 15= 160 μm ; 2, 6, 8, 9, 10= 60 μm ; 3, 5, 13= 30 μm ; 7, 11, 14= 20 μm ; 12= 50 μm .

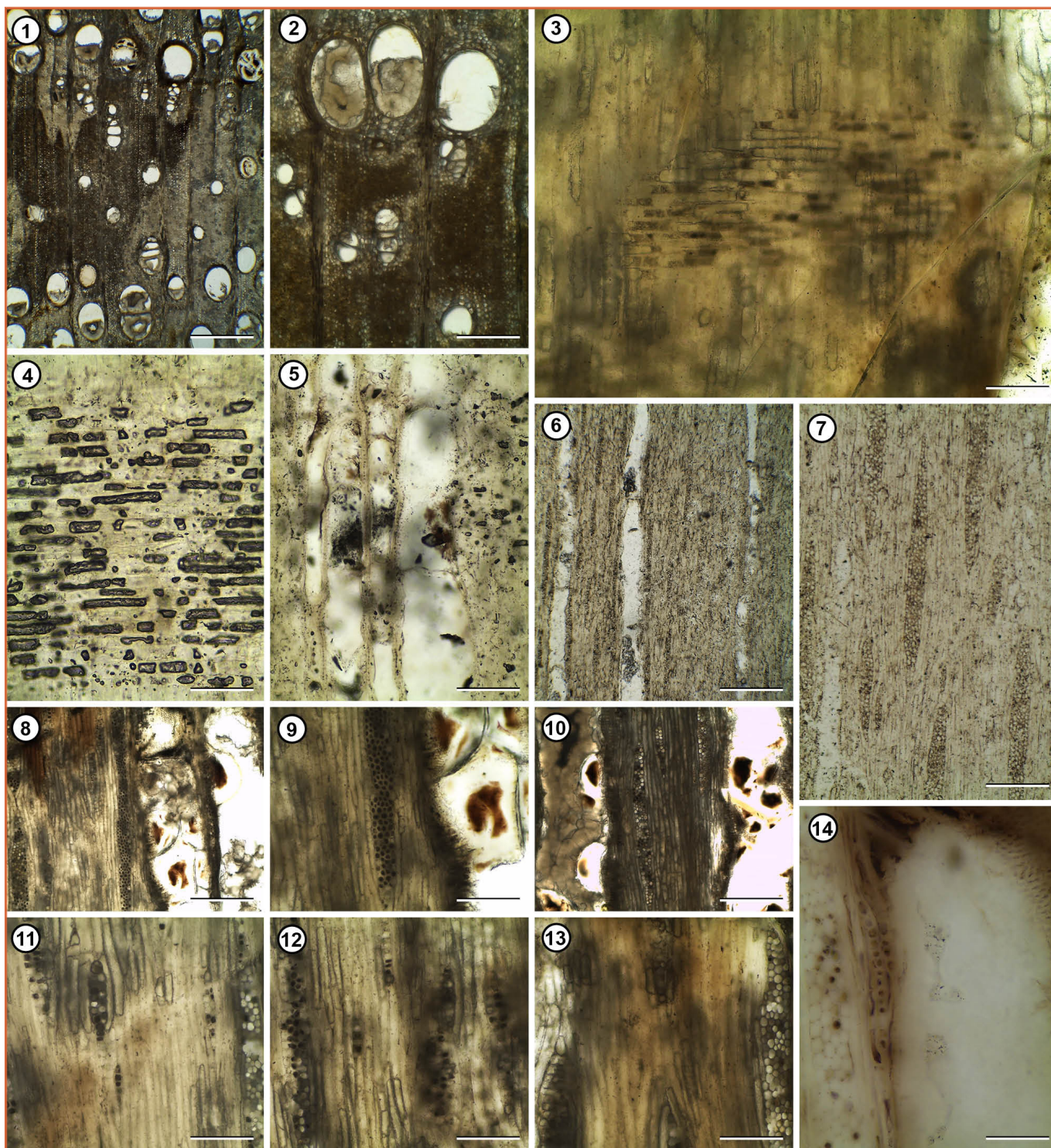


Figura 7. 1–14: *Paracacioxylon odonelli* Müller-Soll & Mädel 1967. CTES-PMP: 3790 a, b; CTES-PMP: 3791 b, c. 3790 a. Corte transversal. 1, 2. Anillos de crecimiento levemente distinguibles (flecha) y porosidad semi-circular con tendencia mínima a difusa. Tipos de vasos. CTES-PMP: 3790-3791 b. Corte longitudinal radial. (3–5). 3, 4 Radios homogéneos con células procumbentes. 5. Elementos de vasos. CTES-PMP: 3791 c. Corte longitudinal tangencial. (6–14). 6. Vista general del corte. 7–13. Distribución de los radios, placas de perforación simples. Escalas: 1= 240 μm ; 2= 180 μm ; 3, 4= 17 μm ; 5= 60 μm ; 6–8, 10= 120 μm ; 9, 11–13= 100 μm ; 14= 90 μm .

Género *Paraalbizioxylon* (Gros) emend. Martínez 2014

Especie tipo. *Paraalbizioxylon bavaricum* (Gros) emend. Martínez 2014

Paraalbizioxylon caccavariae Martínez 2014

Figuras 8 y 9

Material estudiado. CTES-PB: 14.349; CTES-PMP: 3512-3513-3514 (Figura 8. 1–9).

Localidad. Cerro Pampa.

Procedencia estratigráfica. Formación Chiquimil.

Edad. Mioceno tardío.

Material estudiado. CTES-PMP: 3792 a, b, c (Figura 9).

Procedencia estratigráfica. Formación Andalhuala.

Edad. Plioceno inferior.

Localidad. Los Poronguillos.

Procedencia geográfica. Catamarca, Argentina.

Descripción. Fragmento de leño silicificado, decorticado de 20 cm de longitud por 8 cm de ancho, que presenta un buen estado de preservación del xilema secundario (Figura 8. 1). En corte transversal los anillos de crecimiento son débilmente marcados por pocas células y la porosidad es semi-circular a difusa. Los vasos son de contorno circular a semicircular, se presentan solitarios en su mayoría (60%), múltiples radiales de 2 (12%), de 3 (12%) y más elementos (5%); múltiples tangenciales (10%) (Figura 8. 2). El material de Los Poronguillos preservó vasos agrupados con orientación radiales y tangenciales (20%) por lo que varía la proporción anterior: 65% de vasos solitarios; 13% de múltiples radiales (8% de 2 y 5% de 3) y 2% de múltiples tangenciales (Figura 9. 1-6). Presentan contenidos oscuros (¿gomas y placas de resinas?) (Figuras 8. 2, 3; 9. 5). Los vasos tienen un diámetro radial de 185 μm (126–244) μm y un diámetro tangencial de 132 μm (83–180) μm . Hay un promedio de 14 (8–20) vasos por mm^2 . El parénquima axial es para-traqueal, vasicéntrico (Figura 8. 4) y se observa escaso parénquima confluyente en bandas angostas, con tendencia a aliforme en el material de Los Poronguillos (Figura 9. 4-6). Los radios leñosos presentan un trayecto continuo a sinuoso. Las fibras tienen paredes gruesas, lúmenes reducidos; con un diámetro radial de 8 μm (2–14) μm y un diámetro tangencial de 6 μm (2–10) μm . Son no septadas. En corte longitudinal radial, se observan punteaduras alternas y ornadas en las paredes de los vasos. Las placas de perforación son simples (Figura 8. 3, 4). En la figura 9. 10, 11 del material de Los Poronguillos las punteaduras inter-vasculares son alternas, areoladas, circulares a ovales similares al rasgo 23 (visto en IAWA: Figura 41) y las placas de perforación simples se ven semejantes al rasgo 13 (visto en IAWA: Figura 27) (Figura 9. 8,

12). Hay presencia o ausencia de parénquima septado (Figura 8. 4). Los radios son homogéneos formados por células procumbentes (Figuras 8. 3, 5, 6; 9. 7–9). Hay cristales prismáticos en los radios (Figura 8. 5). En el interior del lumen de los elementos de vasos se ven clamidosporas con un diámetro de 11 μm (visto en Martínez, 2014) (Figura 8. 6). En corte longitudinal tangencial los vasos, el parénquima axial y los radios no presentan estructura estratificada. Los radios son en su mayoría uniseriados, algunos parcialmente biseriados y triseriados. La altura de los radios expresada en número de células es de 9 (4–15) y la densidad es de 6 (3–9) radios por mm^2 . También se observan vasos con punteaduras alternas, ornadas y placas de perforación simples (Figuras 8. 7–9; 9. 12).

Discusión. Los caracteres anatómicos diagnósticos de la familia Leguminosae son compartidos por varios géneros y presentan similitud con estos especímenes. Los mismos son: *Paraalbizioxylon* Martínez, *Menodoxylon* Lutz, *Paracacioxylon* Müller-Stoll & Mädel *Mimosoxylon* Müller-Stoll & Mädel.

Se establecieron comparaciones con las siguientes especies halladas en la Formación Chiquimil. *Prosopisinoxylon anciborae* Martínez 2010 se distingue porque solo posee porosidad difusa, vasos de dos diámetros y parénquima aliforme. Con *Parahancornioxylon piptadiensis* Moya, Brea & Lutz 2018 se aparta porque presenta parénquima apotraqueal difuso en agregado y tubos laticíferos. Asimismo, se hizo lo propio con *Mimosoxylon santamariensis* Lutz 1987 de la Formación San José, empero difiere el ancho de los radios ya que posee 3–5 células.

Sin embargo, los rasgos anatómicos que preservó el material de Cerro Pampa permitieron relacionarlo con *Paraalbizioxylon*. Este taxón tiene 5 especies *P. cienense* Cevallos-Ferriz & Barajas-Morales 1994; *P. nathorstii* (Schuster) Gros 1992; *P. bavaricum* (Gros) emend. Martínez 2014; *P. hungaricum* (Greguss) Gros 1992 y *P. caccavariae* Martínez 2014. De todas estas, con *Paraalbizioxylon cienense* de Baja California comparte la mayoría de los caracteres, salvo el ancho de los radios que son 4 seriados en la especie de Formación El Cien. No obstante, en Baez *et al.* (2018) se consideró albergarlo en *P. caccavariae* porque tienen en común la porosidad semi-circular a difusa, vasos solitarios y múltiples radiales cortos, parénquima paratraqueal escaso a vasicéntrico, radios celulares uniseriados a triseriados y fibras no septadas. El leño muestra además vasos múltiples radiales largos y en ocasiones parénquima confluyente en bandas angostas.

El no tener estratificación se considera un rasgo primitivo siendo ésta muy común en numerosos géneros actuales y es considerado un carácter de importancia filogenética (Carlquist, 1988).

Distribución estratigráfica del taxón en el Neógeno de América del Sur. Grupo Santa María: Formación Chiquimil: Puerta del Corral Quemado, Río Agua Verde, Cerro Pampa, Los Poronguillos en Catamarca y Tiu Punco en Tucumán. Formación Las Cañas: Termas de Río Hondo en Santiago del Estero. Argentina.

Afinidad botánica. Afín a los géneros *Albizia julibrissin* Durazzini y *Acacia visco* Lorentz ex Grisebach.

Distribución actual. Sudamérica.

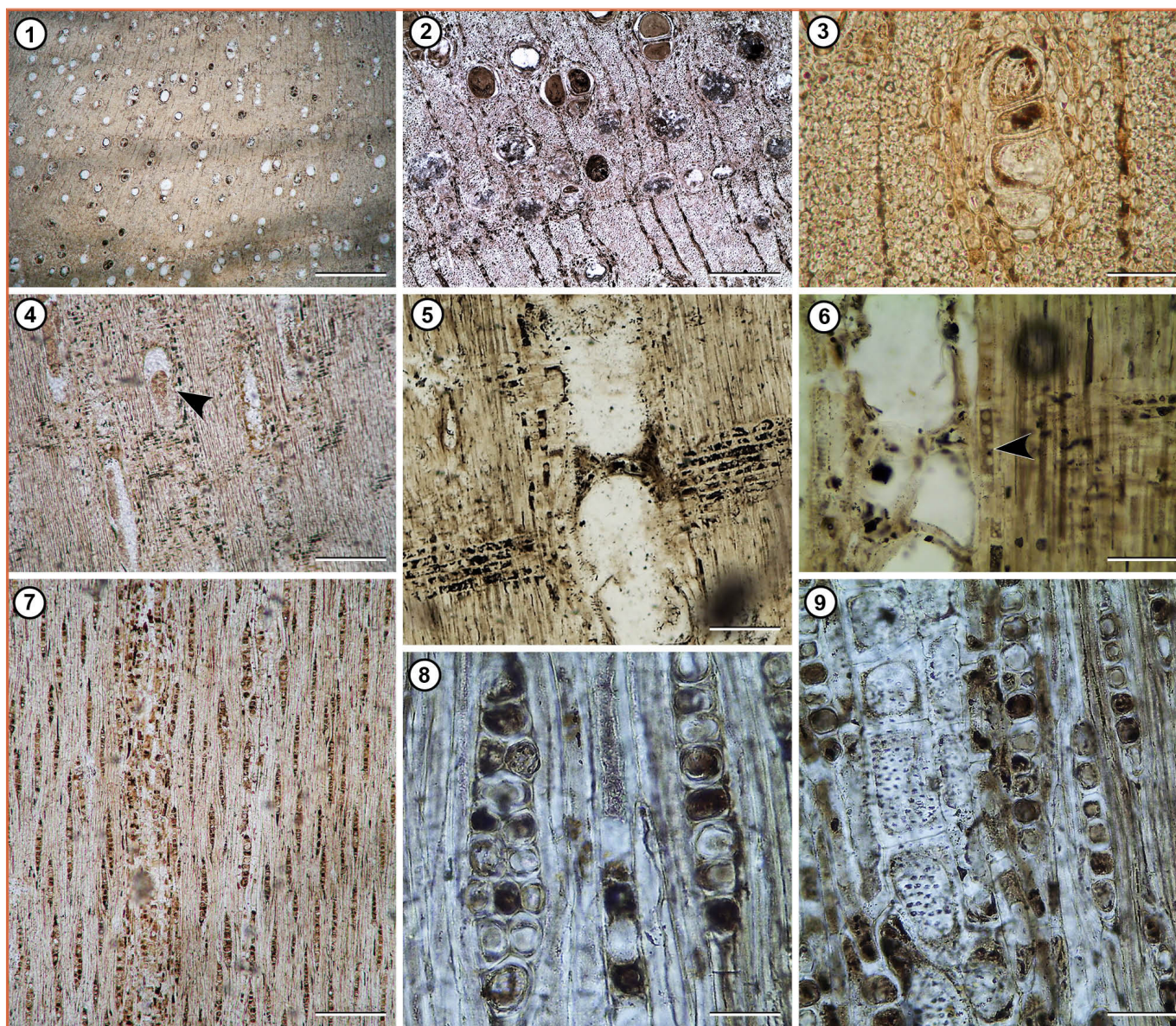


Figura 8. 1–9: *Paraalbizioxylon caccavariae* Martínez 2014. CTES-PMP: 3512 Corte transversal del leño 1–3. Aspecto general del leño mostrando porosidad semi-circular a difusa, vasos solitarios, múltiples radiales cortos y agrupados con contenidos oscuros, anillos de crecimiento y parénquima paratraqueal vasicéntrico. CTES-PMP: 3513 Corte longitudinal radial. 4–6. 4. Aspecto general mostrando los elementos de vasos con clamidosporas (flechas) y radios procumbentes. 4. Detalle del parénquima septado (flecha). 5. Detalle de los radios homogéneos. 6. Vista del parénquima cristalífero. CTES-PMP: 3514. Corte longitudinal tangencial. 7–9. 7. Distribución de los radios. 8. Detalle de los radios multiseriados y uniseriados. 9. Punteaduras alternas y ornadas y placas de perforación simples. Escalas: 1= 1,5 cm; 2,3= 180 μ m; 4–8= 50 μ m.

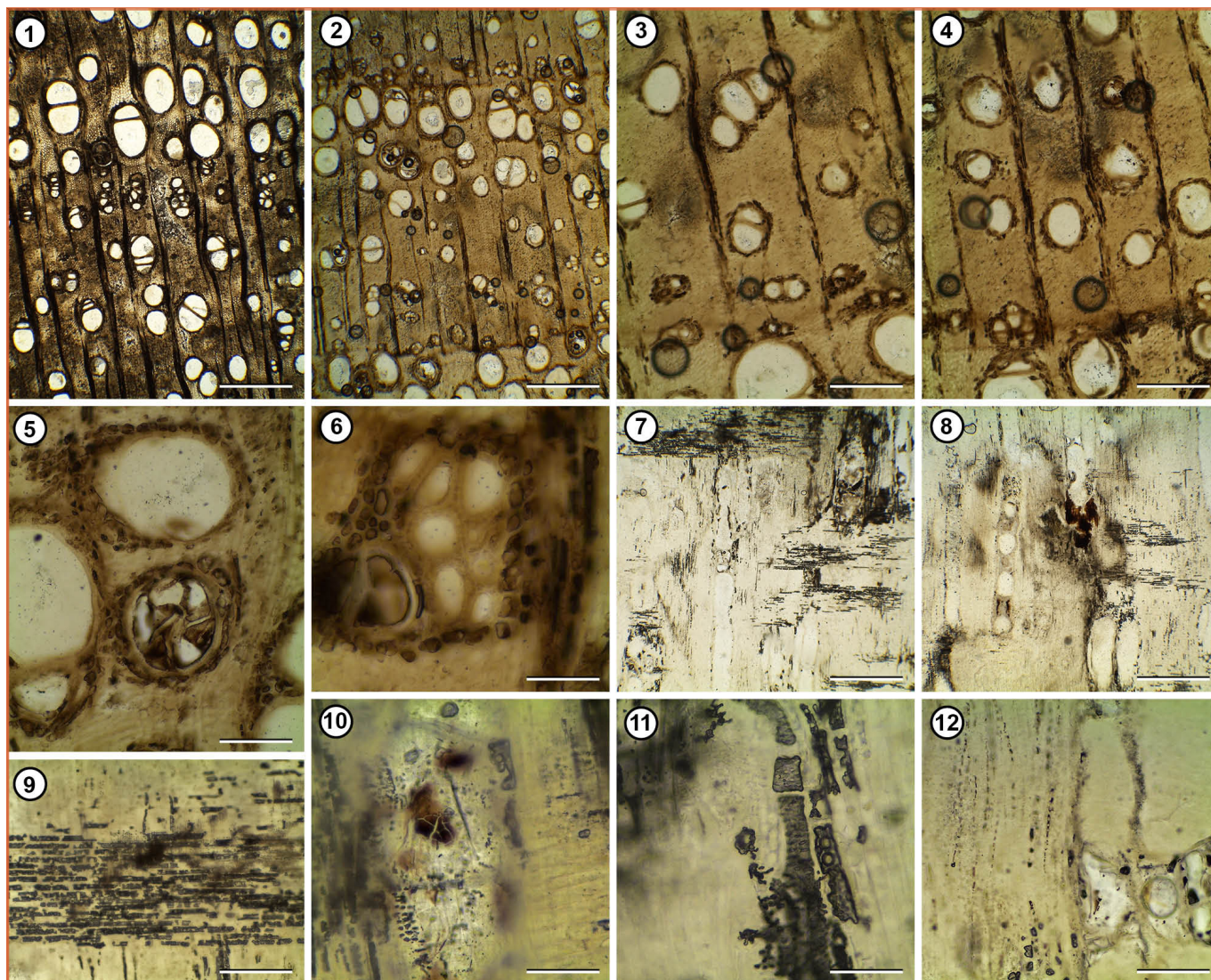


Figura 9. 1–12: *Paraalbizioxylon caccavariae* Martínez 2014. 1. CTES-PMP: 3792 a, b, c. **a.** Corte transversal (1–6). 1, 2. Aspecto general mostrando la porosidad semi-circular a difusa, tipo de vasos y anillos de crecimiento distinguibles. 3, 4. Detalle de los tipos de vasos: se observan también vasos agrupados radiales y tangenciales. 4–6. Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico; escaso parénquima confluyente en bandas angostas con tendencia a aliforme; en 5. detalle de los vasos con contenido. **b.** Corte longitudinal radial (7–11). 7–9. Radios homogéneos con células procumbentes; en 8 placas de perforación simples similar al rasgo 13 de IAWA Committee (1989). 10, 11. Punteaduras alternas circulares a ovales. **c.** Corte longitudinal tangencial. 12. Distribución y frecuencia de los radios uniseriados y placas de perforación simples. **Escala:** 1, 2, 8= 200 μm ; 3, 4= 80 μm ; 5, 7, 9, 12 = 40

Género *Paraalbizioxylon cienense* Cevallos-Ferriz & Barajas-Morales 1994

Figura 10 (1–12)

Material estudiado. CTES-PMP: 3818 a, b, c.

Localidad. Encalilla.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Andalhuala.

Edad. Plioceno inferior.

Descripción. En corte transversal, los anillos de crecimiento son indistintos. En sectores, la coloración de la mineralización da un aspecto de falso anillo de crecimiento. Presenta porosidad difusa. Los vasos son solitarios (60%), múltiples radiales de 2 (20%), 3 (12%) y más elementos (7%) y agrupados (1%). Los vasos tienen un diámetro tangencial de 150 (75–156) μm y un diámetro radial de 212 (78–312) μm , las paredes con un espesor de 15 μm . La densidad de vasos es 14 por mm^2 . Vasos con abundante contenido. En su interior, se observan, probablemente, sustancias tóxicas fenólicas producidas por las dicotiledóneas para prevenir el ataque de los hongos visualizadas con un tono marrón (Schweingruber *et al.* 2007: 61, figura 364) (Figura 10. 1–5). En otros se aprecian ¿coprolitos? (Figura 10. 4, 6). El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico (Figura 10. 3, 4). Las fibras son abundantes, poseen contorno poligonal. No son septadas. Los radios presentan un trayecto sinuoso a recto. En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos compuestos por células procumbentes (Figura 10. 7). Las punteaduras intervasculares son alternas, ornadas y las placas de perforación son simples (Figura 10. 7, 8). Presencia de parénquima apotraqueal difuso. En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud de 730 (250–1100) μm . Hay infiltraciones de calcedonia. Los radios son multiseriados (90%), sin embargo, unos pocos, no bien preservados, son uniseriados. Presentan una altura promedio expresada en número de células de 50 (15–54). La densidad es de 9 radios por mm^2 . Se observa parénquima septado (Figura 10. 9–12).

Discusión. En este ítem pero para la especie anterior se mencionó características de las diversas especies de *Paraalbizioxylon*. De allí se infiere que el material de Encalilla puede ser albergado en *Paraalbizioxylon cienense* ya que presenta mayor afinidad con esta especie: la porosidad difusa, anillos de crecimientos indistintos, vasos solitarios principalmente, múltiples radiales de 2, 3 y más agrupados; placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas y ornadas, fibras no septadas, escaso parénquima apotraqueal difuso y radios homogéneos formados por células procumbentes con seriación variada y parénquima vasicéntrico, escaso, de pocas células de espesor.

Este taxón ya se ha registrado en los sedimentos del Oligoceno tardío-Mioceno temprano de la For-

mación el Cien (Méjico).

Estas características coinciden en un todo con el leño del Plioceno inferior de la Formación Andalhuala por lo tanto no se encuentran argumentos válidos para crear una nueva especie a pesar de la diferencia en la procedencia estratigráfica y geográfica.

Distribución estratigráfica del taxón en el Neógeno de América del Sur. Formación Andalhuala, Grupo Santa María, Tucumán, Argentina (esta tesis).

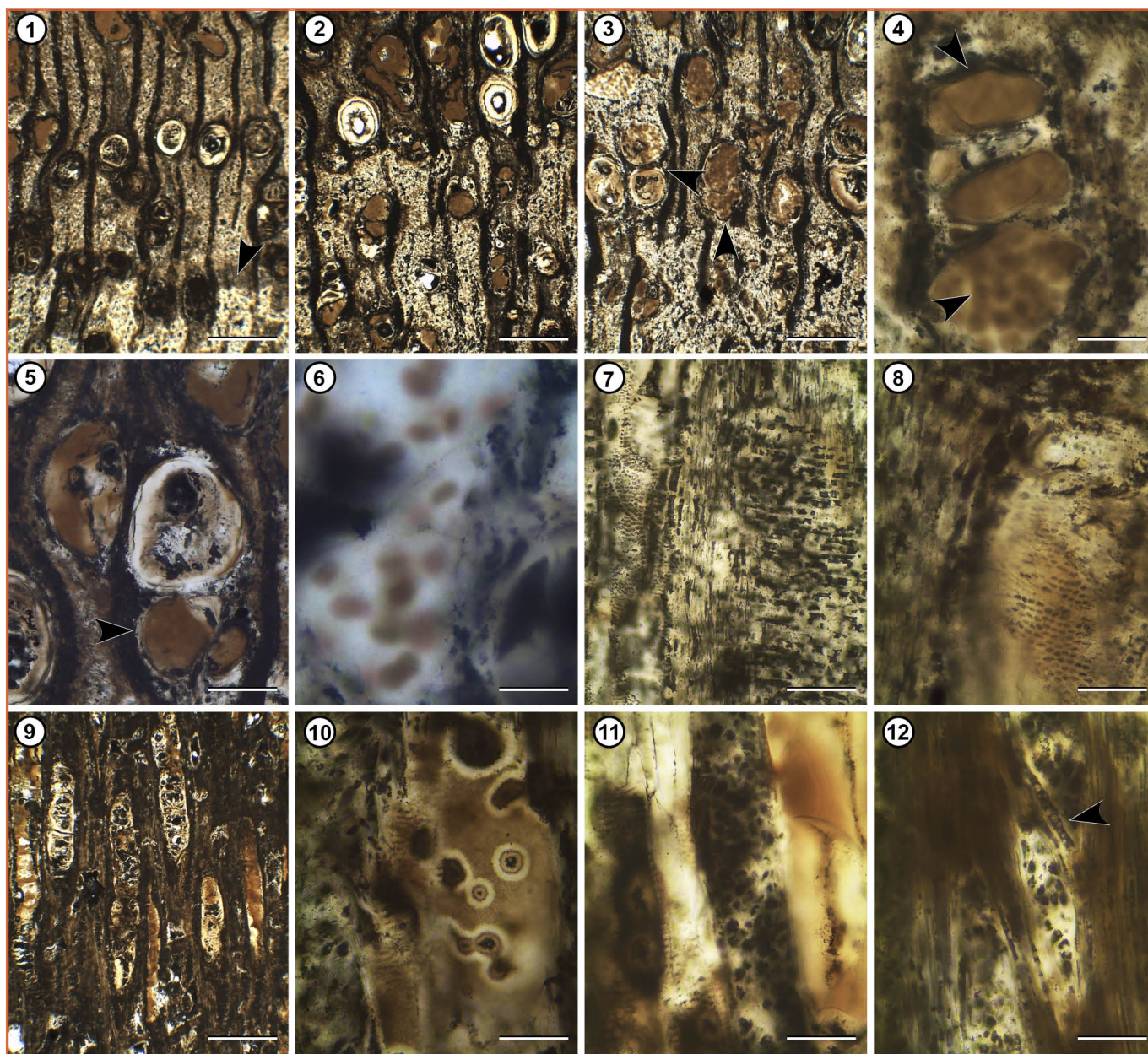


Figura 10. 1–12: *Paraalbizioxylon cienense* Cevallos-Ferriz & Barajas-Morales 1994. CTES-PMP: 3812 a, b, c. a. Corte transversal (1–6). 1–5. Porosidad difusa, tipo de vasos con contenidos y con coloración por la ocurrencia de probables sustancias tóxicas fenólicas; en 4, 6. Presencia de coprolitos en el interior de los vasos. **b.** Corte longitudinal radial (7, 8). 7. Radios homogéneos con células procumbentes; en 8 punteaduras alternas y ornadas y placas de perforación simples. **c.** Corte longitudinal tangencial (9–12). 9. Distribución y frecuencia de los radios multiseriados en su mayoría. 10. Infiltraciones de calcedonia. 11, 12. Detalle de los radios multiseriados y parénquima septado (flecha). **Escalas:** 1–3, 9= 160 μm ; 4= 156 μm ; 5= 60 μm ; 6, 8, 10–12 = 15 μm ; 7= 180 μm .

Género *Menendoxylon* Lutz 1979.

Especie tipo. *Menendoxylon vasallensis* Lutz 1979.

Menendoxylon vasallensis Lutz 1979.

Figura 11 (1–7)

Material estudiado. CTES-PB: 14.348; CTES-PMP: 3697, 3698, 3699.

Localidad. Cerro Pampa.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Andalhuala.

Edad. Mioceno tardío.

Descripción. Fragmento de leño silicificado, decorticado que presenta un buen estado de preservación del xilema secundario. En corte transversal los anillos de crecimiento están levemente marcados. La porosidad es difusa. Los vasos tienen contorno circular a ovalado. El diámetro de la pared es de 9 (5–13) μm . Los elementos de vasos se presentan en su mayoría solitarios (60%), frecuentemente múltiples radiales cortos (26%) y rara vez múltiples radiales largos (14%). Los vasos tienen un diámetro radial de 80 μm (45–115) μm y un diámetro tangencial de 115 μm (55–175) μm . La densidad es de 10 (6–14) vasos por mm^2 (Figura 11. 1, 2). El parénquima axial es paratraqueal, vasicéntrico, confluyente en bandas angostas (Figura 11. 3). Los radios tienen un trayecto sinuoso. Se observan gomas o resinas en los vasos y también manchones de cuarzo y calcedonia asociados (Figura 11. 2). En corte longitudinal radial los radios son homogéneos formados por células procumbentes, las placas de perforación son simples con tabiques rectos a oblicuos (Figura 11. 4, 5). Se observa parénquima septado. Las fibras son circulares a poligonales, no septadas, con un diámetro tangencial de 11 μm (8–15) μm y radial de 14 μm (10–18) μm . El espesor de la pared mide 2 μm (1–4) μm . En corte longitudinal tangencial también se observan punteaduras intervasculares alternas y ornadas; los radios leñosos en su mayoría son uniseriados, frecuentemente biseriados, miden 142 (68–215) μm de altura y un ancho de 15 (8–23). La altura de los radios expresada en números de células es de 11 (8–15) y el ancho es de 1 (1–2) μm (Figura 11. 6, 7).

Discusión. La madera de las Leguminosae tiene elementos de vasos relativamente grandes, punteaduras intervasculares alternas y ornadas, placas de perforación simples y parénquima axial (Pujana *et al.* 2011). Estas características son afines a una madera estudiada por Lutz en 1979 y determinada como *Menendoxylon*. Sus rasgos más distintivos incluyen: porosidad difusa, radios heterocelulares y homogéneos, parénquima axial aliforme y placas de perforación simples con tabique oblicuo y horizontal.

Este género cuenta con tres especies *M. vasallensis* Lutz 1979, *M. mesopotamiensis* Lutz 1979 y *M. lutzi*

Baez & Crisafulli 2021.

M. vasallensis fue encontrada en la Formación Ituzaingó (Entre Ríos) por Lutz (1979) y Franco & Brea (2013) y en la Formación Chiquimil (Catamarca) por Baez *et al.* (2018), descrita en esta tesis. *M. mesopotamiensis* fue localizada en las formaciones Ituzaingó (Lutz, 1979) y Las Cañas (Martínez & Crisafulli, 2019) en Santiago del Estero. Baez & Crisafulli (2021) hallaron una nueva especie *M. lutzi* en la Formación Chiquimil (Catamarca) (detallada más abajo). Recientemente, en 2021, Fernández Pacella y colaboradores hallaron un nuevo ejemplar de esta especie en los sedimentos del Pleistoceno tardío de la Formación El Palmar en la localidad de La Cruz (Corrientes, Argentina).

Estos taxones están estrechamente relacionados con el grupo Piptadenia.

Por otra parte, Lutz 1987 describió *Menendoxylon piptadiensis* para la Formación Andalhuala (Catamarca) también asignado al clado Mimosoideae. Sin embargo, una observación más precisa de sus caracteres, advirtiéndose la presencia de tubos laticíferos, permitió reasignar este taxón a la familia Apocynaceae y subfamilia Rauvolfioideae, bajo un nuevo género *Parahancornioxylon piptadiensis* (Lutz) Moya *et al.* (2018).

Además, Moya & Brea (2020) reasignaron el holotipo de *M. areniensis* Lutz 1979 a *Mangroveoxylon areniensis* tras un análisis exhaustivo. Este taxon pertenece a la familia Combretaceae. Sus caracteres distintivos son: vasos múltiples radiales de 3–7 células y agrupados, parénquima axial apotraqueal difuso; punteaduras intervasculares alternas, ornadas y vesiculadas con terminaciones ramificadas; radios heterógeneos con células procumbentes, cuadradas y erguidas mezcladas en todo el radio y cristales prismáticos en las células del radio. En Moya & Brea (*op.cit.*) se menciona un ambiente marino para el Mioceno tardío de la Formación Ituzaingó que se corresponde a la anatomía de ese ejemplar.

La combinación de los caracteres mencionados para el material de Cerro Pampa permiten asignarlo a *Menendoxylon vasallensis*, sumando otra localidad a la de Hernandarias y Toma Vieja donde fue registrada, primeramente.

En la descripción del siguiente material, determinado como *M. lutzi* se detallan las comparaciones pertinentes.

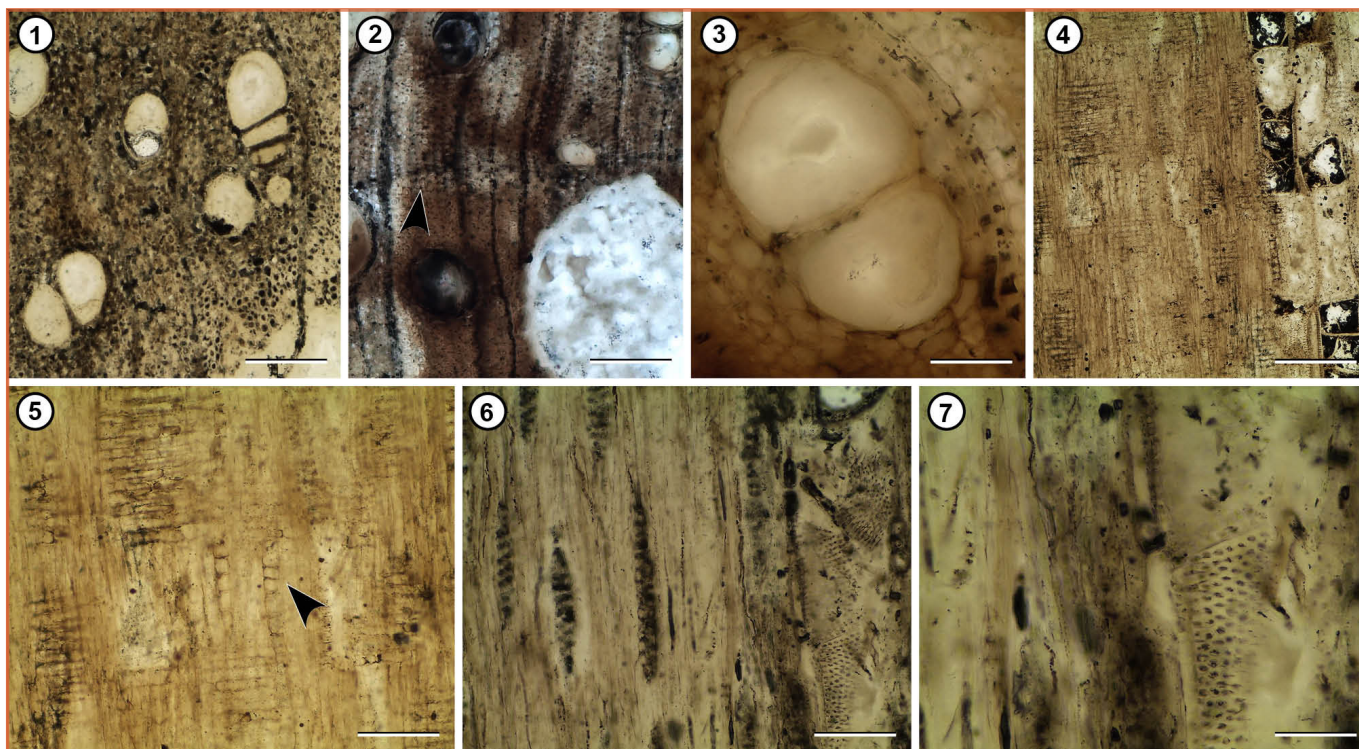


Figura 11. (1–7). *Menendoxylon vasallensis* Lutz 1979. CTES-PMP: 3697. Corte transversal del leño secundario (1–3). 1. Detalle de los tipos de vasos. 2. Anillos de crecimiento levemente marcados (flecha), porosidad difusa, radios de trayecto sinuoso; presencia de calcedonia. 3. Detalle de un vaso múltiple radial corto y parénquima paratraqueal vasicéntrico. **CTES-PMP: 3698.** Corte longitudinal radial 4, 5. mostrando los radios homogéneos, las placas de perforación simples y el parénquima septado (flecha). **CTES-PMP: 3699.** Corte longitudinal tangencial 6, 7. 6. Radios leñosos. 7. Detalle de las punteaduras intervasculares alternas y ornadas. **Escalas:** 1, 2, 4= 120 μm ; 3= 30 μm ; 5, 6= 100 μm ; 7= 70 μm .

Género *Menendoxylon lutzi* Baez & Crisafulli 2021

Figura 12 (1–12)

Holotipo. CTES-PB: 12.889; CTES-PMP: 3725, 3726, 3727.

Localidad. Cerro Pampa.

Procedencia geográfica. Catamarca, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Chiquimil.

Edad. Mioceno tardío.

Descripción. Fragmento de madera silicificada. La conservación de los tejidos es regular. En la sección transversal, los anillos de crecimiento están débilmente marcados por pocas células de parénquima axial terminal. Porosidad difusa. Los vasos son mayoritariamente solitarios (85%) y radiales múltiples 2–3 (15%). Tienen un diámetro tangencial de 129 (100–250) μm y radial de 222 (150–350) μm . Las paredes tienen un grosor de 20 μm . La densidad es de 29 vasos por mm^2 . Los vasos son de contorno ovalado a circular (Figura 12. 1). Las fibras son de forma poligonal a circular con un diámetro tangencial = a 10 (5–12,5) μm y un diámetro radial = a 10 (8–12,5) μm . Hay presencia de gomas o resinas y coprolitos de artrópodos en los vasos. El parénquima axial es aliforme y confluyente en bandas estrechas y escaso para-traqueal vasicéntrico. Los radios tienen un trayecto recto a sinuoso (Figura 12. 2, 3). Esta sección muestra el contorno circular de la médula central del que surgen numerosos intersticios o gaps. Se observan varios coprolitos en el interior de la médula (Figura 12. 4). Los coprolitos pueden dividirse en dos clases según su tamaño y forma. Los más pequeños y esferoidales son de 660 μm . Los más grandes miden 833 μm , tienen forma ovoide y se distribuyen en un patrón regular (Figura 12. 5). Hay presencia de filamentos fúngicos en las células del parénquima (Figura 12. 6). En la sección longitudinal radial, los elementos del vaso son cortos con una longitud = a 280 (270–300) μm . También se observan coprolitos. Se ven placas de perforación simples con tabique oblicuo. Los radios se componen de células procumbentes con punteaduras radiovasculares (Figura 12. 7, 8). Se preservan filamentos fúngicos productores de la deslignificación de la pared (Figura 12. 9). En la sección longitudinal tangencial, las punteaduras intervasculares son orna-das y alternas, similares a las punteaduras radiovasculares; los elementos de los vasos son cortos (Figura 12. 10). Los radios son mayoritariamente uniseriados (70%), biseriados parcialmente uniseriados (15%), biseriados (10%) y triseriados (5%). La altura promedio de los radios (expresada en número de células) es = a 20 (14–22) (Figura 12. 11, 12).

Discusión. En Cerro Pampa, localidad donde se halló este material, se registraron los géneros *Menendoxylon* Lutz, *Paraalbizioxylon* (Gross) Martínez (Baez *et al.* 2018) y *Bastardioxylon* Baez & Crisafulli 2021.

En la especie descripta anteriormente ya se mencionó las características de *Menendoxylon* que se ajustan a este ejemplar; no obstante, también se comparó con *Paraalbizioxylon* que se diferencia por tener fibras septadas, parénquima paratraqueal vasicéntrico y parénquima apotraqueal difuso. *Bastardioxylon* se distingue por su rasgo característico que es la presencia de radios con células envainadoras.

Se cotejaron los rasgos anatómicos del ejemplar estudiado con *Piptadenioxylon* Suguio & Mussa 1978, *Microlobiusxylon* Franco & Brea (2010) y *Mimosoxylon* Müller-Stoll & Mädler (1967). Sin embargo, la mayoría de las características que preservan no se observan en el fosilitaxón de Cerro Pampa.

Se comparó con *Menendoxylon vasallensis* hallado también en esta localidad y los caracteres que la distinguen de la madera aquí estudiada son: diferencias en el porcentaje de vasos solitarios (60%), múltiples radiales cortos (14%) y agrupados (26%); menor densidad de los vasos (10%); ausencia de parénquima axial aliforme; diferencias en la seriación de los radios (predominantemente uniseriados y frecuentemente biseriados) y menor altura de los mismos (una media de 11 células).

Se hace lo propio con *M. mesopotamiensis* que no comparte el ancho de los radios tetraseriados, pocos biseriados y no posee parénquima aliforme.

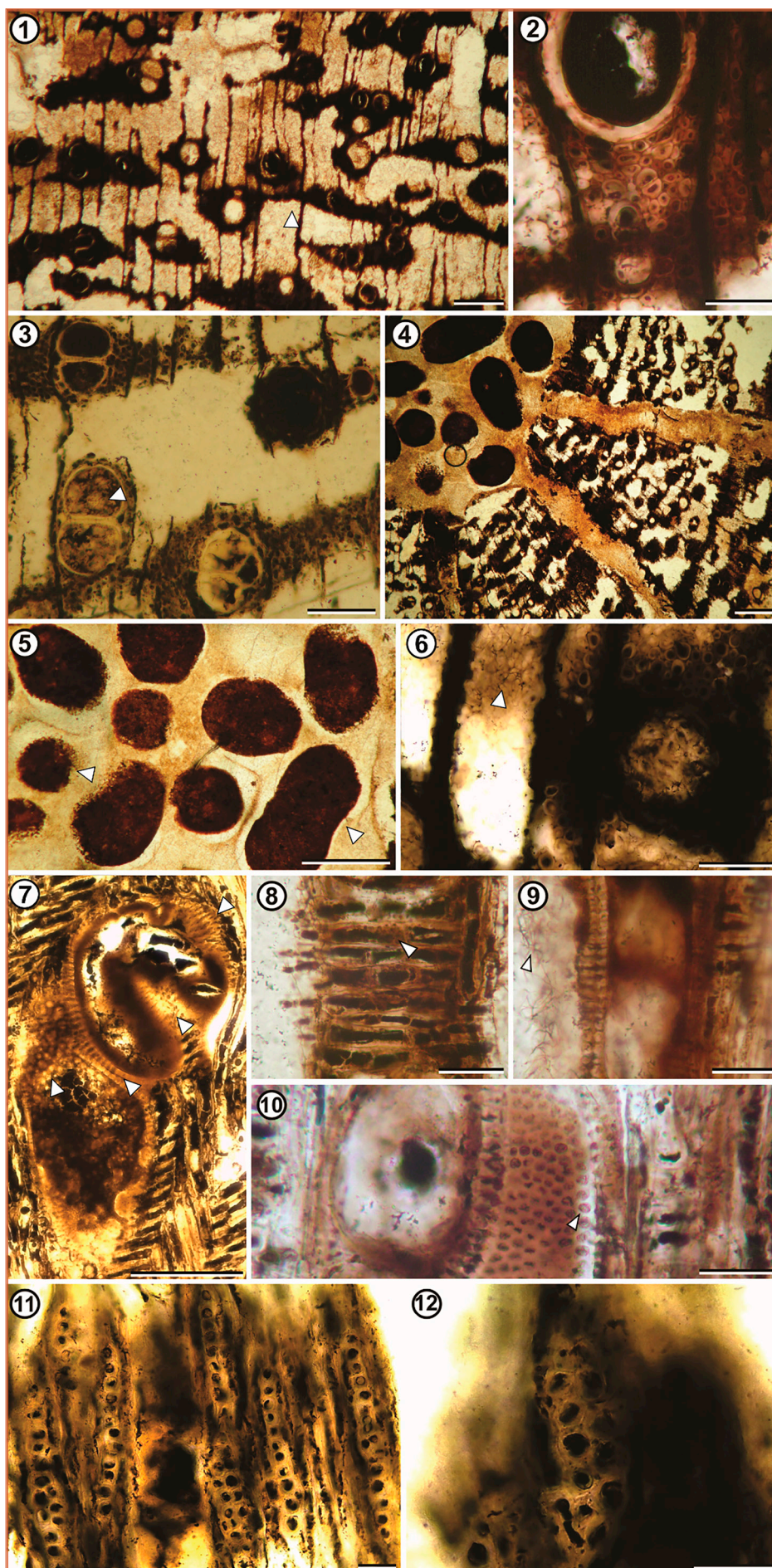
Por tanto, estas diferencias con las otras dos especies de *Menendoxylon* justificaron la creación de la especie *M. lutzi* Baez & Crisafulli (2021) que se asemeja a la descripción original de *M. areniensis* Lutz (1979).

Distribución estratigráfica del género en el Neógeno de América del Sur. Formaciones: Ituzaingó (Entre Ríos) y Chiquimil (Catamarca) del Mioceno tardío; Las Cañas (Santiago del Estero) del Plioceno superior y El Palmar (Corrientes) del Pleistoceno tardío en Argentina.

Afinidad botánica. Taxones del grupo *Piptadenia*.

Distribución actual. Selva pedemontana, montana y bosque montano. Selva de las yungas y Chaco serrano.

Figura 12 (1 – 12): *Menendoxylon lutzi* Baez & Crisafulli 2021. CTES-PMP: 3725. Corte transversal del leño (1–6). 1. Los anillos de crecimiento están débilmente marcados (flecha); porosidad difusa y vasos de forma ovalada a circular. 2. Vasos con contenido oscuro, fibras y parénquima. 3. Vasos múltiples con gomas o resinas y coprolitos (flecha). 4. Médula, intersticios o huecos y coprolitos. 5. Aspecto de la forma y tamaño de los coprolitos (flechas). 6. Filamentos fúngicos en las células del parénquima. **CTES-PMP: 3726.** Corte longitudinal radial (7–10). 7. Aspecto de los elementos de vasos cortos, placas de perforación simples con tabique oblicuo y coprolitos en el interior de los vasos. 8. Punteaduras radiovasculares en las células procumbentes de los radios. 9. Deslignificación de la pared causada por filamentos fúngicos. 10. Vasos con punteaduras intervasculares alternas y ornadas. **CTES-PMP: 3727.** Corte longitudinal tangencial 11, 12. Aspecto y seriación de los radios. **Escala:** 1 = 250 µm; 2 = 56 µm; 3 = 130 µm; 4 = 250 µm; 5 = 900 µm; 6 = 150 µm 7 = 300 µm; 8 = 60 µm; 9 = 65 µm; 10 = 74 µm; 11 = 20 µm; 12 = 40 µm.



Género *Gleditsioxylon* Müller-Stoll & Mädel 1967.

Especie tipo. *Gleditsioxylon columbianun* Müller-Stoll & Mädel 1967.

Gleditsioxylon nov. sp. 1

Figura 13 (1–12)

Material estudiado. CTES-PMP: 3803 a, b, c.

Localidad. Encalilla.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Andalhuala.

Edad. Plioceno inferior.

Descripción. En corte transversal, los anillos de crecimiento son distinguibles. Presenta porosidad semi-circular a difusa. Los vasos son solitarios (40%), múltiples radiales de 2 (35%), 3 (15%) y más elementos (7%) y agrupados (3%) (Figura 13. 1–3). Los vasos tienen un diámetro tangencial de 56 (50–62) μm y un diámetro radial de 87 (62–125) μm ; las paredes con un espesor promedio de 12,5 μm . La densidad de vasos es de 17 por mm^2 . Vasos con contenido, ¿tilosis? y filamentos de hongos (Figura 13. 2). El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal difuso a escaso (Figura 13. 2, 3). Las fibras están distorsionadas por compresión. Los radios presentan un trayecto recto. En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos compuestos por células procumbentes (Figura 13. 4–6). Presencia de drusas en las células del parénquima axial, semejante al carácter 145 (visto en IAWA, 1989: 314, figuras 170, 171) (Figura 13. 6). En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud de 645 (500–725) μm . Los radios son uniseriados (18%), biseriados (12%), triseriados (25%) y multiseriados (45%). Ocasionalmente hay radios multiseriados con una porción central biseriada (Figura 13. 7–10). Presentan una altura expresado en número de células de 29 (6–70). La densidad es de 6 radios por mm^2 . Las fibras son no septadas. Hay presencia de parénquima septado (*sensu* Moya & Brea, 2015). Las punteaduras intervasculares son alternas, ornadas y las placas de perforación son simples (Figura 13. 11, 12).

Discusión. Este material fósil se incluye en las Caesalpinoideae ya que comparte características relevantes de esta sub familia, tales como: porosidad circular a difusa, elementos de vasos de longitud corta a media, parénquima axial variado con o sin cristales y engrosamientos helicoidales en las paredes de los vasos (Baez, 2021).

La configuración anatómica del material del Plioceno inferior de Tucumán-Catamarca, en particular la porosidad semi-circular a difusa, la presencia de vasos solitarios, múltiples radiales cortos y largos y agrupados, elementos de vasos cortos, especies con o sin engrosamientos helicoidales en las paredes de los vasos, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas y ornadas, radios uniseria-

dos a multiseriados y homogéneos, parénquima paratraqueal variado, todo ello contribuyó a asignarlo a *Gleditsioxylon* Müller-Stoll & Mädél 1967.

Es importante destacar que Müller-Stoll & Mädél (1967) distinguieron *Gleditsia* y *Gymnocladus*, que difieren entre sí, por el ancho de los radios y la presencia/ausencia de parénquima cristalífero. Llegaron a la conclusión de que las maderas fósiles con estas características podían clasificarse bajo el género *Gleditsioxylon* y por tanto crearon las diagnósicos de las especies conocidas hasta entonces haciendo nuevas combinaciones.

La primera de estas combinaciones es la de *Gleditsioxylon columbianum* que se estableció como especie tipo procedente de *Gleditsia columbiana* Prakash & Barghoorn 1961 del Mioceno de Washington. Wheeler & Dillhoff (2009) confirmaron la presencia de *Gleditsioxylon columbianum* en esos sedimentos.

A partir de *Gleditsia montanense* Prakash *et al.* (1962), Müller Stoll & Mädél crearon la nueva combinación *Gleditsioxylon montanense* proveniente de sedimentos coetáneos de Montana (EE.UU.). Müller-Stoll & Mädél 1967 elaboraron la diagnósico de *Gleditsioxylon paleojaponicum* teniendo en cuenta la descripción de Watari (1952) de *Gleditsia cf. japonica* del Mioceno de Tamugimata (Japón).

Watari describió *Gleditsia* comparando sus características con las de la especie actual *Gleditsia japonica* Miquel. Suzuki & Watari (1994) documentaron *Gleditsia paleojaponica* en la Formación Nawamata y también lo hicieron Choi *et al.* (2010) en la Formación Ohami. Cheng *et al.* (2018) encontraron las siguientes características anatómicas en *Gleditsioxylon jiangsuensis*: porosidad circular, vasos sin contenido, mayor porcentaje de vasos solitarios que de múltiples radiales, pocos agrupados, presencia de parénquima aliforme unilateral parcialmente estratificado, ausencia de fibras, diferencias en la altura y el ancho de los radios, rasgos que la distinguen de las otras especies.

En los sedimentos del Neógeno de Japón, Estados Unidos, Argentina y China se han registrado ocho especies de *Gleditsioxylon* detalladas en la Tabla 3. En la misma se consigna claramente que el material de Encalilla presenta porosidad semi-circular a difusa, parénquima apotraqueal difuso, parénquima paratraqueal vasicéntrico escaso, igual proporción de vasos múltiples radiales cortos que solitarios y fibras no septadas.

Estas últimas son todas características que diferencian estos materiales de las especies argentinas *G. riojana* Martínez & Rodríguez-Brizuela 2011 de la Formación Toro Negro, *G. paramorphoides* Franco & Brea 2013 de la Formación Ituzaingó y de otro material asignado a *Gleditsioxylon sp.* en la Formación Las Cañas del Plioceno superior de Santiago del Estero (Baez *et al.* 2021).

A continuación del análisis de esta madera, se describió *G. fiambalense* Baez 2021 procedente del Mioceno de la Formación Tambería (Catamarca) que se aparta porque tiene mayor número de vasos múltiples radiales cortos que solitarios, engrosamientos helicoidales, además del parénquima vasicéntrico, parénquima confluyente en bandas estrechas, sumado a la presencia de radios uniseriados parcialmente biseriados. Sin embargo, no posee como el material que aquí se describe radios multiseriados con una porción

central biseriada.

Todos estos rasgos anatómicos conforman una combinación novedosa que valida la creación de *Gleditsioxylon nov. sp. 1*.

Especie	<i>Gleditsioxylon columbianum</i>	<i>Gleditsioxylon montanense</i>	<i>Gleditsioxylon paleojaponicum</i>	<i>Gleditsioxylon riojana</i>	<i>Gleditsioxylon paramorphoides</i>	<i>Gleditsioxylon jiangsuensis</i>	<i>Gleditsioxylon fiambalense</i>	<i>Gleditsioxylon nov. sp. 1</i>
	Müller Stoll & Mädél	Müller Stoll & Mädél	Müller Stoll & Mädél	Martínez & Rodríguez-Brizuela	Franco & Brea	Cheng <i>et al.</i>	Baez & Crisafulli	(Este trabajo)
Procedencia	Washington, USA	Montana, USA	Tamugimata, Japón	La Rioja, Argentina	Entre Ríos, Argentina	Jiangsu, China	Catamarca, Argentina	Tucumán, Argentina
Porosidad	Circular	Circular	Circular	Semi-circular	Semi-circular	Circular	Semi-circular a difusa	Semi-circular a difusa
Tipo de vasos	Solitarios, múltiples radiales cortos, en bandas de 4–6 (nidos?)	Solitarios, en grupos, bandas de 3–5	Agrupados, “clusters”, múltiples radiales cortos, solitarios	Solitarios, múltiples radiales cortos y en nidos	Solitarios, en series radiales y tangenciales de 2–3 y más y agrupados	Solitarios, múltiples radiales cortos (2–3), agrupado “clusters”	Múltiples radiales cortos frecuentes, agrupados “clusters” y solitarios en menor frecuencia	solitarios (40 %), múltiples radiales de 2 (35 %), 3 (15 %) y más elementos (7 %) y (3 %) agrupados “clusters”
Placas de perforación	Simples, horizontales a oblicuas	Simples, horizontales a oblicuas	Simples	Simples, horizontales u oblicuas	Simples	Simples	Simples	Simples
Engrosamientos	Presentes	Presentes	-----	Presentes	Ausentes	Presentes	Presentes	Ausentes
Contenidos	Gomas	Gomas	-----	Gomas, tilides	Marrones oscuros	-----	Oscuros y tilides	Con contenido, ¿tilides?
Tipo de parénquima	Paratraqueal vasicéntrico abundante, confluyente y terminal. Parénquima septado con cristales	Paratraqueal vasicéntrico abundante, confluyente y terminal. Parénquima septado ocasionalmente con cristales	Paratraqueal vasicéntrico, aliforme a confluyente en bandas tangenciales anchas e irregulares. Parénquima cristalífero	Paratraqueal vasicéntrico abundante, confluyente y terminal. Parénquima cristalífero	Paratraqueal vasicéntrico, aliforme, confluyente y bandeado. Parénquima marginal y septado con cristales romboidales	Paratraqueal vasicéntrico, confluyente, aliforme unilateral. Parénquima cristalífero	Paratraqueal vasicéntrico, confluyente en bandas delgadas escaso. Parénquima apotraqueal difuso. Parénquima septado ocasionalmente con cristales	Paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal difuso a escaso. Parénquima septado
Fibras	No septadas	No septadas	-----	No septadas	No septadas	No septadas	Ocasionalmente septadas	-----
Tipos de radios	Homogéneos, 1–5 seriados, (mayoría 3–4)	Homogéneos, 1 a 12 seriados	Homogéneos, 1–12 seriados	Homogéneos, 2 a 6 seriados; 33 (4–65)	Homogéneos, 1 a 10 series; 20 (5–33)	Homogéneos, 1–7 seriados; 120 células	Homogéneos, 2 a 6 series; 27 (6–80)	Homogéneos, 1 a 5 series, radios multiseriados con porción central biseriada; 29 (6–70)

Tabla 3. Cuadro comparativo de las características anatómicas entre las especies de *Gleditsioxylon*.

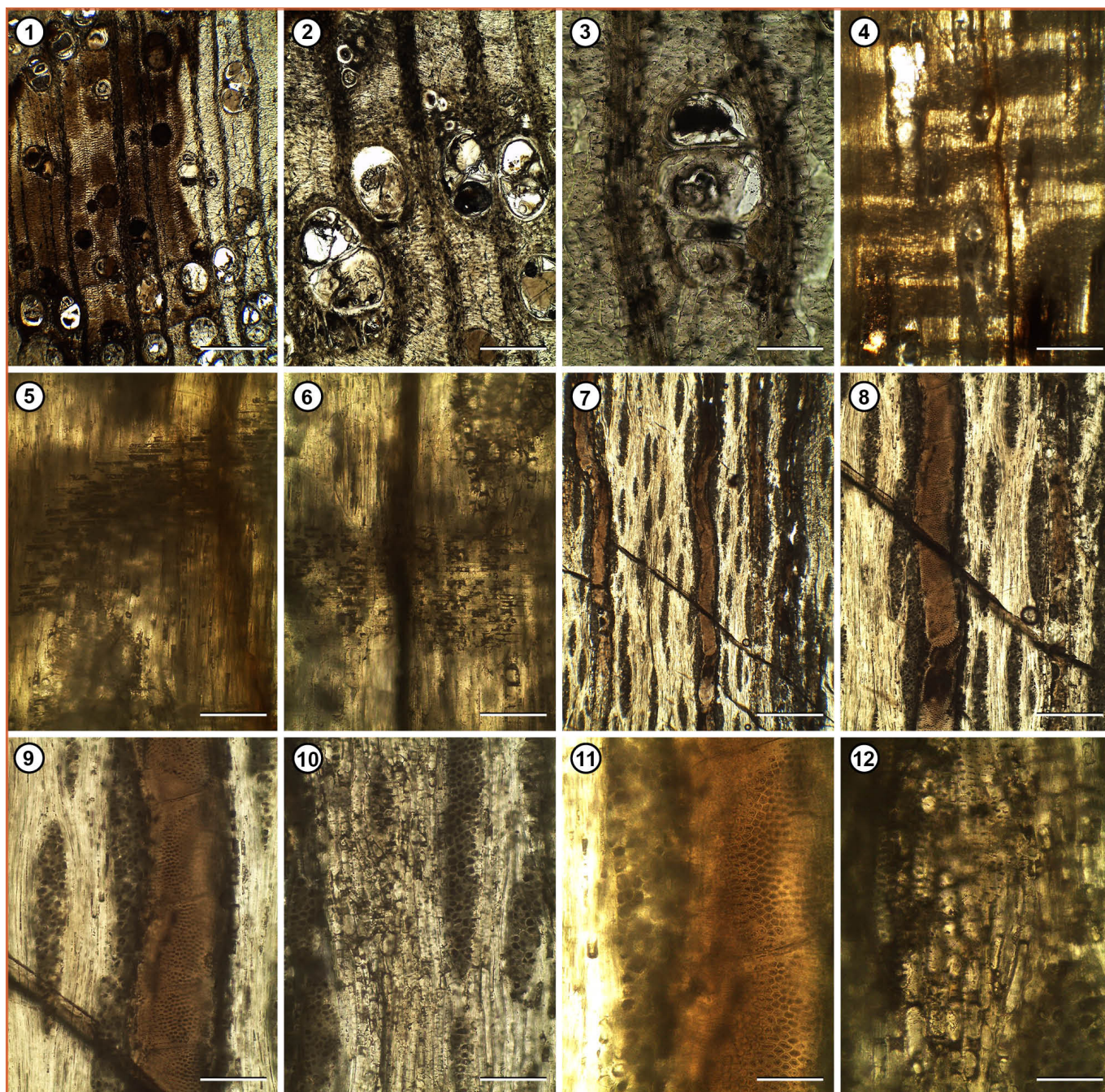


Figura 13 (1 – 12): *Gleditsioxylon nov. sp. 1*. CTES-PMP 3803 a, b, c. a. Corte transversal del leño 1–3. 1. Anillos de crecimiento marcados, porosidad difusa y tipo de vasos. 2, 3. Vasos con contenido y ¿tilosis?, parénquima paratraqueal vacicéntrico. b. Corte longitudinal radial 4–6. Radios homogéneos con células procumbentes. 6. Drusas en las células en los radios. c. Corte longitudinal tangencial. 7–12. 7–10. Aspecto y seriación de los radios. 11. Punteaduras intervasculares alternas y ornadas en los vasos y en 12, en el parénquima paratraqueal. **Escalas: = 1, 7= 150 μm ; 2, 4, 8= 125 μm ; 3, 5, 6, 9, 10= 100 μm ; 11, 12= 50 μm .**

Gleditsioxylon fiambalense Baez 2021

Figuras 14–16

Holotipo. CTES-PB: 14517; CTES-PMP: 4000, 4001, 4002 (Figuras 14 y 15).

Localidad. Bolsón de Fiambalá.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Tambería.

Edad. Mioceno tardío.

Paratipo. CTES-PMP: 3804 a, b, c (Figura 16).

Localidad. Río Seco.

Procedencia estratigráfica. Formación Andalhuala.

Edad. Plioceno inferior.

Procedencia geográfica. Catamarca, Argentina.

Descripción. Fragmentos silicificados de xilema secundario que en sección transversal muestran anillos de crecimiento distinguibles. La porosidad es semi-circular con tendencia a difusa. Los vasos son solitarios (29%), múltiples radiales cortos (2–3 elementos, 43%), múltiples radiales largos (4 o más elementos, 19%), *clusters* dispuestos en cadenas oblicuas, 9% (Figuras 14. 1–7; 16. 1–7). El diámetro tangencial es de 117 (38–200) μm y el radial de 180 (100–250) μm . Los vasos tienen un contorno circular a subcircular. La pared de los miembros de vaso mide una media de ca. de 5 μm . La frecuencia es de 22 (9–25) vasos por mm^2 (Figura 16. 3, 4). Presentan contenidos oscuros, gomas o resinas y probablemente tilosis (Figura 14. 2, 6, 7). El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico escaso, confluyente en bandas estrechas y parénquima apotraqueal difuso (Figura 14. 3–6). Los radios tienen una disposición recta (Figura 14. 1, 3, 6). Presencia de abundantes fibras con paredes gruesas y lumen reducido de contorno circular (Figura 14. 3, 6). En sección longitudinal radial, los radios son homogéneos exclusivamente, compuestos por células procumbentes (Figuras 14. 8, 9; 16. 8–10). En esta sección el parénquima paratraqueal vasicéntrico tiene cristales prismáticos (Figura 15. 1). Las punteaduras radiovasculares son pequeñas y circulares (Figura 14. 9). Hay ocasionalmente parénquima cristalífero (Figura 15. 2). En la sección tangencial, los vasos, el parénquima y los radios no están estratificados. Los radios son uniseriados (5%), uniseriados parcialmente biseriados (15%), biseriados (10%), triseriados (10%) y multiseriados (60%). Tienen una frecuencia de 7 radios por mm^2 . Su altura media es de 27 (6–80) células (Figuras 15. 3–5, 8, 9; 16. 13–17). Los elementos de vasos son cortos y tienen 202 (79–309) μm de longitud. Las placas de perforación son simples (Figura 15. 4, 6, 7). Hay presencia de engrosamientos helicoidales en la pared interna de los vasos. Las punteadu-

ras intervasculares son alternas y ornadas (Figuras 15. 6, 7; 16. 15, 16, 18); estos caracteres se observan también en el corte longitudinal radial en el material de Río Seco (Figura 16. 11, 12). Algunas fibras son septadas, con un diámetro tangencial medio de 33 (26–38) μm y un diámetro radial de 34 (30–38) μm (Figura 15. 9).

Discusión. Los materiales de las Formaciones Tambería y Andalhuala presentan parénquima apotraqueal difuso, porosidad semi-circular a difusa, parénquima paratraqueal vasicéntrico escaso, mayor número de vasos múltiples radiales cortos que solitarios, engrosamientos helicoidales en las paredes internas de los mismos, fibras ocasionalmente septadas y diferencias en la altura de los radios. Todos estos rasgos anatómicos conforman una combinación diferente de las especies mencionadas y corresponden a *G. fiambalense* Baez 2021 (Tabla 3).

Distribución estratigráfica del género en el Neógeno de América del Sur. Formaciones: Ituzaingó (Entre Ríos); Toro Negro (La Rioja); Las Cañas (Santiago del Estero). En esta tesis: Formaciones Tambería y Andalhuala (Catamarca), Argentina.

Afinidad botánica. *Gleditisia amorphoides* (Griseb) Taub.

Distribución actual. Regiones húmedas de Argentina, Brasil, Paraguay, Bolivia y Uruguay.

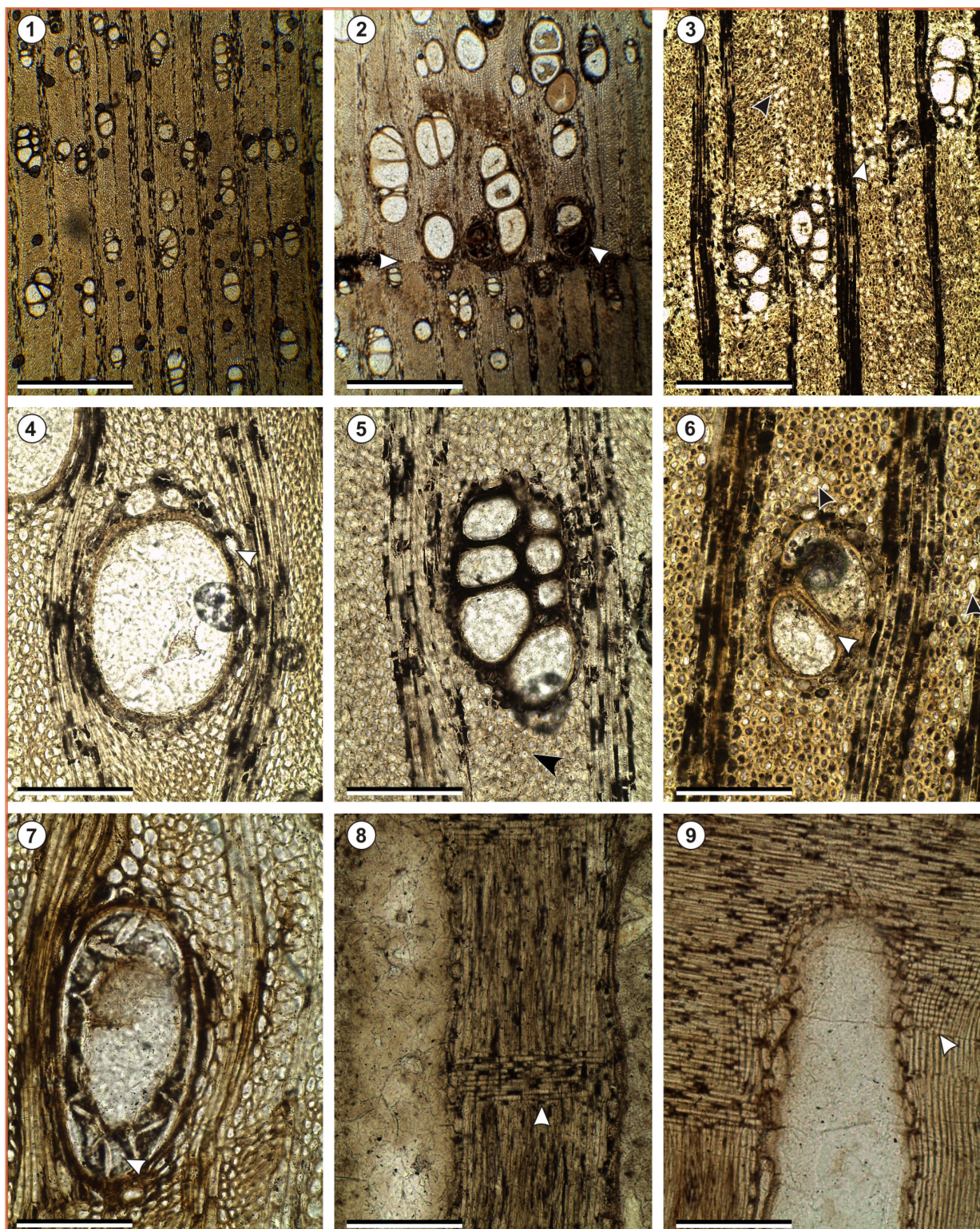


Figura 14. 1–9: *Gleditsioxylon fambalense* Baez 2021. CTES-PMP: 4000. Corte transversal del xilema secundario (1–7). 1–3. Tipos y frecuencia de vasos. Radios con trayecto rectilíneo. 2. Anillos de crecimiento distinguibles (flecha izquierda); vasos con contenido, resina y/o gomas (flecha derecha). 3–6. Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico (flecha blanca), confluyente, apotraqueal difuso (flecha negra). 3, 6. Fibras abundantes (flecha blanca). 7. Vasos con tilosis? CTES-PMP: 4001. Corte longitudinal radial 8, 9. Radios homogéneos con células procumbentes (flecha blanca). 9. Punteaduras radiovasculares pequeñas en las células de los radios. **Escala: 1=500 μ m; 2, 3=300 μ m; 4–9=200 μ m.**

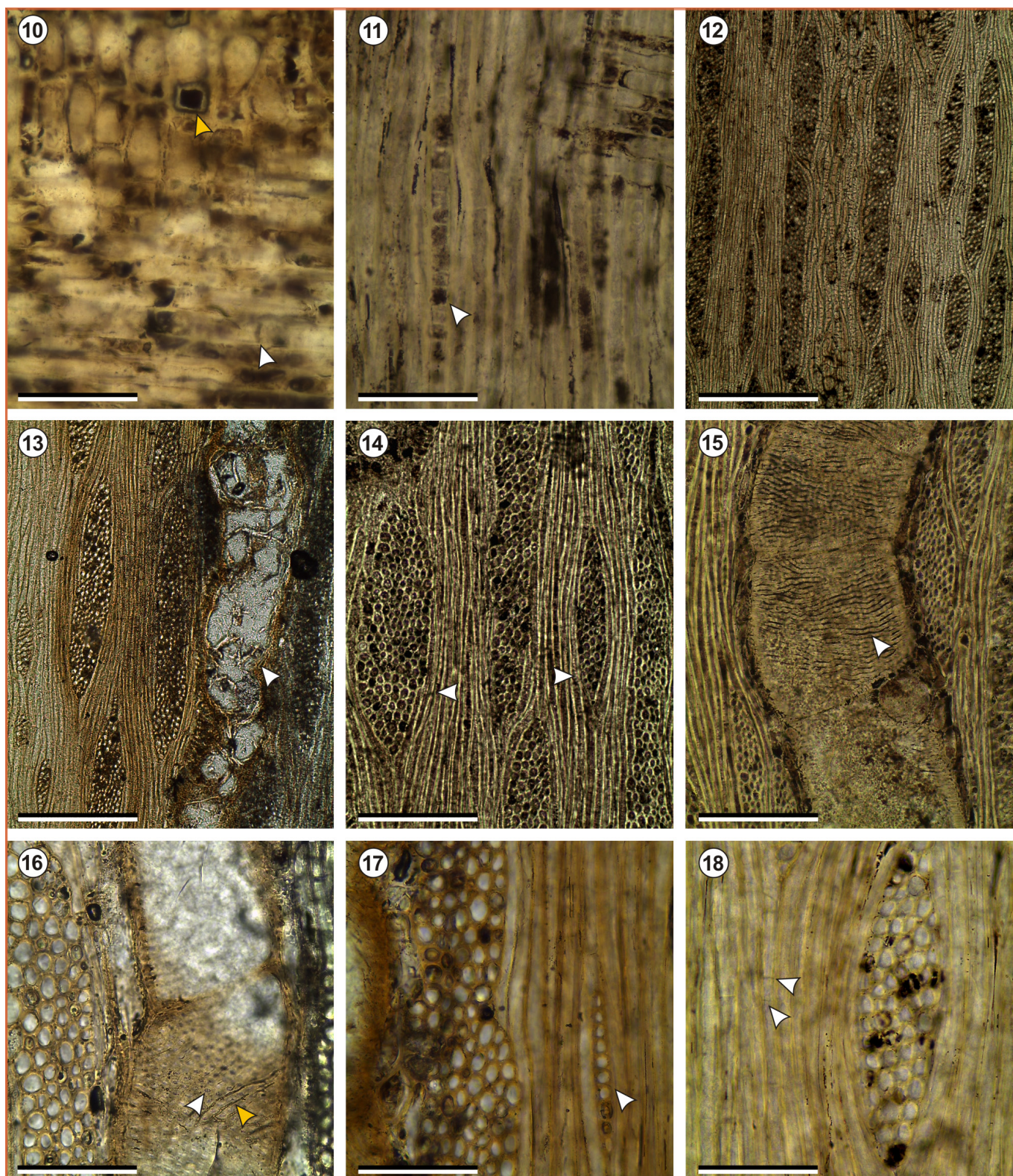


Figura 15 (1–9). *Gleditsioxylon fiambalense* Baez 2021. CTES-PMP: 4001. Corte longitudinal radial (1, 2). 1. Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico con cristales prismáticos (flecha amarilla). 2. Parénquima cristífero ocasionalmente. **CTES-PMP: 4002.** Corte longitudinal tangencial (3–9). 3–5, 8, 9. Frecuencia y seriación de los radios. 4. Probable tilosis en los elementos de vasos (flecha). 4, 6, 7. Elementos de vasos cortos con placas de perforación simples y engrosamientos helicoidales (flecha). 6, 7. Punteaduras intervasculares alternas y ornadas y engrosamientos helicoidales. 8. Radios multiseriados y uniseriados (flecha). 9. Fibras, algunas septadas. **Escala:** 1, 2, 7–9 = 200 μm ; 3 = 500 μm ; 4 = 400 μm ; 5, 6 = 250 μm .

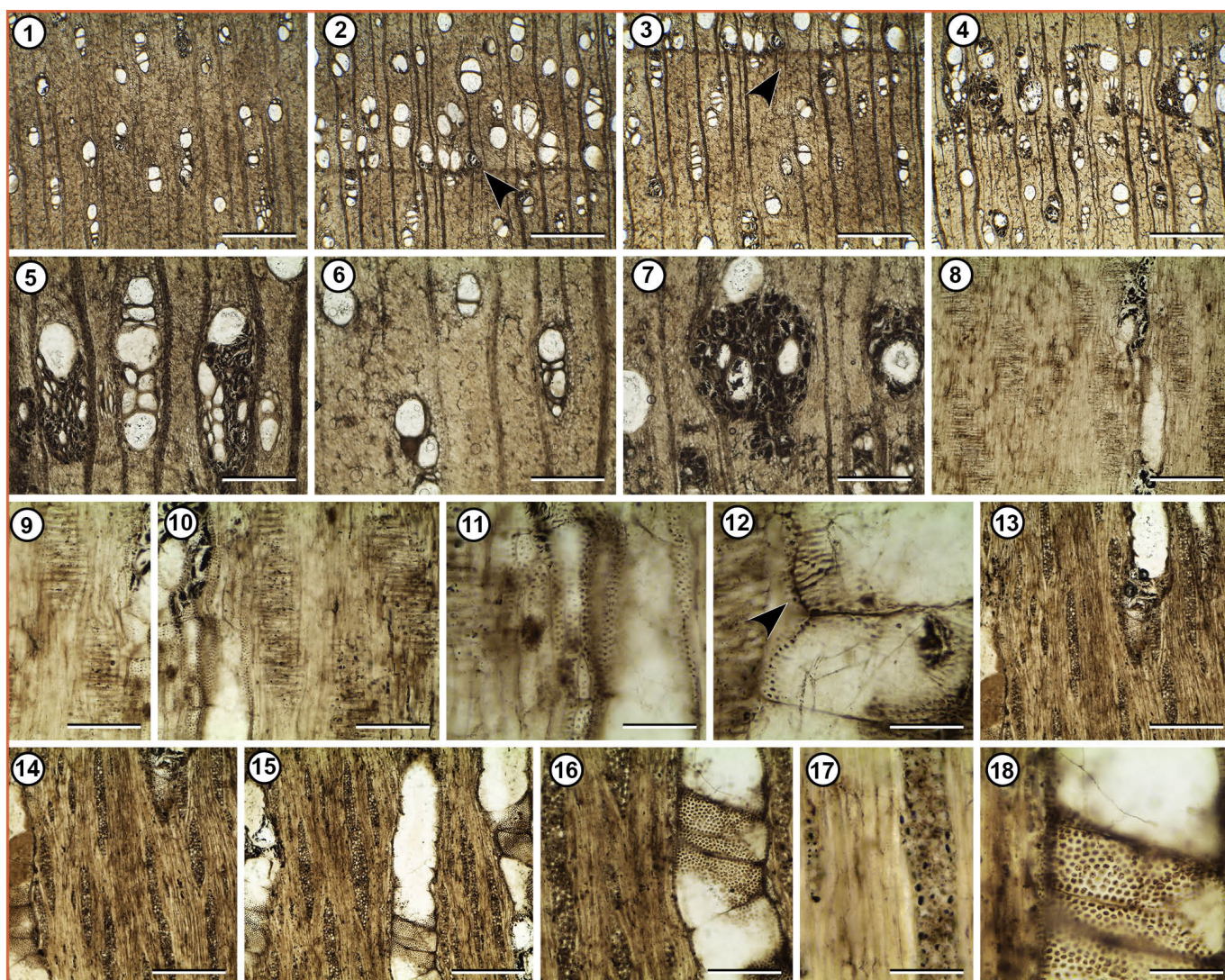


Figura 16 (1–18): *Gleditsioxylon fiambalense* Baez 2021. CTES-PMP: 3804 a, b, c. Corte transversal del leño 1–7. Anillos de crecimiento distinguibles (flecha); porosidad semicircular a difusa. **b.** Corte longitudinal radial (8–12). 8–10. Radios homogéneos con células procumbentes. 11. Punteaduras intervasculares alternas y ornadas. 12. Punteaduras intervasculares alternas y ornadas y engrosamientos helicoidales (flecha). **c.** Corte longitudinal tangencial (13–18). 13–17. Tipo, frecuencia y seriación de los radios. 16, 18. Punteaduras intervasculares alternas y ornadas y placas de perforación simples. **Escala:** 1–4= 167 μm ; 5–8, 13–15= 80 μm ; 9, 10= 60 μm ; 11, 12, 17, 18= 20 μm ; 16= 40 μm .

Género *Mimosoxylon* Müller-Stoll & Mädel 1967

Especie tipo *Mimosoxylon tenax* (Felix) Müller-Stoll & Mädel 1967

Mimosoxylon tenax (Felix) Müller-Stoll & Mädel 1967

Figura 17 (1–12)

Materiales estudiados. CTES-PMP: 3805 a, b, c; 3806 a, b, c; 3807 a, b, c.

Localidad. Puerta de Corral Quemado.

Procedencia geográfica. Catamarca, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Corral Quemado.

Edad. Plioceno inferior medio.

Descripción. Fragmentos de leños silicificados que han preservado el xilema secundario que en corte transversal anillos de crecimiento son distinguibles. El ejemplar CTES-PMP 3807 ha conservado además la médula. Presentan porosidad difusa. Los vasos son solitarios (35%), múltiples radiales de 2 (35%) y 3 (30%) elementos (Figura 17. 1–4). Los vasos tienen un diámetro tangencial de 100 μm y un diámetro radial de 100 μm , las paredes con un espesor de 7 μm , la densidad de vasos es de 15 por mm^2 . Vasos con contenido (Figura 17. 1–4, 6). El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico escaso a raro (Figura 17. 6). Las fibras son de paredes muy finas (visto en IAWA Committee, 1989: página 269, figura 80). Los radios presentan trayecto sinuoso a recto. Se observan hifas y coprolitos cercanos a la médula (Figura 17. 7, 8). En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos formados por células procumbentes (Figura 17. 9). En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud de 1070 (500–1100) μm , con placas de perforación simples. Las punteaduras intervasculares son alternas y ornadas. Los radios en su mayoría son multiseriados (80%) y unos pocos uniseriados (20%). Presentan una altura promedio expresado en número de células de 16 (13–20). La densidad es de 12 radios por mm^2 . Las fibras son no septadas (Figura 17. 10–12).

Discusión. Los caracteres que presenta este ejemplar son asimilables al género *Mimosoxylon* Müller-Stoll & Mädel 1967 y a su especie tipo *M. tenax* de la Formación El Cien, del Oligoceno tardío-Mioceno temprano de Baja California (México). Esta Leguminosae comparte con *M. tenax* el tipo de porosidad, los tipos de vasos, la altura, seriación y homogeneidad de los radios, las placas de perforación, el tipo de punteaduras y la presencia de fibras no septadas. La única distinción que merece citarse es que el parénquima observado es paratraqueal vasicéntrico a diferencia del holotipo que además presenta confluyente aliforme.

Existen numerosas especies de *Mimosoxylon* distribuidas en ambos hemisferios en virtud de la di-

versidad de caracteres que presenta; razón por la cual hay varios ejemplares asignados a *Mimosoxylon sp.* Por ejemplo, para el Neógeno Lutz (1991) determinó bajo esta categoría un ejemplar en la Formación Ituzaingó aflorante en la localidad Punta del Rubio (departamento Lavalle) en Corrientes, Argentina. Situaciones parecidas se dieron en Europa con *Mimosoxylon sp.* encontrado por Gottwald (1992) y en América del Norte otro determinado por Wheeler & Manchester (2002).

Se cita su presencia en Sudamérica con las siguientes especies: *Mimosoxylon caccavariae* Brea, Zucol & Patterer 2010; *M. santamariensis* Lutz 1987 y *M. piptadenoides* (Da Silva Curvelli) Müller-Stoll & Mädel 1967. También se registra para África, *Mimosoxylon calpocalycoides* Lemoigne 1978, *M. krameri* Lemoigne 1978 y *M. ducis-aprutii* (Chiarugi) Müller-Stoll & Mädel 1967. En Asia también se halló *M. acacioides* Kramer 1974, por citar sólo algunas especies.

En este trabajo se establecieron comparaciones con *Mimosoxylon santamariensis* Lutz 1987 del Mioceno de la Formación San José; pero se distingue por el ancho de los radios ya que predominan los biseriados y no los multiseriados como el ejemplar aquí analizado y con otra especie, *M. piptadenoides* (Da Silva Curvelli) Müller-Stoll & Mädel 1967 descripta para Brasil que se diferencia por presentar placas de perforación escalariformes, espesamientos espiralados en los vasos y bandas de parénquima terminal que en los ejemplares aquí descriptos no están presentes.

Distribución estratigráfica del género en el Neógeno de América del Sur. Formaciones San José (Tucumán), Corral Quemado (Catamarca), El Palmar (Entre Ríos) e Ituzaingó (Corrientes) en Argentina y para el Terciario de Minas Gerais en Brasil.

Afinidad botánica. *Mimosa* Linneo 1753.

Distribución actual. Regiones tropicales y subtropicales de los dos hemisferios.

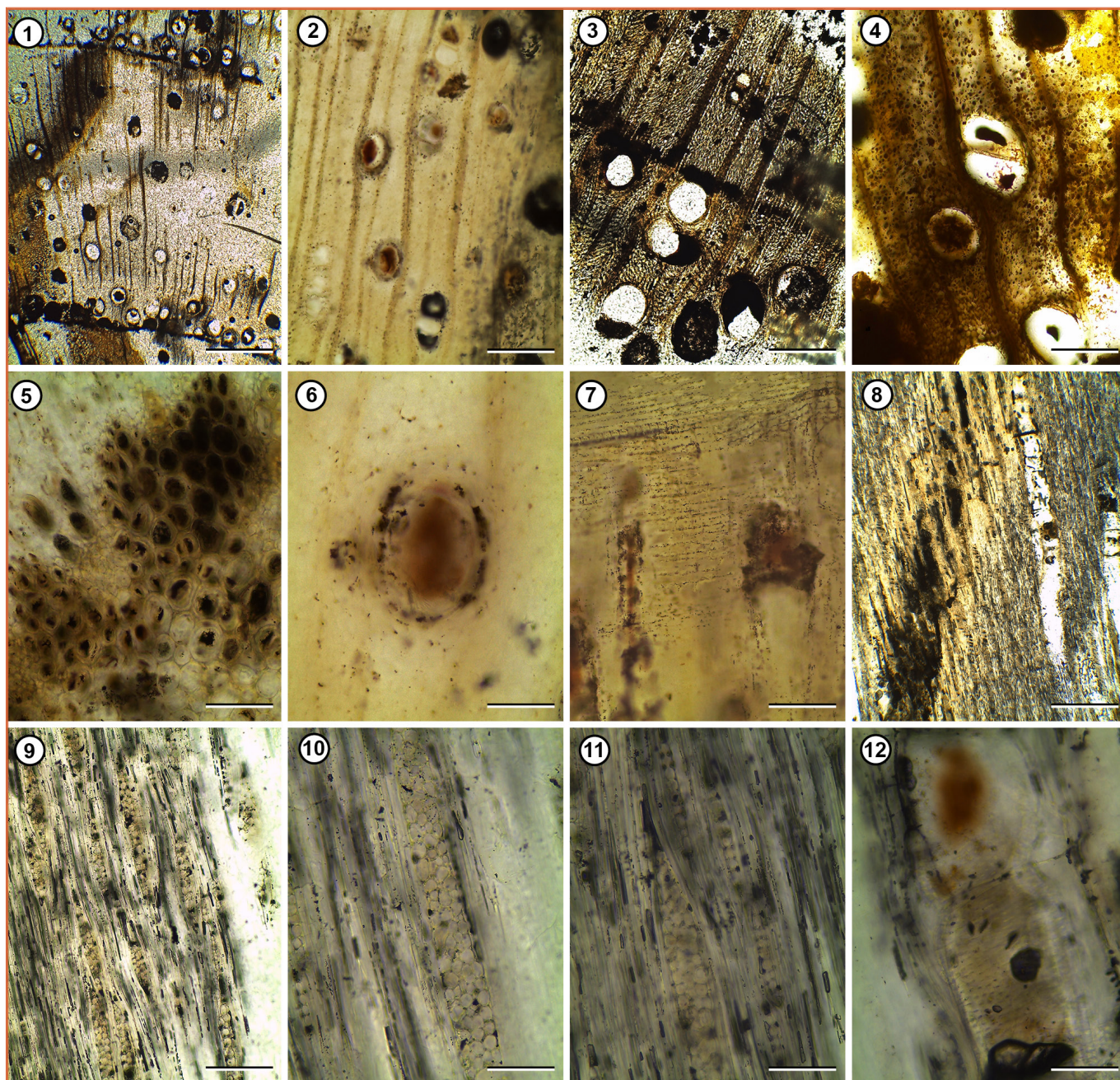


Figura 17. 1–12: *Mimosoxylon tenax* (Félix) Müller-Stoll & Mädler 1967. CTES-PMP: 3805 a, b, c; 3806 a, b, c; 3807 a, b, c. CTES PMP 3805 a. Corte transversal del fragmento (1–8). 1–6. Anillos de crecimiento distinguibles, porosidad difusa y tipos de vasos. 2, 4, 6. Vasos con contenido, en 6. Detalle del parénquima paratraqueal vasicéntrico. **CTES-PMP 3807 a.** 7, 8. Vista de hifas y coprolitos cercanos a la médula. **CTES-PMP: 3806 b.** Corte longitudinal radial 9. Radios homogéneos con células procumbentes. **CTES PMP 3805 c.** Corte longitudinal tangencial (10–12). 10, 11. Tipo y frecuencia de radios. 12. Punteaduras intervasculares alternas y ornadas y placas de perforación simples. **Escalas:** 1, 8= 200 μm ; 2, 9=100 μm ; 3, 4= 80 μm ; 5= 70 μm ; 6, 12= 20 μm ; 7, 10, 11= 35 μm .

Género *Piptadenioxylon* Suguio & Mussa 1978

Especie tipo *Piptadenioxylon chimeloi* Suguio & Mussa 1978

Piptadenioxylon chimeloi Suguio & Mussa 1978

Figura 18 (1–9)

Material estudiado. CTES-PMP: 3808 a, b, c; 3809 a, b, c; 3810 a, b, c, d; 3811 a, b, c.

Localidad. Quebrada del Estanque.

Procedencia geográfica. Salta, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Palo Pintado.

Edad. Mioceno tardío.

Descripción. Fragmento de leño que en corte transversal muestra los anillos de crecimiento no marcados (Figura 18. 1). Sin embargo, en el material CTES-PMP 3811 a las fibras simulan un anillo, que puede ser interpretado como producto de un evento, relacionado con sequía, inundación, acción del viento o fuego (Guerra Sommer *et al.* 2021) (Figura 19. 1). Presenta porosidad difusa. Los vasos son solitarios (70%), múltiples radiales de 2 (18%) y 3 (12%). Los vasos tienen un diámetro tangencial de 115 (90–120) μm y un diámetro radial de 120 (100–140) μm , las paredes con un espesor promedio de 11 μm , la densidad de vasos es de 20 por mm^2 . El contorno de los vasos es ovoidal (Figuras 18. 1–4; 19. 1–3). Algunos con contenidos (Figuras 18. 4; 19. 3). En el interior de los vasos se observa una tonalidad marrón como consecuencia de sustancias tóxicas fenólicas producidas por las eudicotas para prevenir el ataque de los hongos (*sensu* en Schweingruber *et al.* 2008). El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico escaso (Figuras 18. 4; 19. 3). A causa de la preservación no pueden apreciarse las fibras en forma nítida y el trayecto de los radios aparece sinuoso. En corte longitudinal radial, se ven los radios homogéneos, compuestos por células procumbentes (Figuras 18. 5, 6; 19. 4, 5), el parénquima cristalífero y las fibras septadas (Figuras 18. 7; 19. 4). Las punteaduras son alternas y circulares (Figura 19. 5) y placas de perforación simples (Figura 19. 4). En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud de 600 (400–800) μm . Los radios son multiseriados (60%) y unos pocos biseriados (30%) y uniseriados (10%). No son estratificados. La altura expresada en número de células es de 20 (5–25). La densidad es de 8 radios por mm^2 (Figuras 18. 8, 9; 19. 6, 7).

Discusión. Las características anatómicas de estos leños evidencian su similitud con la especie tipo de *Piptadenioxylon*, *P. chimeloi* Suguio & Mussa (1978). La presencia de porosidad difusa, vasos solitarios y escasos múltiples, placas de perforación simples, parénquima de tipo paratraqueal vasicéntrico, punteaduras intervasculares alternas y pequeñas y radios homogéneos atestiguan esta afinidad.

Esta especie fue hallada en los depósitos aluviales pleistocénicos del río Tietê cerca de la ciudad de San Pablo y en el Pleistoceno tardío de la Formación El Palmar en Entre Ríos (Ramos *et al.* 2012). Amerita mencionar que tanto el holotipo de Brasil como los materiales aquí analizados poseen cierta tendencia a la disposición estratificada de los radios y en los mismos no se observan punteaduras ornadas. Asimismo, la muestra de la Formación El Palmar presenta radios multiseriados escasos pero sus fibras son no septadas.

Otra especie comparable es *P. paraexcelsa* Franco & Brea (2008) del Mioceno tardío de la Formación Paraná, pero se distingue porque muestra porosidad semi-circular, parénquima axial difuso en agregado, parénquima paratraqueal en bandas anchas y fibras no septadas. Otro taxón con rasgos afines es *Microlobiusxylon paranaensis* Franco & Brea (2010) de la Formación Ituzzaingó del Mioceno tardío de Entre Ríos, pero se diferencia por presentar vasos agrupados, punteaduras ornadas, parénquima vasicéntrico abundante, aliforme y confluyente; radios uniseriados y biseriados y fibras no septadas.

El hallazgo de *Piptadenioxylon chimeloi* en la Formación Palo Pintado reviste particular importancia por ser el segundo taxón hallado en la misma y el primer registro de Caesalpinoideae; dado que, con anterioridad se registró una Ranunculal: *Ranunculodendron anzoteguiiae* Lutz & Martinez (2007). Este nuevo reporte complementa la diversificada paleoflora de esta formación como ya se mencionara más arriba en esta tesis.

Distribución estratigráfica del género en el Neógeno de Sud América. Formaciones: El Palmar, Ituzzaingó, Palo Pintado (Argentina) y depósitos pleistocénicos del río Tietê (Brasil).

Afinidad botánica. Afín al género *Piptadenia* Benth.

Distribución actual. Desde Méjico hasta Argentina.

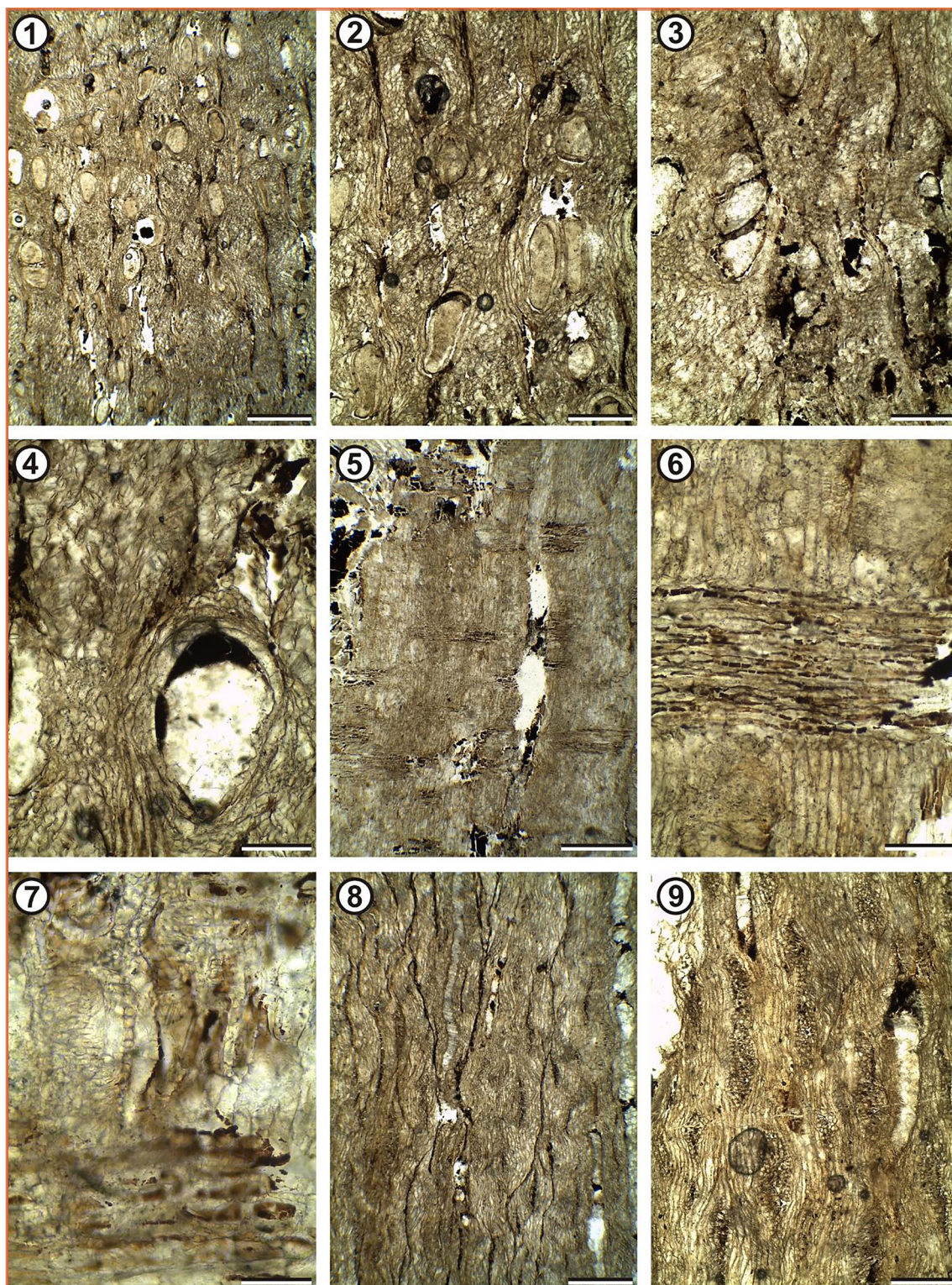


Figura 18. 1–9: *Piptadenioxylon chimeloi* Suguio & Mussa 1978. CTES-PMP: 3808 a, b, c; 3809 a, b, c; 3810 a, b, c, d. CTES-PMP 3808 a. Corte transversal del fragmento (1–4). 1. Anillos de crecimiento no marcados. 1–4. Tipos de vasos, algunos con contenidos y porosidad difusa; en 4. Parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico escaso. **CTES-PMP: 3809 b.** Corte longitudinal radial (5–7). 5, 6. Radios homogéneos con células procumbentes. 7. Parénquima cristalífero y fibras septadas. **CTES-PMP 3810 c, d.** Corte longitudinal tangencial 8, 9. Tipo y frecuencia de radios. **Escala:** 1, 5, 8= 270 μm ; 2, 3, 6, 9= 230 μm ; 4, 7= 70 μm .

Orden Oxalidales *sensu* Chase *et al.* 2016

Este orden de plantas con flores comprende 6 familias con 58 géneros y 2.000 especies aproximadamente. De porte arbóreo, arbustivo o enredaderas leñosas, actualmente colonizan hábitats en los trópicos húmedos y en las zonas templadas cálidas en el hemisferio sur.

Se conocen registros fósiles (hojas, flores y frutos) de la familia Cunoniaceae, provenientes de sedimentos australianos de hasta 50 Ma y del norte de Europa. Las maderas fósiles de esta familia quizás alcancen 100 Ma. y fueron registradas para la Antártida y Patagonia (Pujana *et al.* 2008). También se conocen maderas y frutos fosilizados de Elaeocarpaceae (Bradford, 2003).

Familia Elaeocarpaceae Jusseau 1816

En la actualidad, esta familia se compone de 12 géneros y 605 especies con una distribución pantropical. Las especies de *Elaeocarpus* y *Sloanea* constituyen más de la mitad de los taxones de la familia y ambos incluyen importantes árboles maderables.

Metcalf & Chalk (1950) distinguieron desde el punto de vista xilológico dos grupos en esta familia. El grupo A incluye los géneros *Sloanea*, *Elaeocarpus*, *Crinodendron*, *Vallea* y *Aristotelia*. Se caracterizan por presentar vasos radiales múltiples, punteaduras intervasculares escalariformes a opuestas, rara vez alternas; parénquima paratraqueal escaso, ocasionalmente terminal y radios heterocelulares.

El grupo B contiene a *Dicraspidia* y *Muntigia*. Se caracteriza por presentar vasos generalmente solitarios, punteaduras intervasculares alternas, parénquima apotraqueal y radios homogéneos.

Género *Elaeocarpoxydon* (Prakash & Dayal 1963) Prakash & Tripathi 1973

Especie tipo. *Elaeocarpoxydon antiquum* (Prakash & Dayal) Prakash & Tripathi 1973

Elaeocarpoxydon sloaneoides Petriella 1972

Figura 20 (1–16)

Material estudiado. CTES-PMP: 3812 a, b, c.

Localidad. Portal de Julipao.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Andalhuala.

Edad. Plioceno inferior.

Descripción. Fragmento de xilema secundario con anillos de crecimiento no marcados y porosidad difusa. En corte transversal, los vasos son solitarios (50%), múltiples radiales de 2 (30%), 3 (15%) y múltiples tangenciales (5%). Los vasos tienen un diámetro tangencial promedio de 65 (55–110) μm y un diámetro ra-

dial de 70 (65–120) μm , las paredes con un espesor de 5 μm . La densidad de vasos es de 70 por mm^2 . Vasos con contenidos oscuros (Figura 20. 1–5). El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico (Figura 20. 2–5). Debido a la regular preservación de los tejidos no se pueden observar claramente las fibras y el parénquima axial. Los radios presentan un trayecto recto. En corte longitudinal radial, los radios son heterogéneos con células procumbentes y cuadradas (Figura 20. 6–8). En la Figura 20. 9 se observan las células del parénquima septado. Las punteaduras intervasculares son areoladas, pequeñas, opuestas y alternas (Figura 20. 10). Las fibras, constituyen el elemento dominante del xilema; se disponen en filas radiales muy regulares; su contorno es poligonal en sección transversal y sus paredes gruesas. Con frecuencia, hay fibras septadas. En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud promedio de 570 (450–900) μm . Las placas de perforación son simples (Figura 20. 11, 12). Se han observado tres tipos de radios. a) Fusiformes, sin extremos uniseriados, 2–6 seriados, generalmente 6 seriados. Constituidos por células poligonales, elípticas, alargadas en sentido longitudinal tangencial, horizontales en vista radial. Las células terminales de estos radios suelen ser elípticas en vista tangencial, cuadradas o ligeramente erectas en vista radial. Radios extremadamente (320 μm). b) Fusiformes, con extremos uniseriados constituidos por una parte uniseriada larga de 5 o más células, una parte central de 2 células y una parte terminal de 1 célula. Los radios son extremadamente (150 μm). c) Fusiformes, con extremos uniseriados 3–6 seriados, generalmente 4 seriados. Constituidos por células poligonales, elípticas, alargadas en sentido longitudinal tangencial, horizontales en vista radial. Los radios son muy (800 μm). Son considerados delgados (50 μm) y su frecuencia es de 7/mm. No son estratificados (Figura 20. 11–15). En este corte también se preservaron las punteaduras intervasculares (Figura 20. 16).

Discusión. El material aquí estudiado presenta los rasgos del Grupo A (Metcalfé & Chalk) enunciado más arriba; particularmente los afines al género *Elaeocarpoxyton* (Prakash & Dayal) Prakash & Tripathi. Estos caracteres son: vasos medianamente numerosos (7/mm), la mayoría solitarios y radiales múltiples de 2–3 células; vasos cortos, placas de perforación simples; punteaduras intervasculares opuestas raramente alternas. Parénquima paratraqueal escaso. Tres tipos de radios heterocelulares. Fibras frecuentemente con septos.

Nishida *et al.* (1988) citaron para el Cretácico de Chile una especie de *Elaeocarpoxyton*, *E. pichasquensis* Torres & Rallo 1981, sin embargo, el material no preservó algunos de los caracteres diagnósticos de Elaeocarpaceae.

Para el distrito Mandla en el Terciario (Intertrapeano) de India hay 4 especies de este género: *E. antiquum* (Prakash & Dayal) Prakash & Tripathi 1973, *E. hailacandiense* Prakash & Tripathi 1973 y *E. mandlaensis* Lakhanpal *et al.* 1978 y *E. ghughuensis* Awasthi *et al.* 1996.

En los sedimentos terciarios del Cerro Bororó (Chubut, Argentina) Petriella (1972) determinó *E. sloaneoides* y Cabral Kloster (2014) registró *Elaeocarpoxyton* sp. para el Mioceno de la Formación Solimões (Brasil). Al establecer comparaciones con los elementos anatómicos de estas especies surge que

este material puede ser albergado en *Elaeocarpoxyton sloaneoides*. Este taxon se distingue principalmente de la especie tipo *E. antiquum* que presenta canales verticales traumáticos.

Distribución estratigráfica del género en el Neógeno de América del Sur. Formaciones Andalhuala (Tucumán) y Cerro Bororó (Chubut) en Argentina y Solimões (Acre) Brasil.

Afinidad botánica. *Sloanea*, *Elaeocarpus*, *Crinodendron*, *Vallea*, *Aristotelia*, *Dicraspidia* y *Muntigia*.

Distribución actual. Regiones tropicales y subtropicales de Madagascar, SE de Asia, E de Australia, Nueva Zelanda, América Central y del Sur.

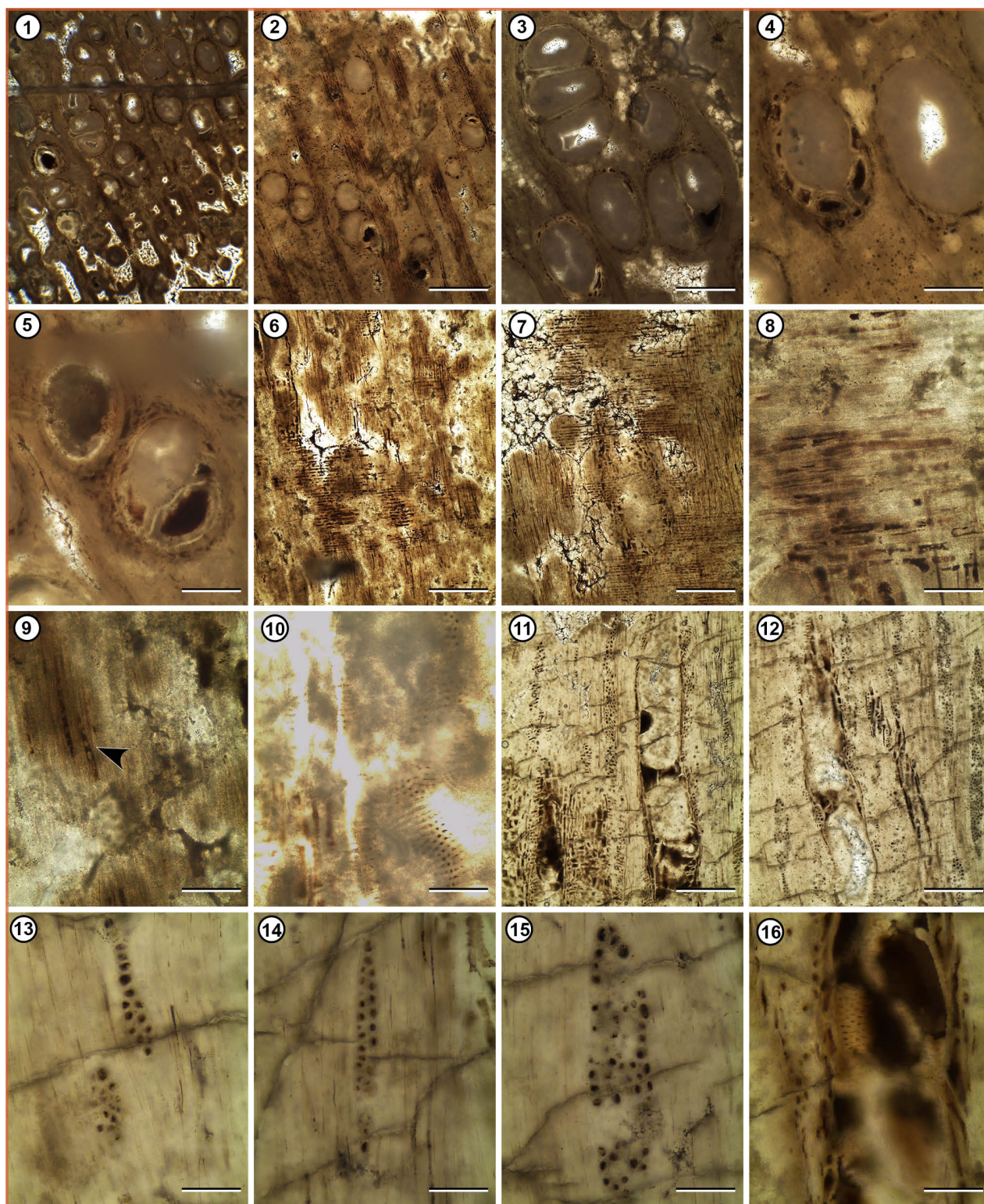


Figura 20 (1–16): *Elaeocarpoxydon sloaneoides* Petriella 1972. CTES-PMP: 3812 a, b, c. a. Corte transversal del leño 1–5. Anillos de crecimiento no marcados; porosidad difusa y tipos de vasos con contenido. 2–5. Vista del parénquima paratraqueal vasicéntrico. **b.** Corte longitudinal radial (6–10). 6, 7. Vista general de las células procumbentes y cuadradas del radio heterogéneo. 8. Detalle. 9. Células del parénquima septado (flecha). 10. Punteaduras intervasculares. **c.** Corte longitudinal tangencial (11–16). 11, 12. Placas de perforación simples. 11–15. Tipo y seriación de los radios. 16. Punteaduras intervasculares. **Escala:** 1, 6, 7, 9= 200 μm ; 2, 8, 11, 12= 100 μm ; 3, 4, 5, 10, 16= 40 μm ; 13–15= 60 μm .

Orden Malvales Berchtold & Presl 1820

Familia Malvaceae Jussieu 1789

Sub familia Malvoideae Burnett 1835

Género *Bastardioxylon* Baez & Crisafulli 2021

Especie tipo. *Bastardioxylon antiqua* Baez & Crisafulli 2021

Bastardioxylon antiqua Baez & Crisafulli 2021

Figura 21 (1–10)

Holotipo. CTES-PB: 14.370, 14.516; CTES-PMP: 3694, 3695, 3696, 3764, 3765, 3766.

Localidad. Cerro Pampa.

Procedencia geográfica. Catamarca, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación Chiquimil.

Edad. Mioceno tardío.

Descripción. Fragmento de leño silicificado, presenta un buen estado de preservación del xilema secundario. En corte transversal los anillos de crecimiento son débilmente marcados por pocas células de parénquima axial terminal y la porosidad es difusa, pues aun cuando están distribuidos en mayor número en el leño temprano, no llegan a conformar el tipo definido de porosidad semi-circular (Figura 21. 1, 2). Los vasos tienen un patrón diagonal/radial. Son de contorno circular a ovalados; solitarios en su mayoría (46%), múltiples radiales de 2, 3 (43%) y más elementos (11%) (Figura 21. 2–4). Además, presentan contenidos oscuros (¿gomas o resinas?) y tilosis. Los vasos son de tamaño mediano, tienen un diámetro tangencial de 147 (57–197) μm y un diámetro radial de 170 (79–260) μm . Las paredes tienen un grosor de 2 (1–3) μm y la densidad es de 20 (16–23) vasos por mm^2 (Figura 21. 1, 2). El parénquima axial es paratraqueal, vasicéntrico, angosto y escaso. Hay presencia de parénquima confluyente en bandas angostas y parénquima apotraqueal difuso (Figura 21. 3, 4). Presenta parénquima cristalífero (Figura 21. 4). Los radios leñosos presentan un trayecto recto a sinuoso. Las fibras tienen paredes gruesas, lúmenes reducidos, con un diámetro tangencial de 53 (25–100) μm y un diámetro radial de 39 (25–55) μm . En sección longitudinal radial, los radios son heterogéneos con células procumbentes y una única fila marginal de células cuadradas o erectas relativamente estrechas (Figura 21. 5). Presencia de cristales prismáticos en las células radiales (Figura 21. 6). Se observan tílides del tipo “burbujas” (*sensu* Wheeler *et al.* 1994) en los vasos (Figura 21. 7). En corte longitudinal tangencial los vasos, el parénquima axial y los radios presentan estructura estratificada parcial. Los elementos de vasos son cortos, con una longitud de 200 (140–220) μm . Las placas de perforación son simples. Las fibras septadas son escasas (Figura 21. 8). Las punteaduras intervasculares

son alternas, circulares a ovales y miden 4 μm de diámetro (Figura 21. 9). Punteaduras radiovasculares similares en diámetro y forma a las punteaduras intervasculares, pero no se observan claramente debido a la preservación. Los radios son en su mayoría multiseriados, generalmente tetraseriados y triseriados (Figura 21. 8). La altura de los radios es de 15 (8–24) células y la densidad es de 8 (6–11) radios por mm^2 . Se distingue la presencia de células envainadoras (Figura 21. 10).

Discusión. En el espécimen de Cerro Pampa se observaron las siguientes características que permiten asignarlo a la familia Malvaceae: porosidad difusa, radios de diferente tamaño con células envainadoras, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas, tilosis y vasos, radios y parénquima axial parcialmente estratificados. La familia Malvaceae incluye las siguientes nueve sub familias: Bombacoideae, Brownlowioideae, Dombeyoideae, Helicteroideae, Tilioideae, Byttnerioideae, Grewioideae, Sterculioideae y Malvoideae (Chase *et al.* 2016; Ramos *et al.* 2017).

Se han registrado maderas petrificadas de Malvaceae del Cretácico en América del Norte y Central, Europa, Asia y África. En Sudamérica, en particular, hay registros de maderas petrificadas en Perú desde el Eoceno y en Argentina en el Pleistoceno tardío y en el Mioceno de las provincias de Entre Ríos y de Catamarca, respectivamente.

Se realizaron comparaciones con miembros de las cuatro últimas sub familias, registrando a continuación las diferencias que presentan estos taxones con el material que fue estudiado.

Guazumaoxylon miocenica Rodríguez-Reyes, Falcon-Lang, Gasson, Collinson & Jaramillo 2014, fue encontrado en el Mioceno de la Formación Cucaracha (Panamá), tiene vasos múltiples radiales con un promedio de 6 (2–5), radios uni, bi a tetraseriados y parénquima paratraqueal en bandas anchas con tendencia a aliforme tipo “*células intermedias de tipo baldosa*” (Rodríguez-Reyes *et al.* 2014).

Guazuma santacruzensis Woodcock, Meyer & Prado 2019 de la sub familia Byttnerioideae, se encontró en los sedimentos de Piedra Chamana en el Eoceno de Perú y tiene vasos múltiples radiales cortos, fibras no septadas y radios uni a multiseriados sin cristales; con “*células en baldosa de tipo intermedio*” (Woodcock *et al.* 2019). La muestra de Cerro Pampa tiene fibras septadas escasas, diferencias en el tipo de vasos con “*tilides del tipo burbuja*” como las de *Javelinoxylon* (Wheeler *et al.* 1994). El parénquima paratraqueal es escaso. Los radios no son uniseriados.

El leño de Cerro Pampa también fue comparado con *Grewia* y *Luehea* Woodcock, Meyer & Prado 2019 de la sub familia Grewioideae, esta última considerada por Alverson *et al.* (1999) como un grupo hermano de la sub familia Byttnerioideae. Estos géneros tienen una porosidad difusa a semi-circular, fibras no septadas, radios estratificados a semi estratificados, la mayoría de los cuales son biseriados. Por el contrario, en el leño estudiado se encontró porosidad difusa, fibras septadas ocasionales y radios multi y triseriados parcialmente estratificados.

Sterculia Woodcock, Meyer & Prado 2019 de la sub familia Sterculioideae se caracteriza por la pre-

sencia de vasos múltiples radiales cortos, fibras no septadas y radios no estratificados (1 a 12 series). En el taxón fósil de la Formación Chiquimil, asignado a la sub familia Malvoideae, se observaron los siguientes rasgos distintivos: presencia de vasos múltiples radiales (2–4), fibras septadas ocasionales, radios heterogéneos de tri a multiseriados y parcialmente estratificados con cristales.

También se comparó con *Javelinoxylon* Wheeler, Lehman & Gasson 1994, otra Malvaceae con tres especies del Cretácico superior: *J. multiporosum* Wheeler *et al.* (1994) de Texas, *J. weberi* Estrada-Ruiz, Martínez-Cabrera & Cevallos Ferriz 2007 y *J. deca* Estrada-Ruiz & Martínez-Cabrera 2011 de México. Se observó una mayor afinidad con las especies de EE.UU. y con *J. deca*, como indica la presencia de “tí-lides tipo burbuja” en los vasos, fibras septadas, parénquima paratraqueal vasicéntrico escaso y ausencia de radios uniseriados. Sin embargo, estos caracteres: células envainadoras, radios heterogéneos, vasos mayormente solitarios y múltiples radiales (2–4), diferenciaron a *Bastardioxylon* de *Javelinoxylon* que tiene radios homogéneos y heterogéneos, vasos múltiples radiales (7–8), raramente vasos solitarios, y sin células envainadoras.

Los caracteres anatómicos de *Bastardioxylon* revelaron similitudes con *Bastardiopsis* (K. Schumann) Hassler, otra Malvaceae que incluye la especie actual *B. densiflora* (Hooker et Arnott) Hassler y el taxón fósil *B. paleodensiflora* Ramos, Brea & Kröhlting 2017 del Pleistoceno tardío de la Formación El Palmar en Entre Ríos (Tabla 4). Se compararon los tipos de radios, tipo de parénquima y presencia o ausencia de fibras. Las diferencias con este último taxón radican en la seriación radial (1–10 series), abundante parénquima paratraqueal vasicéntrico, y ausencia de fibras septadas.

La especie actual, se distingue por: a). apertura lenticular en las punteaduras intervasculares, b). una densidad de 7–9 radios/mm² y c). radios uni y biseriados. En *Bastardioxylon antiqua* no se observaron estas características y la densidad fue de 6–11 radios/mm².

Es por ello que fue conveniente distinguir la madera de Cerro Pampa en otro taxón, siendo el registro más antiguo de Malvaceae en Argentina.

Distribución estratigráfica del taxón en el Neógeno de América del Sur: Formación Chiquimil (Catamarca, Argentina).

Afinidad botánica. *Bastardiopsis densiflora* (Hooker et Arnott) Hassler.

Nombre vulgar. Loro blanco.

Distribución actual. Bosques húmedos tropicales de Brasil, Paraguay y Argentina.

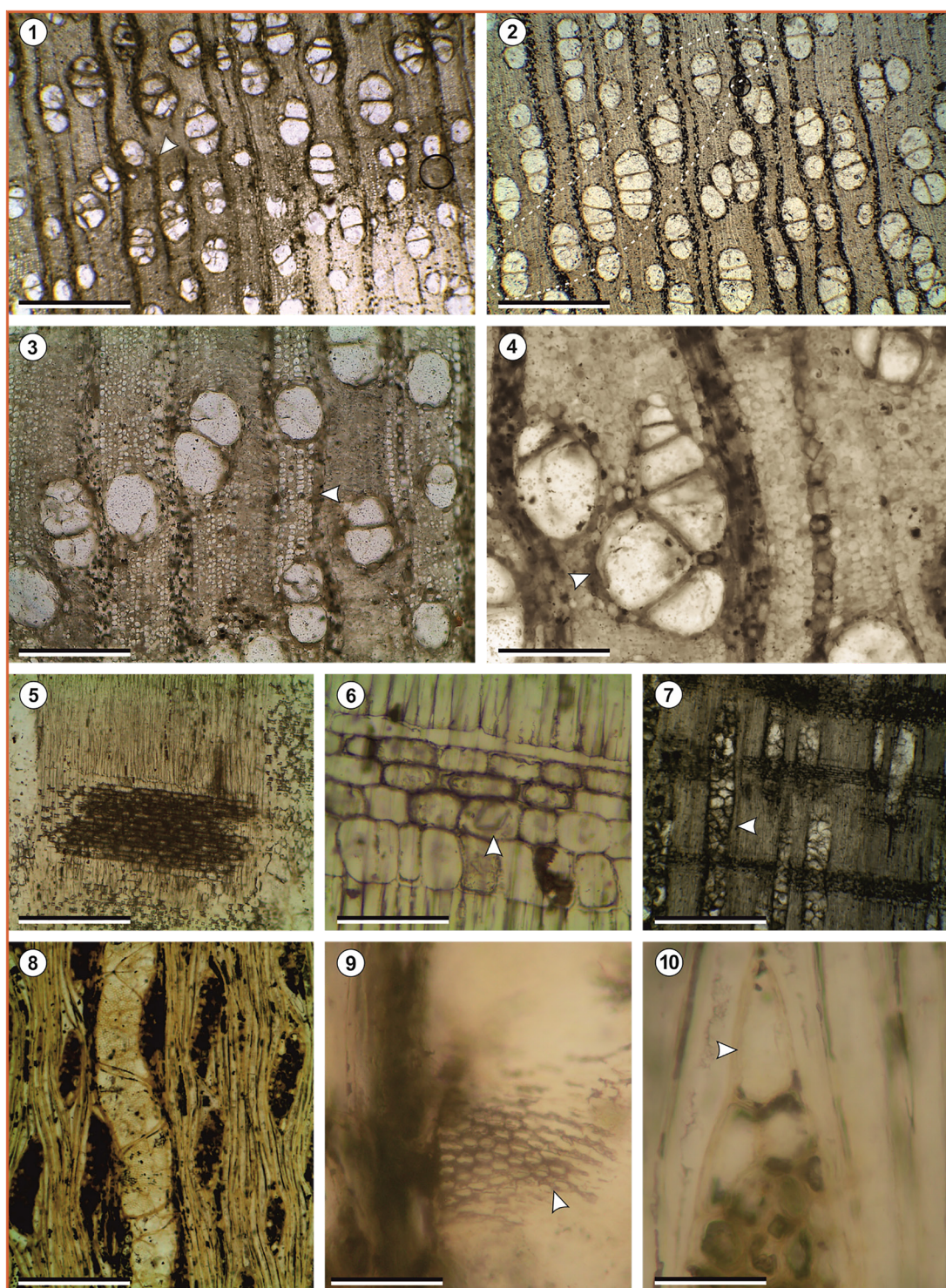


Figura 21 (1–10): *Bastardioxylon antiqua* Baez & Crisafulli 2021. CTES-PMP: 3694. Corte transversal del leño secundario (1–4). 1, 2. Anillos de crecimiento débilmente marcados, (flecha), porosidad difusa. 2–4. Disposición de los vasos en patrón diagonal/radial. Tipos. Parénquima paratraqueal vasicéntrico escaso y apotraqueal difuso; en 4. Parénquima cristalífero. **CTES-PMP: 3695.** Corte longitudinal radial (5–7). 5. Aspecto general. 6. Radios heterogéneos con cristales (flecha). 7. Detalle de las “tíldes del tipo burbuja” en los vasos. **CTES-PMP: 3696.** Corte longitudinal tangencial (8–10). 8. Radios multiseriados y elementos vasculares cortos con placas de perforación simples con tabique oblicuo. 9. Punteaduras intervasculares alternas. 10. Células envainadoras en los radios. **Escala:** 1, 5 = 500 µm; 2, = 150 µm; 3,4, 8 = 100 µm; 6 = 120 µm; 9,10 = 70 µm.

Orden Lamiales Bromhead 1838

Familia Bignoniaceae Juss.1789

Los árboles, arbustos y lianas de esta familia están reunidas en la actualidad en 82 géneros y 827 especies. La expansión vegetativa ha producido dos tipos de ejes caulinare: trepadores (epiclinos) y rastrojeros (Hurrell *et al.* 2012).

Están distribuidas principalmente en los bosques neotropicales, con menor representación en los bosques tropicales de África, Madagascar y bosques tropicales del sudeste asiático (Moya & Brea, 2018).

Los estudios filogenéticos indicaron que las Bignoniaceae y Verbenaceae tienen áreas ancestrales sudamericanas y se diversificaron en todo el continente americano, en especial el hemisferio sur.

Pace & Angyalossy (2013) en un estudio detallado de esta familia muestran algunos patrones de la evolución de la madera, los cuales parecen obedecer a factores ecofisiológicos. Por ejemplo, los vasos aumentan de diámetro en las lianas y disminuyen en los árboles y arbustos. Los radios han evolucionado desde una combinación de homo y heterogéneos (lianas) a exclusivamente homogéneos y estratificados en algunos linajes. Otras tendencias señalan que el parénquima aumenta desde los nudos más basales. Las modificaciones en los caracteres xilológicos permiten la adquisición de nuevos hábitos y la ocupación de diferentes hábitats que influyen en gran medida en la evolución de la madera visualizados en los anillos de crecimiento, tipo de porosidad, placas de perforación, ancho y altura de los radios.

Nov. gen et. sp. 2

Figura 21 (1–10)

Holotipo. CTES-PMP: 3813 a, b, c.

Localidad. Tiu Punco.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación San José.

Edad. Mioceno medio.

Descripción. Fragmento de leño silicificado que en corte transversal muestra los anillos de crecimiento marcados. Presenta porosidad semi-circular a difusa. Los vasos son solitarios (10 %), múltiples radiales de 2 (30%), 3 (34%) y más elementos (11%) y agrupados (15%). Los vasos tienen un diámetro tangencial de 110 (60–180) μm y un diámetro radial de 165 (100–260) μm , las paredes con un espesor de 12 μm , la densidad de vasos es de 11 por mm^2 . El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico confluyente y aliforme. Las fibras son abundantes, poligonales, con un diámetro de 12 μm y el espesor de sus paredes de 4 μm

(Figura 22. 1–5). Los radios presentan un trayecto sinuoso a recto. En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos con células cuadradas. Los elementos de vasos tienen una longitud de 420 (100–630) μm , las placas de perforación son simples y las punteaduras radiovasculares son opuestas, pequeñas, menores a 4 μm . Se observan ¿tilosis? (Figura 22. 6, 7). En corte longitudinal tangencial los radios son uniseriados, uniseriados parcialmente biseriados, biseriados y triseriados. Las células que los componen son de contorno circular. Tienen una altura de 8 (4–10) células. La densidad es de 6 (4–10) radios por mm^2 . Presentan estratificación. Fibras septadas escasas (Figura 22. 8, 9).

Discusión. Pace & Angyalossy (2013) agruparon a los integrantes de la familia Bignoniaceae por las siguientes características: porosidad circular, semi-circular a difusa; anillos de crecimiento distintos, generalmente marcados por parénquima marginal, parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico y aliforme; parénquima difuso presente o ausente. Los vasos son ovalados a circulares, solitarios, en múltiples de dos o tres, con placas de perforación simples; punteaduras intervasculares circulares y alternas, las punteaduras radiovasculares similares a las punteaduras intervasculares en tamaño y forma. La tilosis está presente, en forma escasa en las lianas. En las fibras libriformes, generalmente se ven punteaduras pequeñas y poco visibles. Los cristales son poco frecuentes y se distribuyen al azar en la familia; cuando están presentes suelen estar en las células de los radios y ocurren más raramente en el parénquima axial; pueden ser prismáticos, alargados o aciculares.

En las Bignoniaceae se pueden diferenciar tres grados de estructuras estratificadas: ausentes; presente para todas las células; y presente sólo para el parénquima axial y las fibras. La mayoría de los géneros de esta familia carecen completamente de estructura estratificada, considerado éste un carácter ancestral.

Por otra parte, hay cuatro tipos diferentes de radios: a). todos los radios son homogéneos, b). radios homogéneos y heterogéneos con células del cuerpo procumbentes y una fila de células marginales cuadradas co-ocurrentes, c). radios heterogéneos con células procumbentes y dos a cuatro células marginales erectas o cuadradas y d). radios heterogéneos con células procumbentes, cuadradas y erectas mezcladas.

Todos estos caracteres anatómicos tal vez, estén relacionados con la distribución tropical de la familia; las demás características de la madera son más variables.

Consecuentemente con los rasgos descriptos más arriba, el leño analizado es una Bignoniaceae.

Se confrontó los caracteres del leño estudiado con *Bignonioxylon americanum* Moya & Brea 2018, de la Formación Arroyo Feliciano del Pleistoceno de Entre Ríos. Empero, éste se diferencia por presentar porosidad difusa, variedad en el parénquima aliforme (con alas cortas y unilateral), parénquima axial apotraqueal difuso, parénquima vasicéntrico septado, cristales, radios uniseriados y biseriados solamente y estratificación parcial e irregular de radios, fibras y/o parénquima.

Asimismo, la muestra de la Formación San José tiene una estrecha relación con el género actual *Ta*

bebuia. Éste alberga varias especies. La más afín al material es: *T. rigida* Urban.

La presencia de radios estratificados con dos bandas de células parenquimáticas entre ellos es la característica distintiva y comparte con esta madera fósil, por ello se propone la creación de un nuevo género.

A los fines comparativos se cotejaron los caracteres de *Terminalioxylon lajaum* Ramos, Brea & Krohling 2012 de la familia Combretaceae y *Piptadenioxylon chimeloi* Suguio & Mussa 1978 de la familia Leguminosae con los que comparte la mayoría de los rasgos anatómicos, pero difieren en el ancho y estratificación de los radios. La primera madera se caracteriza por presentar radios uniseriados, algunos parcialmente biseriados formados por células agregadas; homogéneos constituido por células procumbentes; mientras que la segunda, muestra radios en su mayoría triseriados y homogéneos constituidos exclusivamente por células procumbentes. Por el contrario, en el espécimen de Tiu Punco, se encontró radios uniseriados, uniseriados parcialmente biseriados, biseriados y triseriados, estratificados y homogéneos con células cuadradas.

Distribución estratigráfica del taxón en el Neógeno de América del Sur. Formación San José (Tucumán), Argentina.

Afinidad botánica. *Tabebuia rigida* Urban.

Distribución actual. Zonas intertropicales de América extendidas desde México y el Caribe.

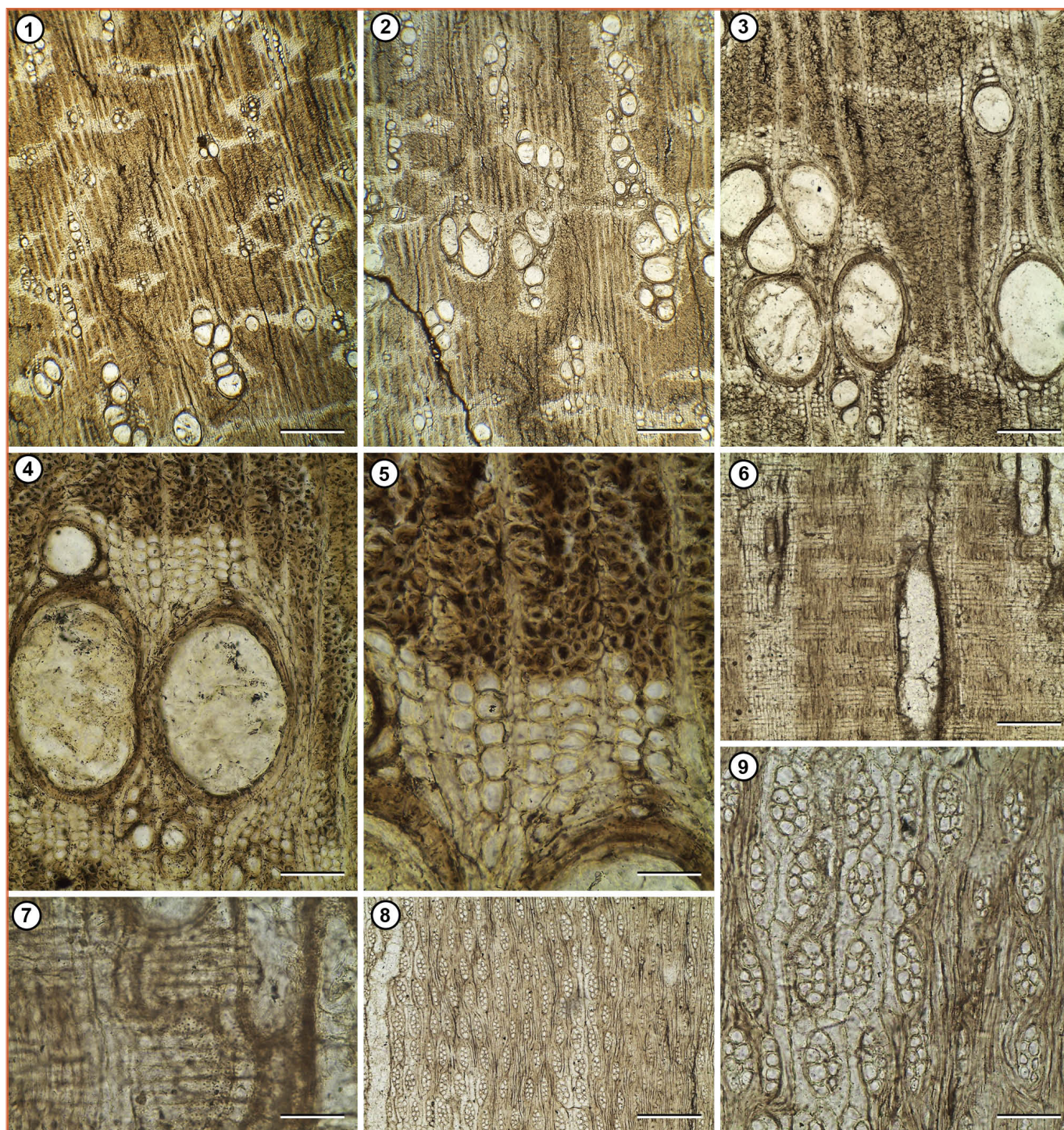


Figura 22. 1–20: *Nov. gen. et. sp. 2.* CTES-PMP: 3813 **a, b, c.** **a.** Corte transversal (1–5). Anillos de crecimiento marcados, porosidad semi-circular a difusa. Tipo de vasos. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, confluyente y aliforme. Fibras de contorno poligonal. **b.** Corte longitudinal radial 6, 7. Radios homogéneos con células cuadradas. Placas de perforación simples; en 7 punteaduras radiovasculares. **c.** Corte longitudinal tangencial 8, 9. Tipo y estratificación de los radios. **Escalas:** 1, 2, 6, 8= 200 μm ; 3, 7, 9= 80 μm ; 4, 5= 45 μm .

Nov. gen et. sp. 3

Figura 23 (1–11)

Holotipo. CTES-PMP: 3814 a, b, c, d, e, f.**Localidad.** Quebrada de la Troya.**Procedencia geográfica.** La Rioja, Argentina.**Procedencia estratigráfica.** Formación Vinchina.**Edad.** Mioceno medio.

Descripción. Fragmento de leño con anillos de crecimiento no marcados en corte transversal. Presenta porosidad difusa. Los vasos son solitarios (10%), múltiples radiales de 2 elementos (90%), de contorno circular a ovoidal (Figura 23. 1–5). Los vasos tienen un diámetro tangencial de 150 (100–210) μm y un diámetro radial de 350 (280–400) μm ; las paredes con un espesor de 11 μm . La densidad es de 5 vasos por mm^2 . El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico, con tendencia a aliforme (Figura 23. 2–4). Las fibras poseen contorno poligonal. Los radios presentan trayecto recto. En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos compuestos por células procumbentes. Las fibras tienen extremos fusiformes o romos y son no septadas (Figura 23. 6, 7). En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud de 375 (320–600) μm . Las placas de perforación son simples con tabiques oblicuos (Figura 32. 8, 9, 11). Las punteaduras intervasculares son alternas y areoladas. Los radios son biseriados en su mayoría (85%), con los extremos uniseriados y unos pocos uniseriados (15%) (Figura 23. 8–11). Presentan una altura promedio expresada en número de células de 12 (5–14). La densidad es de 7 radios por mm^2 . Presentan estratificación (Figura 23. 10).

Discusión. El tipo y la seriación de radios, el tipo de porosidad y parénquima presentes en esta muestra permitieron establecer comparaciones con el género *Peltophoroxylon* Müller- Stoll & Mädler 1967 de la familia Leguminosae. De las numerosas especies, *P. parenchymatosum* Kramer resulta ser el más afín por compartir la estratificación de los radios, empero, son heterocelulares, razón por la cual no puede ser asignado en este taxón.

Teniendo en cuenta esta característica tan particular se comparó con representantes de la familia Bignoniaceae.

Bignonioxylon americanum Moya & Brea 2018 a pesar de tener varios caracteres anatómicos en común, esta especie presenta radios mayormente uniseriados e irregularmente estratificados sumando diferencias en los tipos de vasos y en los tipos de parénquima paratraqueal.

Este material se distingue del *nov. gen. 2* porque el taxón de Tiu Punco posee porosidad semi-circular a difusa, tipos de vasos: solitarios, múltiples radiales de 2 o más elementos y agrupados, radios homo

géneos: pero conformados por células cuadradas; uniseriados, parcialmente biseriados, biseriados y triseriados, estratificados con bandas de células parenquimáticas entre ellos.

El ejemplar presenta afinidad con el taxon actual *Jacaranda copaia* D. Don por compartir los radios homogéneos, estratificados, biseriados y escasos uniseriados; además de la porosidad difusa, que en las Bignoniaceae es considerado un caracter ancestral. Estas distinciones ameritan la creación de un nuevo género.

Distribución estratigráfica del nuevo taxón en el Neógeno de América del Sur. Formación Vinchina (La Rioja), Argentina.

Afinidad botánica. *Jacaranda copaia* D. Don.

Distribución actual. Zonas intertropicales y subtropicales de América.

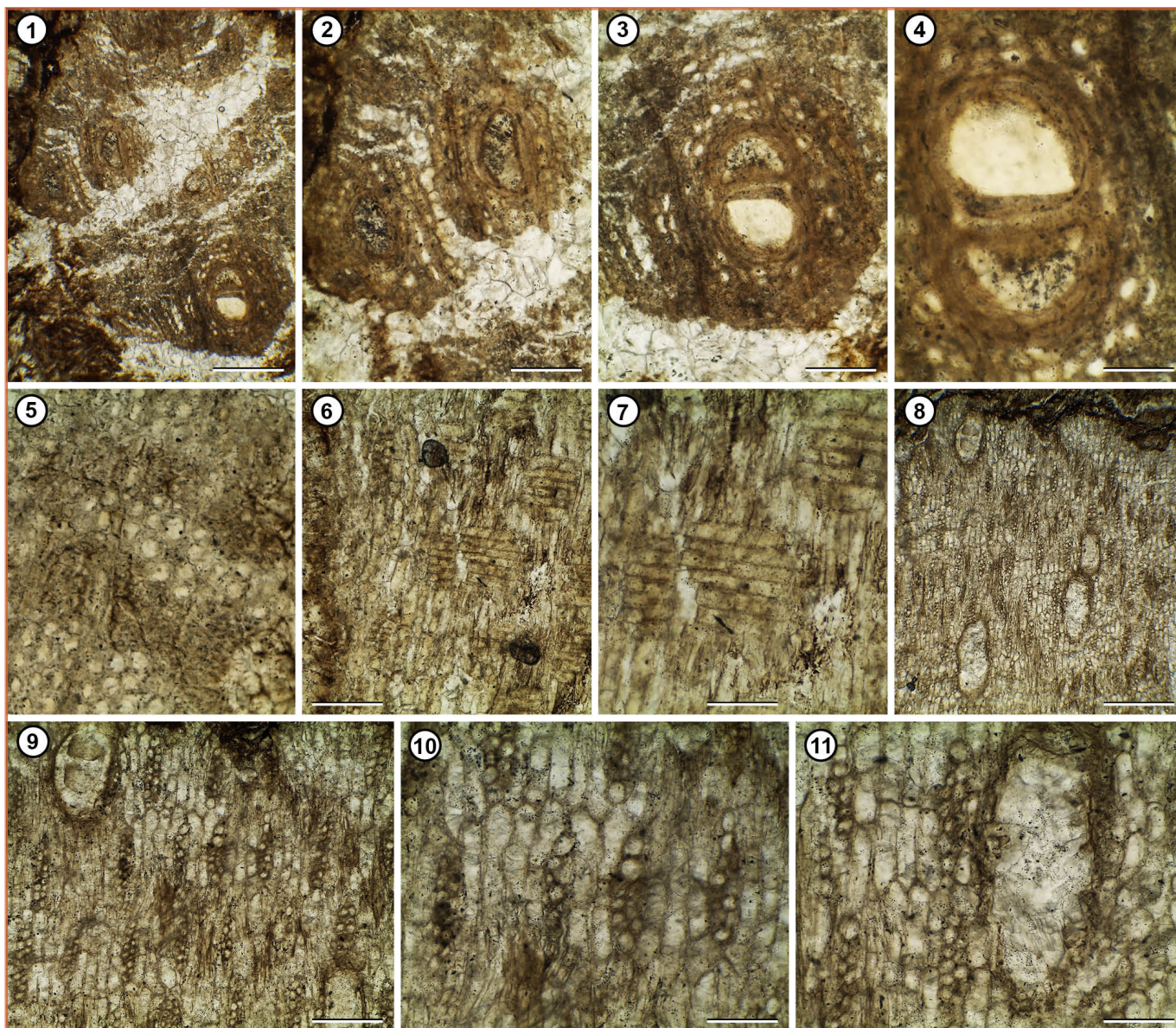


Figura 23. 1–11: *Nov. gen. et. sp. 3*. CTES-PMP: 3814 a, b, c, d, e, f. **d.** Corte transversal (1– 5). Anillos de crecimiento no marcados, porosidad difusa. Tipo de vasos; en 2–4. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, con tendencia a aliforme. **e.** Corte longitudinal radial 6, 7. Radios homogéneos con células procumbentes y fibras no septadas. **f.** Corte longitudinal tangencial 8–11. Detalle de los vasos cortos y seriación de los radios; en 10. Estratificación de los radios. **Escalas:** 1 = 200 μm ; 2, 3= 80 μm ; 4= 40 μm ; 5, 6= 64 μm ; 7, 10, 11= 30 μm ; 9=150 μm .

Orden Myrtales**Familia Combretaceae Brown 1810**

Está integrada por árboles, arbustos, trepadoras y mangles; con alrededor de 20 géneros y 600 especies. Actualmente se distribuyen por los trópicos y subtrópicos.

Las maderas asignadas a esta familia están caracterizadas por la presencia de vasos solitarios y múltiples radiales, placas de perforación simples, puntuaciones alternas, ornadas, parénquima principalmente aliforme a confluyente, ocasionalmente vasicéntrico y en bandas. Radios típicamente uniseriados, pocos géneros con biseriados (Metcalf & Chalk, 1950).

***Terminalioxylon* Schönfeld 1947**

Especie tipo. ***Terminalioxylon naranjo*** Schönfeld 1947

Terminalioxylon nov. sp. 1

Figuras 24 y 25

Holotipo. Lill PB: 045, 046, 047 (Figura 24).

Localidad. Tiu Punco.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Paratipo. CTES-PMP: 3815 a, b, c; 3816 a, b, c. (Figura 25).

Localidad. Tolombón.

Procedencia geográfica. Salta, Argentina.

Procedencia estratigráfica. Formación San José.

Edad. Mioceno medio.

Descripción. Fragmento de leño que en corte transversal presenta anillos de crecimiento no marcados. La porosidad es difusa. Los vasos son solitarios (10%), múltiples radiales de 2 (65%), 3 (21%) y raramente de 4 (4%) de contorno ovoidal (Figuras 24. 1; 25. 1). Los vasos tienen un diámetro tangencial de 80 (45–105) μm y un diámetro radial de 125 (80–176) μm , las paredes con un espesor de 5 μm , la densidad de vasos promedio es de 10 por mm^2 . Vasos con contenido. El parénquima axial es paratraqueal vasicéntrico, confluyente con tendencia a aliforme. Las fibras poseen contorno poligonal (Figuras 24. 2–4; 25. 2). Los radios presentan trayecto sinuoso y son muy finos. En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos com-

puestos por células procumbentes; tienen abundantes cristales distribuidos en las células de los radios y en las células del parénquima axial (Figura 24. 5–7). En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud de 510 (500–700) μm y placas de perforación simples (Figura 24. 8). En la Figura 25. 3 se observa la placa de perforación simple en el corte longitudinal radial. Las punteaduras intervasculares son alternas, espaciadas, ornadas y ovales. (Figuras 24. 9; 25. 4). Los radios son uniseriados (50%), algunos de ellos presentan porciones biseriadas (30%) y unos pocos biseriados (20%). Presentan una altura promedio expresada en número de células de 16 (8–22). La densidad es de 9 radios por mm^2 . Fibras no septadas. Presenta parénquima septado con cristales (Figuras 24. 10; 25. 5).

Discusión. La muestra es asignada a las Combretaceae por presentar las características señaladas más arriba. Principalmente el tener radios uniseriados y biseriados distingue a las maderas de esta familia de las Leguminosae que posee radios uniseriados a multiseriados.

El ejemplar comparte con el género *Terminalioxylon* Schönfeld 1947 el tipo de porosidad, tipos de parénquima, el tipo de puntuaciones y el ancho de los radios.

Se establecieron comparaciones con 22 especies de *Terminalioxylon* distribuidas en Colombia, África, India y Argentina distinguidas por la presencia de porosidad difusa y radios uniseriados a biseriados. No obstante, el juego de combinaciones del parénquima axial, las fibras, la presencia/ausencia de canales traumáticos y los elementos vasculares acercan este material a *Terminalioxylon* sp. Lemoigne 1978 del Terciario de Etiopía. Sin embargo, su descripción tiene interrogantes en cuanto a las fibras, canales traumáticos y el tipo de radios; razón por la cual, se considera prudente crear una nueva especie de *Terminalioxylon*: *T. nov. sp. 1* para el Mioceno de la Formación San José ya que la muestra cuenta con los caracteres diagnósticos pertinentes.

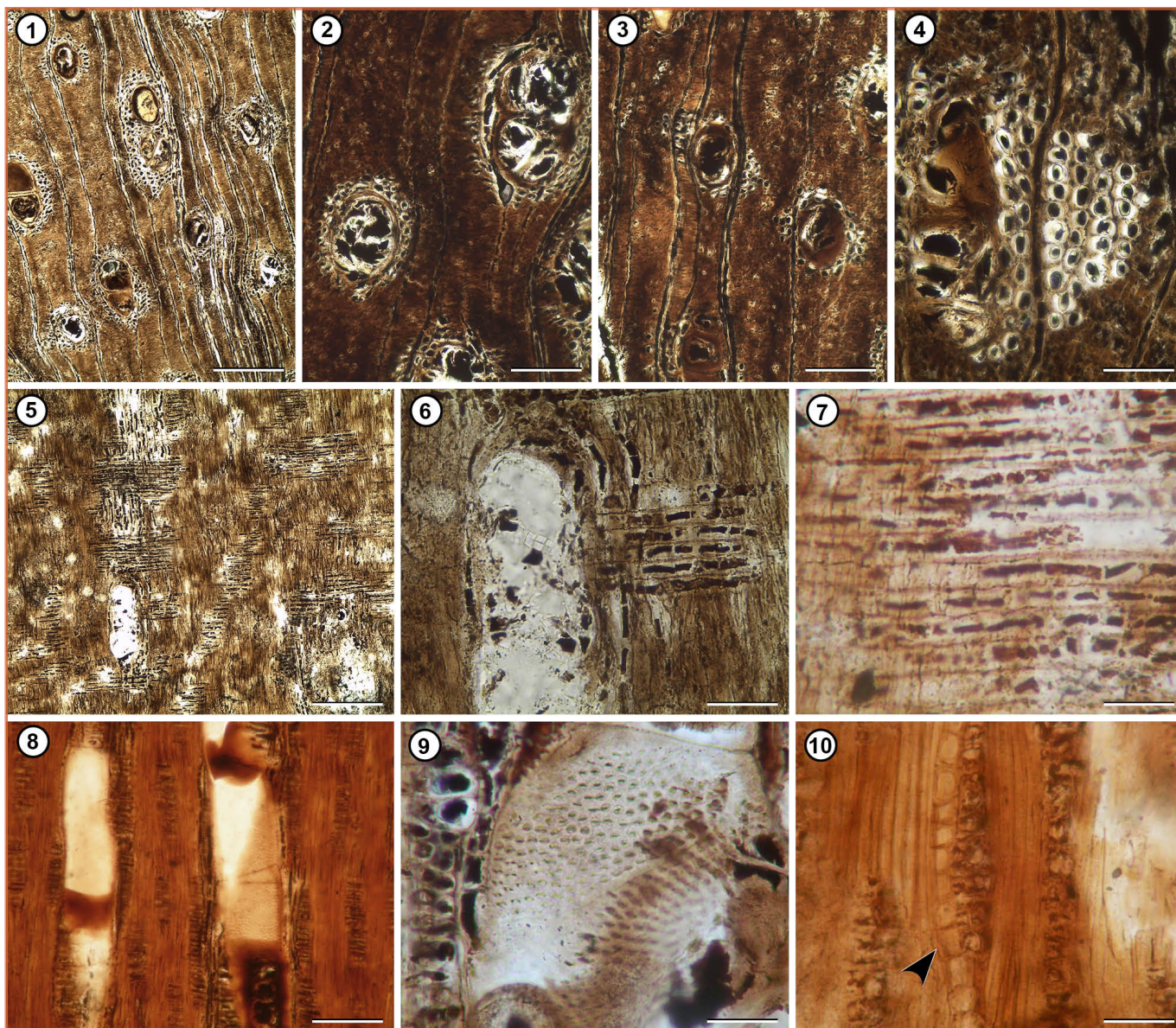


Figura 24. 1 – 10: *Terminalioxylon* Nov. sp. 1. Lill PB: 045, 046, 047. 045. Corte transversal (1–4). 1. Anillos de crecimiento no marcados, porosidad difusa, tipo de vasos; en 2–4. Vasos con contenido; parénquima paratraqueal vasicéntrico a confluyente con tendencia a aliforme. Fibras de contorno poligonal. **046.** Corte longitudinal radial 5–7. Radios homogéneos con células procumbentes con cristales. **047.** Corte longitudinal tangencial (8–10). 8. Placas de perforación simples. 9. Detalle de las punteaduras intervasculares. 10. Seriación de los radios; parénquima septado con cristales (flecha). **Escala:** 1, 5= 150 μ m; 2, 3, 8= 100 μ m; 4, 6, 10= 80 μ m; 7, 9= 60 μ m.

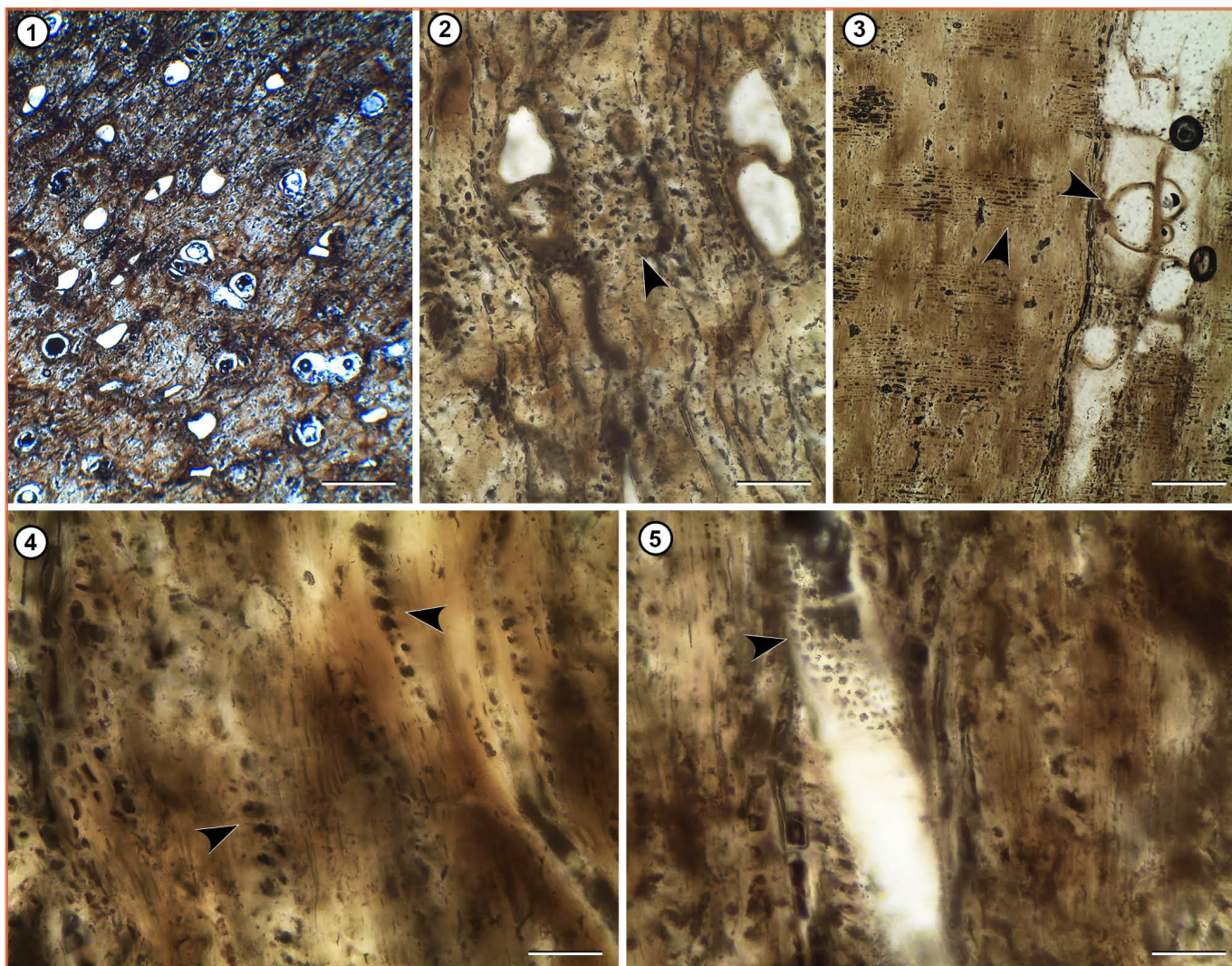


Figura 25. 1–5: *Terminalioxylon* Nov. sp. 1. CTES-PMP: 3815 a, b, c; 3816 a, b, c. 3815 a. Corte transversal (1, 2). 1. Anillos de crecimiento no marcados, porosidad difusa, tipo de vasos; en 2. Parénquima paratraqueal vasicéntrico a confluyente con tendencia a aliforme (flecha). Fibras de contorno poligonal. 3815 b. Corte longitudinal radial 3. Radios homogéneos con células procumbentes (flecha blanca) y placas de perforación simples (flecha negra). 3816 c. Corte longitudinal tangencial (4, 5). 4. Detalle de los radios. 5. Detalle de las punteaduras intervasculares (flecha). **Escalas:** 1= 167 μm ; 2= 40 μm ; 3= 200 μm ; 4, 5= 25 μm .

Terminalioxylon nov. sp. 2

Figura 26 (1–9)

Holotipo. CTES-PMP: 3817 a, b, c.**Procedencia geográfica.** Camino a Yasyamayo. Tucumán, Argentina.**Procedencia estratigráfica.** Formación San José.**Edad.** Mioceno medio.

Descripción. Fragmento de leño que en corte transversal muestra los anillos de crecimiento no marcados. Presenta porosidad difusa. Los vasos son solitarios (35%), múltiples radiales de 2 (35%) y 3 (30%) elementos, de contorno circular a ovoidal (Figura 26. 1). Los vasos tienen un diámetro tangencial de 128 (100–180) μm y un diámetro radial de 206 (120–300) μm ; las paredes con un espesor promedio de 5 μm . La densidad es de 14 vasos por mm^2 . Vasos con contenido oscuro y tilosis. El parénquima axial es para-traqueal vasicéntrico, en algunos casos unilateral, aliforme a confluyente. Las fibras poseen contorno poligonal con el lumen reducido, con un diámetro promedio de 20 μm y un espesor de sus paredes de 4 μm (Figura 26. 2, 3). Los radios presentan trayecto sinuoso. En corte longitudinal radial, los radios son homogéneos compuestos por células procumbentes. Las fibras son no septadas. Los vasos contienen además tilosis esclerótica semejante al carácter 57 (visto en IAWA Committee 1989: pag. 260, fig. 62) (Figura 26. 4–6). En corte longitudinal tangencial, los elementos de vasos tienen una longitud de 515 (500–720) μm . Las placas de perforación son simples. Las punteaduras intervasculares son alternas y ornadas. Los radios son uniseriados en su mayoría (85%) y unos pocos biseriados (15%). Presentan una altura expresada en número de células de 10 (7–21). La densidad es de 13 radios por mm^2 (Figura 26. 7–9).

Discusión. De esta descripción se desprende que este leño también sea asignado a *Terminalioxylon* Schönfeld 1947. Una apreciación significativa es la presencia de parénquima unilateral, tilosis común y tilosis esclerótica que son rasgos que lo acercan al taxon actual *Terminalia tricristata* Capuron.

Se comparó con *Zollernioxylon* Mussa, una madera de Caesalpinoideae descrita por Kloster *et al.* (2010) procedente del Neógeno de la Formación Solimões con vasos mayoritariamente solitarios, parénquima unilateral a confluyente y radios 1–2 seriados, características que comparte con la madera de la Formación San José, sin embargo, la misma carece de la estratificación de los radios, atributo también presente en el holotipo de Mussa (1959) al que se suma la seriación de los radios (1 a 3 células).

Soroceaxylon entrerriensis Franco 2010 de la Formación Ituzaingó tiene similitud con los rasgos de porosidad difusa; vasos con tilosis, predominantemente solitarios, menos comunes los múltiples radiales; placas de perforación simples; fibras no septadas y radios uniseriados.

Empero, se diferencia por la presencia de parénquima apotraqueal, radios multiseriados, heterocelu-

lares y tubos laticíferos.

Por lo tanto, este fragmento de leño no pudo ser asignado a un taxon existente ya que sus elementos anatómicos conforman una diagnosis única determinándolo como *Terminalioxylon nov. sp. 2*.

Distribución estratigráfica del género en el Neógeno de América del Sur. Formaciones Ituzaingó y El Palmar (Entre Ríos); San José (Tucumán y Salta) en Argentina y unidades del Terciario de Colombia.

Afinidad botánica. Afín al género actual *Terminalia*.

Distribución actual. Pantropical.

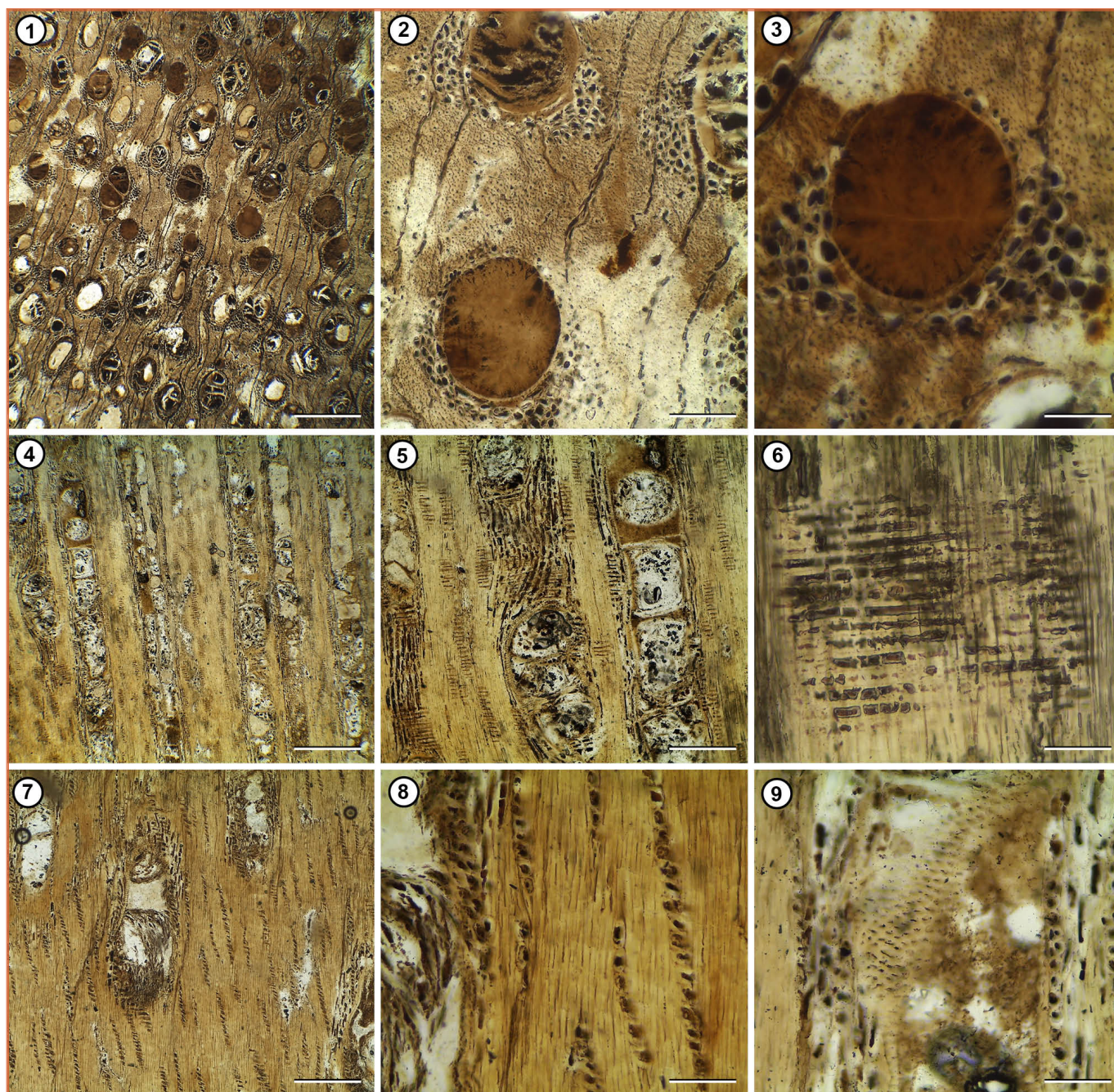


Figura 26. 1–9: *Terminalioxylon* Nov. sp. 2. CTES-PMP: 3817 a, b, c. a. Corte transversal (1–3). 1. Anillos de crecimiento no marcados, porosidad difusa, tipo de vasos; en 2, 3. Detalle del contenido de los vasos, fibras y parénquima paratraqueal vasicéntrico, unilateral, aliforme a confluyente. **b.** Corte longitudinal radial 4–6. Radios homogéneos con células procumbentes y vasos con tilosis esclerótica. **c.** Corte longitudinal tangencial 7–9. Placas de perforación simples, punteaduras intervasculares y detalle de los radios. **Escalas:** 1, 4, 7= 200 μm ; 2, 5= 90 μm ; 3, 6, 8= 50 μm .

Material indeterminado

1. *Cuenca de Vinchina*

Material estudiado. CTES-PMP: 3819 a, b, c (Figura 27. 1–20).

Localidad. Quebrada La Troya-Sierra de Los Colorados.

Procedencia estratigráfica. Formación Toro Negro.

Procedencia geográfica. La Rioja, Argentina.

Edad. Mio-Pleistoceno.

Descripción. En corte transversal se observa una médula sólida, homogénea, parenquimática, los anillos de crecimiento están demarcados por parénquima marginal, la porosidad es difusa con tendencia a porosidad semi-circular. Los vasos están uniformemente distribuidos en forma radial en sección transversal. Son solitarios (85%), múltiples radiales de 2 elementos (8%), de 3 elementos (7%) y vasos tangenciales presentes en menor proporción (%). El diámetro tangencial promedio es de 113(80–130) μm y el diámetro radial promedio es de 80 (70–120) μm . La densidad de vasos promedio es de 12 por mm^2 .

Vasos generalmente vacíos. Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico, aliforme y confluyente menos frecuente. Fibras generalmente dispuestas irregularmente, de contorno circular. Los radios tienen un trayecto sinuoso.

Discusión. Sólo se preservaron los cortes transversales de la muestra de la Formación Toro Negro, es por ello que se consideró prudente no determinar género y especie.

Este corte presenta características afines a las familias Leguminosae, Anacardiaceae, y Juglandaceae por el tipo de porosidad. No obstante, el tipo de parénquima presente en la muestra lo acerca a las familias Leguminosae y Anacardiaceae que resultaron tener menos diferencias con el material fósil, empero, al no contar con los cortes longitudinales no se pudo observar si presenta punteaduras alternas y ornadas típicas de Leguminosae o sólo alternas si fueran de Anacardiaceae.

Como se ha mencionado en esta tesis, en este área hay registros de maderas fósiles de Leguminosae (Figura 27. 1–20).

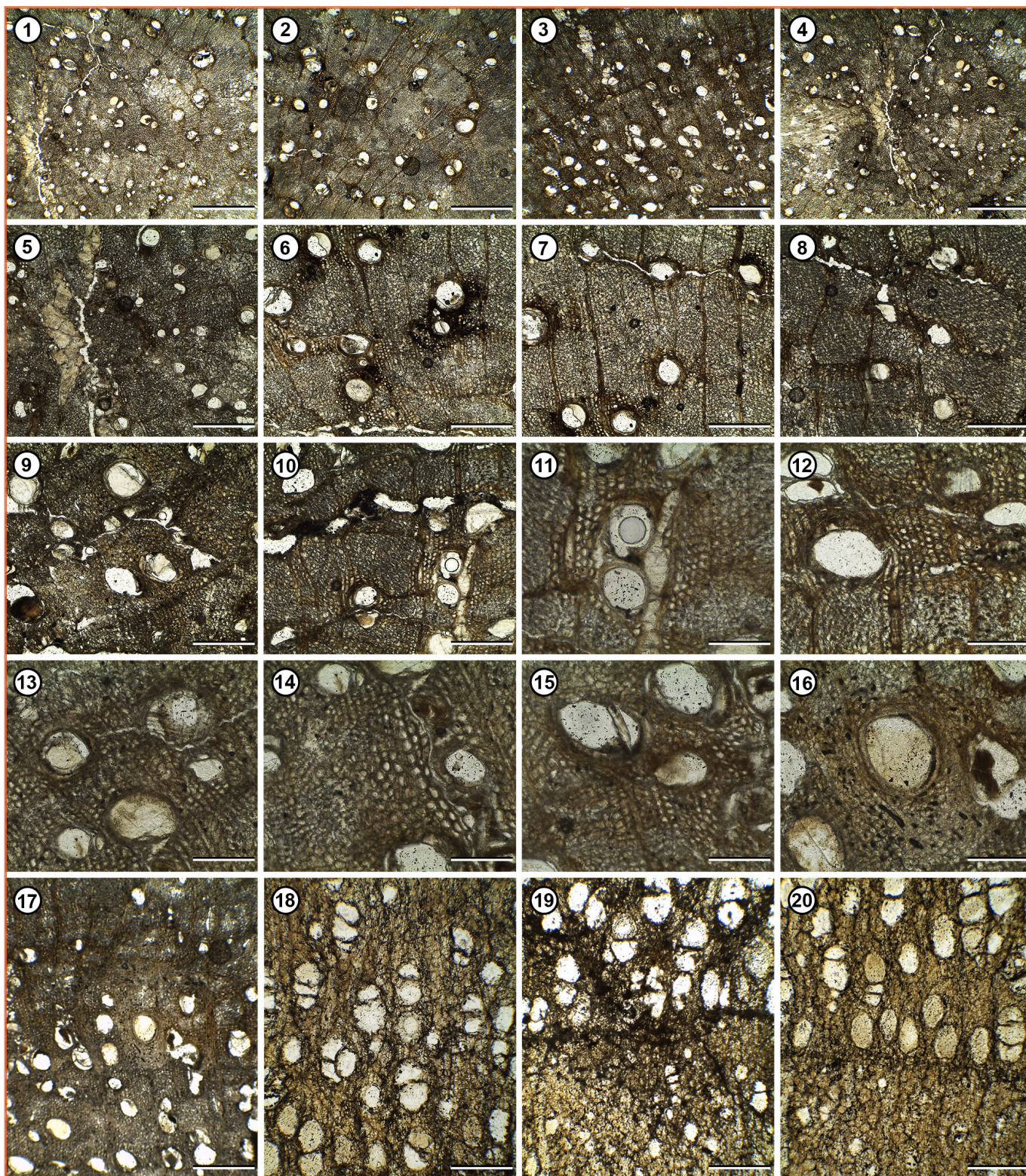


Figura 27 1–20. CTES-PMP: 3819 a, b, c. Corte transversal. 1–20. Anillos de crecimiento están demarcados, porosidad difusa con tendencia a semi-circular. Distribución y tipos de vasos. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, aliforme y confluyente menos frecuente. **Escala**s : 1–10, 17–20= 160 μ m; 11–16=80 μ m.

2. Grupo Santa María

Material estudiado. CTES-PMP: 3820 a, b, c.

Localidad. Quebrada de Amaicha.

Procedencia estratigráfica. Formación Yasyamayo.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Edad. Plioceno superior o Plioceno inferior (Bossi *et al.* 1998).

Material estudiado. CTES-PMP: 3821 a, b, c.

Localidad. Tiu Punco

Procedencia estratigráfica. Formación San José.

Procedencia geográfica. Tucumán, Argentina.

Edad. Mioceno medio.

3. Grupo Payogastilla

Material estudiado. Lote CTES-PMP: 3822.

Localidad. Quebrada del Estanque.

Procedencia estratigráfica. Formación Palo Pintado.

Edad. Mioceno tardío.

Material estudiado. CTES-PMP: 3823 a, b, c.

Localidad. Ruta Provincial 68, camino a Angastaco.

Procedencia estratigráfica. Formación San Felipe.

Edad. Plioceno.

Procedencia geográfica. Salta, Argentina.

Sobre la tafonomía de estos ejemplares indeterminados de la Formación Palo Pintado...

Los materiales hallados en esta formación corresponden a eudicotiledóneas y revelan una combinación de distintos tipos de preservación en un amplio espectro tafonómico, que incluye tejidos lignificados y otros blandos de diferentes biotas terrestres (por ejemplo, insectos y palinomorfos), entre otros organismos de vertebrados que fueron bien conservados bajo procesos y situaciones diagenéticas diferentes.

Bolzon *et al.* (2004) definieron 4 estadios en los procesos diagenéticos y la preservación celular en los fósiles:

1. Destrucción del tejido leñoso anterior a la infiltración y precipitación de minerales.
2. Inicio de la infiltración de los minerales con precipitación y acumulación en el lumen celular a partir de la pared.
3. Alteraciones en las paredes celulares con una degradación de elementos orgánicos residuales.
4. Relleno o precipitación de los minerales a partir de la superficie de los lúmenes celulares.

Descripción. Las maderas indeterminadas de esta formación se recuperaron de una capa de areniscas tobáceas que impregnó los restos del leño de estas eudicotiledóneas. La mineralización sufrida explica la poca preservación de sus tejidos que presentan marcada distorsión en los diferentes cortes, como también presencia probable de numerosos coprolitos. En el interior de las células se observan, probablemente, sustancias tóxicas fenólicas producidas por las eudicotiledóneas para prevenir el ataque de los hongos en ambientes tan húmedos como en el que vivieron. Estas sustancias tienen una tonalidad marrón semejante a la figura 364 (en Schweingruber *et al.* 2008) (Figura 28. 1–4).

Existen regiones comprimidas en las que las hileras de células están deformadas tangencialmente y en muchos casos destruidas. Según Bolzon *et al.* (2004) es típica de los primeros estadios diagenéticos, así como la separación de las paredes celulares y la fragmentación de las mismas, también observada en los leños aquí estudiados. El relleno de los lúmenes es considerado como un estadio subsecuente a la diagénesis y finalmente a la destrucción del tejido (a partir de la degradación completa de la lignina y de la recristalización) que caracteriza a los estadios finales.

En estas maderas fósiles es posible notar las diferentes fases de mineralización.

En algunas porciones los lúmenes no están rellenos, en otras, sí lo están y en otras partes el tejido se encuentra destruido formando las llamadas “áreas fantasmas” que significa, de acuerdo a Bolzon & Machado (2002), que no es posible definir el límite de la pared del lumen (Figura 28. 2).

En relación al tipo de mineralización en la mayoría de los casos se nota la presencia de cuarzo microcristalino en las áreas más destruidas como en el interior de los vasos y cuarzo más fino, de tipo calcedonia, en las áreas donde la pared celular fue más preservada (Figura 28. 5).

Se evidencia en estos materiales que la textura más fina no está presente ya que las paredes de los vasos y las punteaduras no están preservadas.

Machado *et al.* (2011) afirman que la silicificación es más una función del ambiente de sedimentación que de la propia naturaleza de los tejidos. La predominancia de algunos tejidos sobre otros en las ma-

deras fósiles de diferentes localidades y niveles estratigráficos en una secuencia informa sobre las variaciones ambientales ocurridas durante ese ciclo.

Los análisis sedimentológicos y paleontológicos de estas formaciones señalan que el depósito de los sedimentos se inició en el Mioceno tardío con una fase húmeda y culminó en el Plioceno cuando las condiciones ambientales se tornaron más secas. Estos cambios en el régimen hídrico, obedecían fundamentalmente a la formación de la cuenca intermontana de Angastaco, (Starck & Anzótegui 2001; Bywater-Reyes *et al.* 2010; Rohrmann *et al.* 2016; Robledo *et al.* 2020b, Robledo *et al.* 2021). Es por ello que, en el Mioceno tardío, el levantamiento de la cuenca provocó un aumento de la tasa de acomodación/deposición sedimentaria (A/D) y también se asoció a un cambio en la composición mineralógica de los depósitos (Galli *et al.* 2011, 2017).

Galli *et al.* (2011) enunciaron para la Formación Palo Pintado, la presencia de minerales de arcilla como illita, esmectita y caolinita en el subambiente de la llanura de inundación generados por hidrólisis en un clima templado–húmedo; revelados por los datos de isótopos estables de carbonatos pedogénicos que demostraron condiciones relativamente más húmedas entre 10 y 6 Ma (Bywater-Reyes *et al.* 2010).

Por lo tanto, las maderas fósiles de la Quebrada del Estanque están relacionadas con ambientes de marismas y lacustres que se habrían desarrollado bajo un clima cálido y húmedo con estacionalidad seca como ya se mencionó para esta formación (Galli *et al.* 2011). Estas condiciones ambientales se ven corroboradas por la presencia de los hongos y coprolitos en estas muestras.

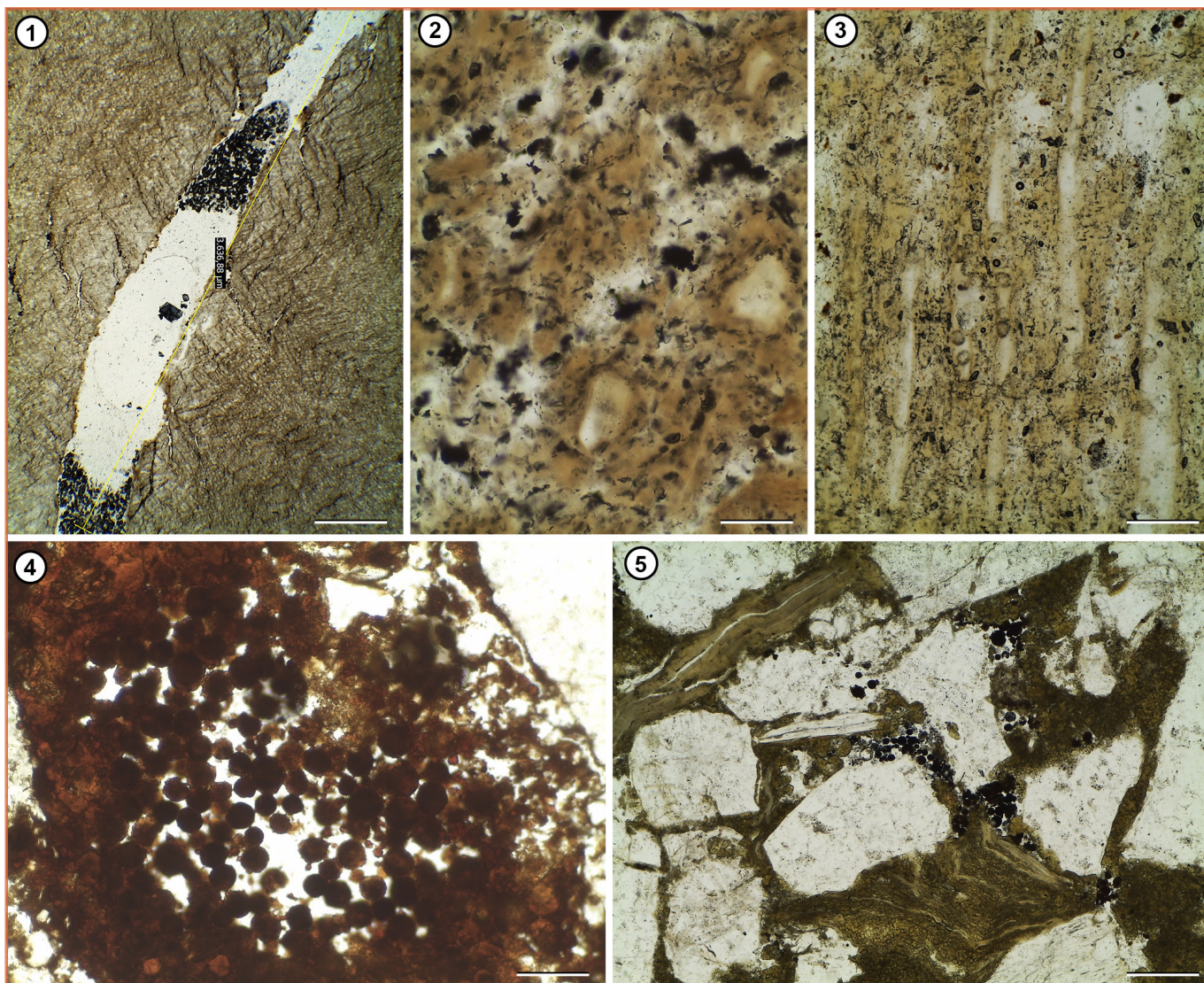
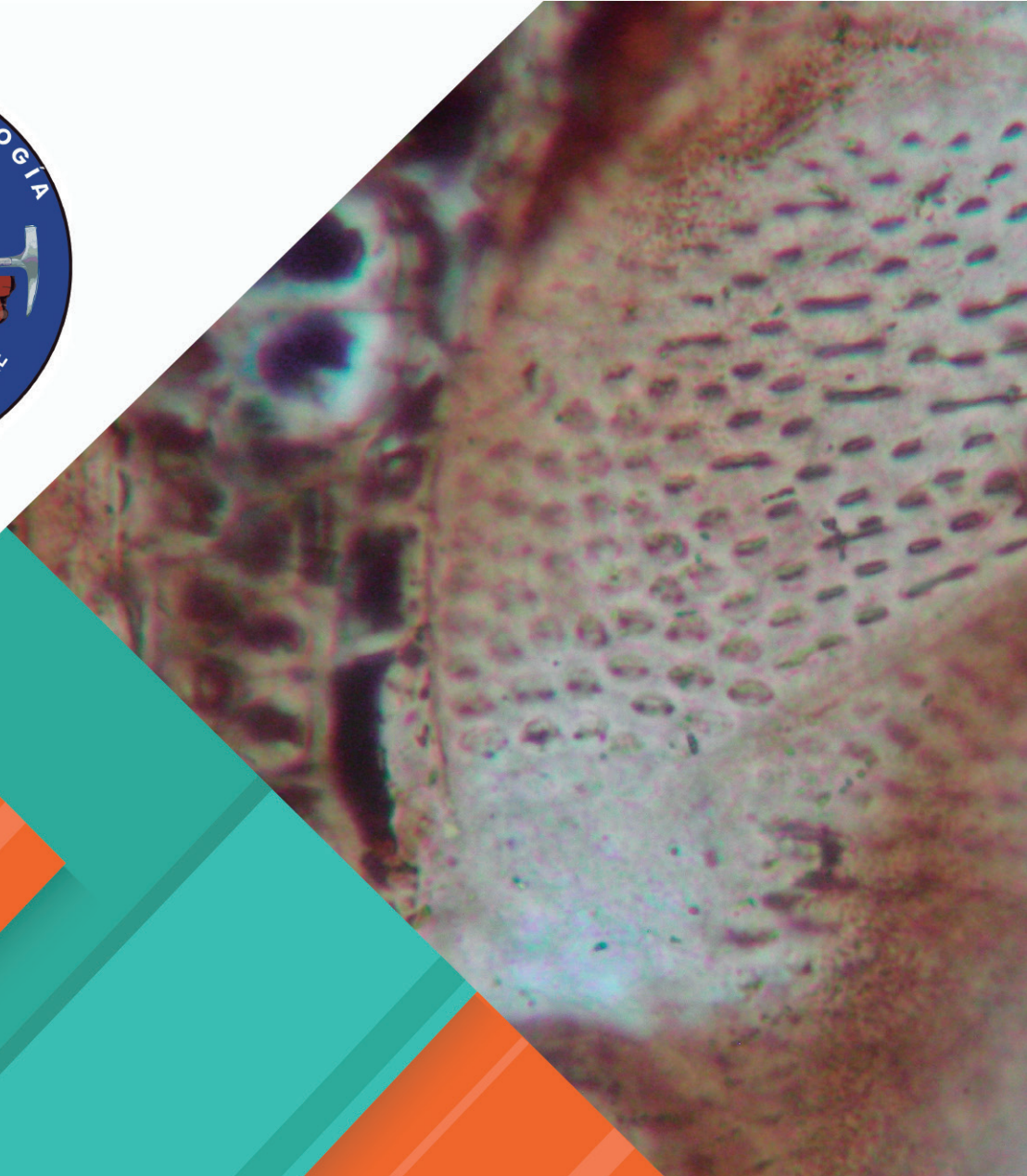


Figura 28. 1–5: Materiales indeterminados: Lote 3 CTES-PMP: 3822. 1–3. Distorsión en los cortes transversal y longitudinales; en 2 áreas fantasmas *sensu* Bolzon & Machado (2002). 4. Presencia de probables coprolitos. 5. Presencia de cuarzo microcristalino y cuarzo de tipo calcedonia. **Escalas:** 1–5= 200 μm .



CAPITULO 5

Consideraciones y análisis de las asociaciones
xilotafoflorísticas de las formaciones estudiadas

CAPÍTULO 5

CONSIDERACIONES Y ANÁLISIS DE LAS ASOCIACIONES XILOTAFOFLORÍSTICAS DE LAS FORMACIONES ESTUDIADAS

Los análisis xilológicos efectuados en esta contribución muestran un conjunto global de información específica sobre las maderas del Neógeno del noroeste argentino ya que hasta la fecha se contaba para las formaciones involucradas con estudios realizados en forma saltuaria.

En este capítulo se realiza una comparación entre las asociaciones xilotafoflorísticas estudiadas, así como la distribución estratigráfica de los leños analizados y su correlación con las xilotafofloras de otras formaciones coetáneas. Además, en particular, se señalan algunas consideraciones evolutivas teniendo en cuenta los rasgos anatómicos observados y su relación con la paleoecología.

En los mapas 1 a 14 se marca la localización de las especies fósiles aquí tratadas y la ubicación actual de las especies afines o de la familia para señalar los cambios en la distribución si los hubiere.

Los estudios tafonómicos demuestran, que las asociaciones fósiles son también un reflejo de las condiciones existentes en el ambiente de depositación, en general diferentes de aquel en que normalmente vivieron los organismos y capaz de seleccionar por sus agentes, algunos elementos de la biocenosis original. Esto se pudo observar especialmente con algunos ejemplares detallados en el capítulo 4.

I. Composición xilotafoflorística

Las características de las áreas de distribución geográfica de las especies varían en función de factores como el clima, el suelo y las adaptaciones a la presencia de organismos.

- En las tablas 1 a 7 se mencionan las especies determinadas para cada una de las formaciones estudiadas y se resumen los principales rasgos anatómicos que desarrollaron los taxones analizados en su hábitat expresados a través de combinaciones de caracteres.

- Tabla 1: Formación San José; Tabla 2: Formación Chiquimil; Tabla 3: Formación Andalhuala; Tabla 4: Formación Corral Quemado; Tabla 5: Formación Palo Pintado; Tabla 6: Formación Tambería; Tabla 7: Formación Vinchina.

Formación San José (Mioceno medio)					
Familia	Leguminosae		Bignoniaceae	Combretaceae	
Especies	<i>Nov. gen. et sp. 1</i> (este trabajo)	<i>Peltophoroxylon indicum</i> (Ramanujam) Müller-Stoll & Mädel 1967	<i>Nov. gen. et sp. 2</i> (este trabajo)	<i>Terminalioxylon nov. sp. 1</i> (este trabajo)	<i>Terminalioxylon nov. sp. 2</i> (este trabajo)
Procedencia geográfica	Tiu Punco (Tucumán, Argentina)	Camino a Yasyamayo, (Catamarca, Argentina)	Tiu Punco (Tucumán, Argentina)	Tolombón (Salta, Argentina); Tiu Punco (Tucumán, Argentina)	Camino a Yasyamayo (Tucumán, Argentina)
Porosidad	Porosidad difusa	Porosidad difusa	Porosidad semi - circular a difusa	Porosidad difusa	Porosidad difusa
Tipos de vasos	Solitarios en su mayoría, múltiples radiales de 2, 3 y más elementos, tienen un contorno ovoidal y disposición peculiar	Solitarios y múltiples radiales cortos	Solitarios, múltiples radiales de 2, 3 y más elementos y <i>clusters</i>	Solitarios, múltiples radiales cortos y raramente de 4	Solitarios y múltiples radiales cortos
Placas de perforación	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple
Engrosamientos helicoidales	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Contenidos/tilos	Con contenidos	Contenidos oscuros	Tilosis	-----	Contenidos oscuros, tilosis común y tilosis esclerótica
Punteaduras intervasculares	Opuestas y alternas, areoladas y ornadas	Alternas, areoladas y ornadas	Opuestas, pequeñas, menores a 4 µm	Alternas, ovales, espaciadas y ornadas	Alternas y ornadas. Ocasionalmente punteaduras escalariiformes
Tipos de parénquima	Paratraqueal vasicéntrico, confluyente. Apotraqueal difuso. Cristales prismáticos en cámaras de las células del parénquima axial	Paratraqueal vasicéntrico, aliforme y en ocasiones confluyente. Cristales prismáticos en cámaras de las células del parénquima axial	Paratraqueal vasicéntrico, confluyente y aliforme. Parénquima septado con o sin cristales	Paratraqueal vasicéntrico, confluyente con tendencia a aliforme	Paratraqueal vasicéntrico, unilateral escaso, aliforme a confluyente. Presencia de parénquima septado
Fibras	Septadas	Septadas y no septadas	Septadas y no septadas	No septadas	No septadas
Tipos de radios	Homogéneos (células procumbentes). Multiseriados y triseriados; 27 (21–33) células de alto	Homogéneos (células procumbentes). uniseriados, uniseriados parcialmente biseriados, biseriados, triseriados y multiseriados; (5–25) células de alto	Homogéneos (células cuadradas). Uniseriados, parcialmente biseriados, biseriados y triseriados; (5–25) células de alto	Homogéneos (células procumbentes). Uniseriados, con porciones biseriadas y biseriados. Cristales en las células de los radios	Homogéneos (células procumbentes). Uniseriados principalmente y pocos biseriados; (5–25) células de alto
Estratificación	No presenta	No presenta	Radios estratificados	No presenta	No presenta

Tabla 1: Taxones presentes en la Formación San José (Mioceno medio).

Formación Chiquimil (Mioceno tardío)				
Familia	Leguminosae			Malvaceae
Especies	<i>Paraalbizoxylon caccavariae</i> Martínez	<i>Menendoxylon vasallensis</i> Lutz	<i>Menendoxylon lutzi</i> Baez & Crisafulli 2020	<i>Bastardioxylon antiqua</i> Baez & Crisafulli 2020
Procedencia geográfica	Cerro Pampa (Catamarca, Argentina)	Cerro Pampa (Catamarca, Argentina)	Cerro Pampa (Catamarca, Argentina)	Cerro Pampa (Catamarca, Argentina)
Porosidad	Porosidad semi-circular	Porosidad difusa	Porosidad difusa	Porosidad difusa
Tipos de vasos	Solitarios en su mayoría, múltiples radiales de 2, 3 y más elementos; múltiples tangenciales	Solitarios en su mayoría, múltiples radiales cortos frecuentes y rara vez	Solitarios en su mayoría y múltiples radiales cortos	Solitarios en su mayoría, múltiples radiales de 2, 3 y más elementos
Placas de perforación	Simples	Simples con tabiques oblicuos	Simples con tabiques oblicuos	Simples
Engrosamiento helicoidales	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Contenidos/tilosis	Contenidos oscuros (¿gomas o resinas?)	Gomas o resinas	Gomas o resinas	¿Gomas o resinas?, tilosis común y tilosis “ <i>tipo burbuja</i> ” (<i>sensu</i> Wheeler <i>et</i>
Punteaduras intervasculares	Alternas y ornadas	Alternas y ornadas	Alternas y ornadas	Alternas, circulares a ovales de 4 µm de diámetro
Tipos de parénquima	Paratraqueal vasicéntrico, confluyente en bandas angostas escaso	Paratraqueal vasicéntrico, confluyente en bandas angostas	Paratraqueal vasicéntrico escaso; aliforme y confluyente en bandas angostas	Paratraqueal vasicéntrico angosto y escaso, confluyente en bandas angostas. Apotraqueal difuso.
Fibras	No septadas	No septadas	No septadas	Septadas escasas
Tipos de radios	Homogéneos (células procumbentes). Uniseriados principalmente, algunos parcialmente biseriados y triseriados; 9 (4–15) células de alto	Homogéneos (células procumbentes). Uniseriados principalmente y biseriados; 11 (8–15) células de alto	Homogéneos (células procumbentes). Uniseriados principalmente, biseriados parcialmente uniseriados, biseriados y triseriados; 20 (14–22) células de alto	Heterogéneos (células procumbentes y una única fila marginal de células cuadradas o erectas). Multiseriados principalmente, tetraseriados y triseriados generalmente; 15 (8–24)
Estratificación	Ausente	Ausente	Ausente	Vasos, parénquima axial y radios con estratificación parcial

Tabla 2: Taxones presentes en la Formación Chiquimil (Mioceno tardío).

Formación Andalhuala (Plioceno inferior)						
Familia	Leguminosae					Eleocarpaceae
Especies	<i>Paracacioxylon odonelli</i> Müller-Stoll & Madel 1967	<i>Paraalbizioxylon cienense</i> Cevallos-Ferriz & Barajas-Morales 1994	<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i> Martínez 2014	<i>Gleditsioxylon</i> nov. sp. 1 (este trabajo)	<i>Gleditsioxylon fiambalense</i> Baez 2021	<i>Elaeocarpoxyylon sloaneoides</i> Petriella 1972
Procedencia geográfica	Los Poronguillos (cerca de Caspichango), Río Seco (cerca Santa María) Catamarca, Argentina	Encalilla (Tucumán, Argentina)	Los Poronguillos (Catamarca, Argentina)	Encalilla (Tucumán, Argentina)	Río Seco (Catamarca, Argentina)	Portal de Julipao (Tucumán, Argentina)
Porosidad	Porosidad semi-circular a difusa	Porosidad difusa	Porosidad es semi-circular a difusa	Porosidad es semi-circular a difusa	Porosidad semi-circular a difusa	Porosidad difusa
Tipos de vasos	Solitarios en su mayoría, múltiples radiales de 2, 3 y más elementos, tangenciales de 2 y <i>clusters</i>	Solitarios, múltiples radiales de 2, 3 y más elementos y <i>clusters</i>	Solitarios en su mayoría, múltiples radiales cortos y múltiples tangenciales. <i>Clusters</i> radiales y tangenciales	Solitarios, múltiples radiales de 2, 3 y más elementos y <i>clusters</i>	Múltiples radiales cortos principalmente, <i>clusters</i> y menos frecuentes solitarios	Solitarios, múltiples radiales cortos y múltiples tangenciales
Placas de perforación	Simple	Simple	Simple, semejantes al carácter 13 (IAWA, 1989: Fig. 27)	Simple	Simple	Simple
Engrosamientos helicoidales	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Presentes	Ausentes
Contenidos/tilosis	Contenidos oscuros (gomas/depósitos) y tilosis esclerosada (<i>sensu</i> IAWA, 1989: Fig. 61)	Abundante contenido	Contenidos oscuros (¿gomas o resinas?)	Con contenido, y ¿tilosis?	Contenidos oscuros y ¿tilosis?	Contenidos oscuros
Punteaduras intervasculares	Alternas y ornadas	Alternas y ornadas	Alternas, areoladas, circulares a ovales similares al carácter 23 (IAWA, 1989: Fig. 41)	Alternas y ornadas	Alternas y ornadas	Areoladas, pequeñas, opuestas y alternas
Tipos de parénquima	Paratraqueal vasicéntrico escaso a raro y unilateral	Paratraqueal vasicéntrico	Paratraqueal vasicéntrico, confluyente en bandas angostas, escaso, con tendencia a aliforme	Paratraqueal vasicéntrico. Apotraqueal difuso, escaso. Parénquima septado. Parénquima axial con drusas semejante al carácter 145 (IAWA, 1989: Figs. 170, 171)	Paratraqueal vasicéntrico escaso, confluyente en bandas angostas. Apotraqueal difuso. Parénquima cristalífero ocasionalmente	Paratraqueal vasicéntrico
Fibras	Septadas	No septadas	No septadas	No septadas	Septadas Ocasionalmente	Septadas frecuentes
Tipos de radios	Homogéneos (células procumbentes). 1–4 seriados; 75 (4–86) células de alto	Homogéneos (células procumbentes). Multiseriados principalmente, unos pocos uniseriados; ... 50(15–54) células de alto	Homogéneos (células procumbentes). Uniseriados principalmente, algunos parcialmente biseriados y triseriados; 9 (4–15) células de alto	Homogéneos (células procumbentes). Uniseriados a multiseriados. Ocasionalmente radios multiseriados con una porción central biseriada; 24(6–70) células de alto	Homogéneos (células procumbentes), 2–6 seriados; 27 (6–80) células de alto	Heterogéneos (células procumbentes y cuadradas). 3 tipos de radios. A- Fusiformes, sin extremos uniseriados, 2–6 seriados, generalmente 6 seriados. B- Fusiformes, con extremos uniseriados constituidos por una parte uniseriada larga de 5 o más células, una parte central de 2 y una parte terminal de 1 célula. C- Fusiformes, con extremos uniseriados 3–6 seriados, generalmente 4 seriados
Estratificación	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta

Tabla 3: Taxones presentes en la Formación Andalhuala (Plioceno inferior).

Formación Corral Quemado (Plioceno inferior/medio)			
*Ver Tabla 1: Caracteres de <i>Circoporoxylon krauseli</i>			
Familia	Leguminosae		*Podocarpaceae
Especies	<i>Paracacioxylon odonelli</i> Müller-Stoll & Mädél 1967	<i>Mimosoxylon tenax</i> (Felix) Müller-Stoll & Mädél 1967	<i>Circoporoxylon krauseli</i> Martínez & Lutz 2007
Procedencia geográfica	Puerta de Corral Quemado (Catamarca, Argentina)	Puerta de Corral Quemado (Catamarca, Argentina)	Puerta de Corral Quemado (Catamarca, Argentina)
Porosidad	Porosidad semi - circular a difusa	Porosidad difusa	-----
Tipos de vasos	Solitarios en su mayoría, múltiples radiales de 2, 3 y más elementos, tangenciales de 2 y <i>clusters</i>	Solitarios y múltiples radiales cortos	-----
Placas de	Simples	Simples	-----
Engrosamientos helicoidales	Ausentes	Ausentes	-----
Contenidos/tilososis	Contenidos oscuros (gomas/depósitos) y tilosis esclerosada (<i>sensu</i> IAWA, 1989: Fig. 61)	Con contenido	-----
Punteaduras intervasculares	Alternas y ornadas	Alternas y ornadas	-----
Tipos de parénquima	Paratraqueal vasicéntrico escaso a raro y unilateral. Apotraqueal difuso en	Paratraqueal vasicéntrico escaso a raro	-----
Fibras	Septadas	No septadas	-----
Tipos de radios	Homogéneos (células procumbentes). 1-4 seriados; 75 (4-86) células de alto	Homogéneos (células procumbentes). Multiseriados principalmente y unos pocos uniseriados; 16 (13-20) células de alto	-----
Estratificación	No presenta	No presenta	-----

Tabla 4: Taxones presentes en la Formación Corral Quemado (Plioceno inferior/medio).

Formación Palo Pintado (Mioceno superior)	
Familia	Leguminosae
Especies	<i>Piptadenioxylon chimeloi</i> Suguio & Mussa 1978
Procedencia geográfica	Quebrada del Estanque (Salta, Argentina)
Porosidad	Porosidad difusa
Tipos de vasos	Solitarios y múltiples radiales de 2, 3 y 4 elementos
Placas de perforación	Simples
Engrosamientos helicoidales	Ausentes
Contenidos/tilososis	Con contenidos y cristales
Punteaduras intervasculares	Alternas y circulares
Tipos de parénquima	Paratraqueal vasicéntrico escaso. Parénquima cristalífero
Fibras	Septadas
Tipos de radios	Homogéneos (células procumbentes). Multiseriados y unos pocos biseriados y uniseriados; 20 (5-25) células de alto
Estratificación	No presenta

Tabla 5: Taxón presentes en la Formación Palo Pintado (Mioceno superior).

Formación Tambería (Mioceno tardío)	
Familia	Leguminosae
Especies	<i>Gleditsioxylon fiambalense</i> Baez 2021
Procedencia geográfica	Bolsón de Fiambalá (Catamarca, Argentina)
Porosidad	Porosidad semi-circular a difusa
Tipos de vasos	Múltiples radiales cortos principalmente, <i>clusters</i> y menos frecuentes solitarios
Placas de perforación	Simple
Engrosamientos helicoidales	Presentes
Contenidos/tilosis	Contenidos oscuros y ¿tilosis?
Punteaduras intervasculares	Alternas y ornadas
Tipos de parénquima	Paratraqueal vasicéntrico escaso, Confluente en bandas angostas. Apotraqueal difuso. Parénquima cristalífero ocasionalmente
Fibras	Septadas ocasionalmente
Tipos de radios	Homogéneos (células procumbentes), 2–6 seriados; 27 (6–80) células de alto
Estratificación	No presenta

Tabla 6: Taxón presentes en la Formación Tambería (Mioceno tardío).

Formación Vinchina (Oligoceno-Mioceno temprano)	
Familia	Bignoniaceae
Especies	<i>Nov. gen. et sp. 3</i> (este trabajo)
Procedencia geográfica	Quebrada de la Troya (La Rioja, Argentina)
Porosidad	Porosidad difusa
Tipos de vasos	Solitarios y múltiples radiales de 2 elementos
Placas de perforación	Simple con tabiques oblicuos
Engrosamientos helicoidales	Ausentes
Contenidos/tilosis	-----
Punteaduras intervasculares	Alternas y areoladas
Tipos de parénquima	Paratraqueal vasicéntrico, con tendencia a aliforme
Fibras	No septadas
Tipos de radios	Homogéneos (células procumbentes). Biseriados principalmente, con los extremos uniseriados y unos pocos uniseriados; 12 (5–14) células de alto
Estratificación	Radios estratificados

Tabla 7: Taxón presentes en la Formación Vinchina (Oligoceno-Mioceno temprano).

- Se constata así que se han registrado maderas correspondientes a las siguientes familias y órdenes: Podocarpaceae (Pinales), Arecaceae (Arecas), Leguminosae (Fabales), Elaeocarpaceae (Oxalidales), Malvaceae (Malvales), Bignoniaceae (Lamiales), Combretaceae (Myrtales).
- De estas tablas donde se grafica el contenido xilológico de estas formaciones se establece la presencia de las siguientes familias: Formación San José: Combretaceae, Leguminosae y Bignoniaceae; en Chiquimil: Arecaceae; Leguminosae y Malvaceae; Andalhuala: Leguminosae, Elaeocarpaceae y Arecaceae; Corral Quemado: Leguminosae y Podocarpaceae; Vinchina: Bignoniaceae; Tambería y Palo Pintado: Leguminosae.
- También se constata en estas paleofloras la escasa presencia de Gymnospermae, la ausencia de Pteridophyta y de Anacardiaceae; esta última familia muy común en las xilotafofloras coetáneas de Entre Ríos, Santiago del Estero y Brasil.
- En la Tabla 8 se señalan los taxones presentes en las formaciones estudiadas y su distribución estratigráfica en el Neógeno de América; la lectura de la misma permite apreciar que las formaciones San José, Chiquimil y Andalhuala son las que tienen mayor diversidad taxonómica en su paleoflora (heterogéneas).
- La Tabla 9 indica las asociaciones xilotafoflorísticas en las formaciones que comparten especies:

Formaciones estudiadas y su distribución estratigráfica en el Neógeno de América													
	Neógeno de Argentina										Neógeno de Brasil	Neógeno de Colombia	Paleógeno-Neógeno de México
Familia/especie	Formaciones										Formación	Formación	Formación
	San José	Chiquimil	Andalhueta	Corral Quemado	Tamberia	Palo Pintado	Vinchina	Las Cañas	El Palmar	Ituzaingo	Solimoas	¿?	El Cien
	Mioceno medio	Mioceno tardío	Plioceno inferior	Plioceno inferior/medio	Mioceno tardío	Mioceno tardío	Oligoceno tardío Mioceno temprano?	Plioceno superior	Pleistoceno o tardío	Mioceno tardío?	Mioceno tardío	Cenozoico	Oligoceno tardío-Mioceno temprano
Arecaceae													
<i>Palmoxydon romeroi</i>													
Bignoniaceae													
<i>Nov. gen. et sp. 2</i>													
<i>Nov. gen. et sp. 3</i>													
Combretaceae													
<i>Terminalioxydon nov. sp. 1</i>													
<i>Terminalioxydon nov. sp. 2</i>													
Eleocarpaceae													
<i>Elaeocarpoxydon sloaneoides</i>													
Leguminosae													
<i>Paraalbizioxydon cienense</i>													
<i>Gleditsioxydon nov. sp. 1</i>													
<i>Gleditsioxydon fiambalense</i>													
<i>Menendoxydon lutzii</i>													
<i>Menendoxydon vasallensis</i>													
<i>Mimosoxydon tenax</i>													
<i>Paraalbizioxydon caccavariae</i>													
<i>Paracacioxydon odonelli</i>													
<i>Peltophoroxydon indicum</i>													
<i>Piptadenioxydon chimeloi</i>													
<i>Nov. gen. et sp. 1</i>													
Malvaceae													
<i>Bastardioxydon antiqua</i>													
Podocarpaceae													
<i>Circoporoxylon krauselii</i>													

Tabla 8: Taxones presentes en las formaciones estudiadas y su distribución estratigráfica en el Neógeno de América.

Cuadro de asociaciones xilotafoflorísticas en las formaciones estudiadas							
Especies	San José	Chiquimil	Andalhuala	Corral Quemado	Palo Pintado	Vinchina	Tambería
	Mioceno medio	Mioceno tardío	Plioceno inferior	Plioceno inferior/medio	Mioceno superior	Oligoceno-Mioceno temprano?	Mioceno tardío
<i>Circoporoxylon krausellii</i>				X			
<i>Palmoxylon romeroi</i>		X	X				
<i>Nov. gen. et sp. 2</i>	X						
<i>Nov. gen. et sp. 3</i>						X	
<i>Terminalioxylon nov. sp. 1</i>	X						
<i>Terminalioxylon nov. sp. 2</i>	X						
<i>Elaeocarpxylon sloaneoides</i>			X				
<i>Paraalbizioxylon cienense</i>			X				
<i>Gleditsioxylon nov. sp. 1</i>			X				
<i>Gleditsioxylon fiambalense</i>			X				X
<i>Menendoxylon lutzi</i>		X					
<i>Menendoxylon vasallensis</i>		X					
<i>Mimosoxylon tenax</i>				X			
<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i>		X	X				
<i>Paracacioxylon odonelli</i>			X	X			
<i>Peltophoroxylon indicum</i>	X						
<i>Piptadenioxylon chimeloi</i>					X		
<i>Nov. gen. et sp. 1</i>	X						
<i>Bastardioxylon antiqua</i>		X					
<i>Ranunculodendron anzoteguiiae</i>					X		

Tabla 9: Cuadro de asociaciones xilotafoflorísticas en las formaciones estudiadas.

- **Chiquimil y Andalhuala:** *Palmoxylon romeroi* y *Paraalbizioxylon caccavariae*.
- **Andalhuala y Las Cañas:** *Paraalbizioxylon caccavariae*.
- **Chiquimil, Las Cañas e Ituzaingó:** *Menendoxylon vasallensis*.
- **Andalhuala y Tambería:** *Gleditsioxylon fiambalense*.
- **Palo Pintado y Solimões:** *Piptadenioxylon chimiloi*.
- **Andalhuala y El Cien:** *Paraalbizioxylon cienense*.

• Las especies más citadas en todas las formaciones son: *Menendoxylon vasallensis* y *Paraalbizioxylon caccavariae*.

• En este trabajo de tesis doctoral se dan a conocer 3 géneros y 5 especies nuevas para la ciencia. En el transcurso de su redacción (2020 y 2021) se publicó además 1 género (*Bastardioxylon*) y 3 especies (*Bastardioxylon antiqua*, *Menendoxylon lutzi* y *Gleditsioxylon fiambalense*) nuevas halladas en este marco de trabajo.

• En comunidades actuales, los árboles se encuentran en competencia por agua, nutrientes, luz y espacio con individuos de la misma especie o diferente. Por ello, desarrollan características o adaptaciones que le confieren habilidades competitivas, las que le permitirán desplazar a otros árboles del lugar, ser desplazado o coexistir. Consecuentemente con esto, la Tabla 10 permitió la confección de mapas que muestran la distribución de los géneros en el Neógeno y, además, en ellos se consigna la distribución actual de las especies y/o familias afines.

Distribución de los géneros en el Neógeno	
Géneros	Distribución en el Neógeno
<i>Circoporoxylon</i>	Catamarca*, Alemania, Ucrania
<i>Palmoxylon</i>	Tucumán*, Catamarca*, Brasil
<i>Nov. gen. 1</i>	Tucumán*
<i>Peltophoroxylon</i>	Catamarca*, Entre Ríos*, S y SE Asia, India, Etiopía
<i>Paracacioxylon</i>	Catamarca*, India
<i>Paraalbizioxylon</i>	Catamarca*, Tucumán*, Santiago del Estero*, Méjico, Alemania, Hungría, China
<i>Menendoxylon</i>	Catamarca*, Santiago del Estero*, Entre Ríos*
<i>Gleditsioxylon</i>	La Rioja*, Catamarca*, Entre Ríos*, Santiago del Estero*, EEUU, China, Japón
<i>Mimosoxylon</i>	Catamarca*, Tucumán*, Corrientes*, Méjico, Brasil,
<i>Piptadenioxylon</i>	Salta*, Entre Ríos*, Brasil
<i>Elaeocarpoxyton</i>	Tucumán*, Chubut*, Brasil, India
<i>Bastardioxylon</i>	Catamarca*
<i>Nov. gen. 2</i>	Tucumán*
<i>Nov. gen. 3</i>	La Rioja*
<i>Terminalioxylon</i>	Salta*, Tucumán*, Entre Ríos*, Colombia, Indochina,

*Provincias argentinas.

Tabla 10: Distribución de los géneros en el Neógeno.

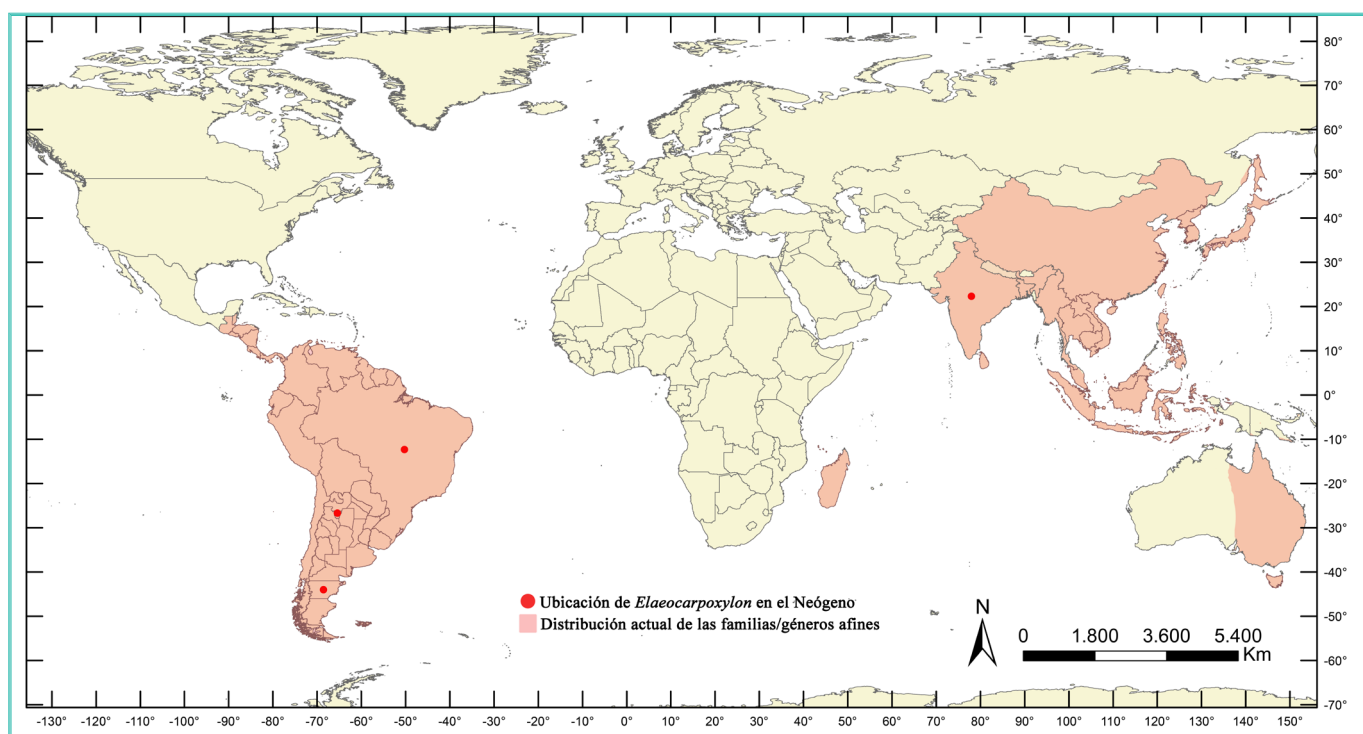
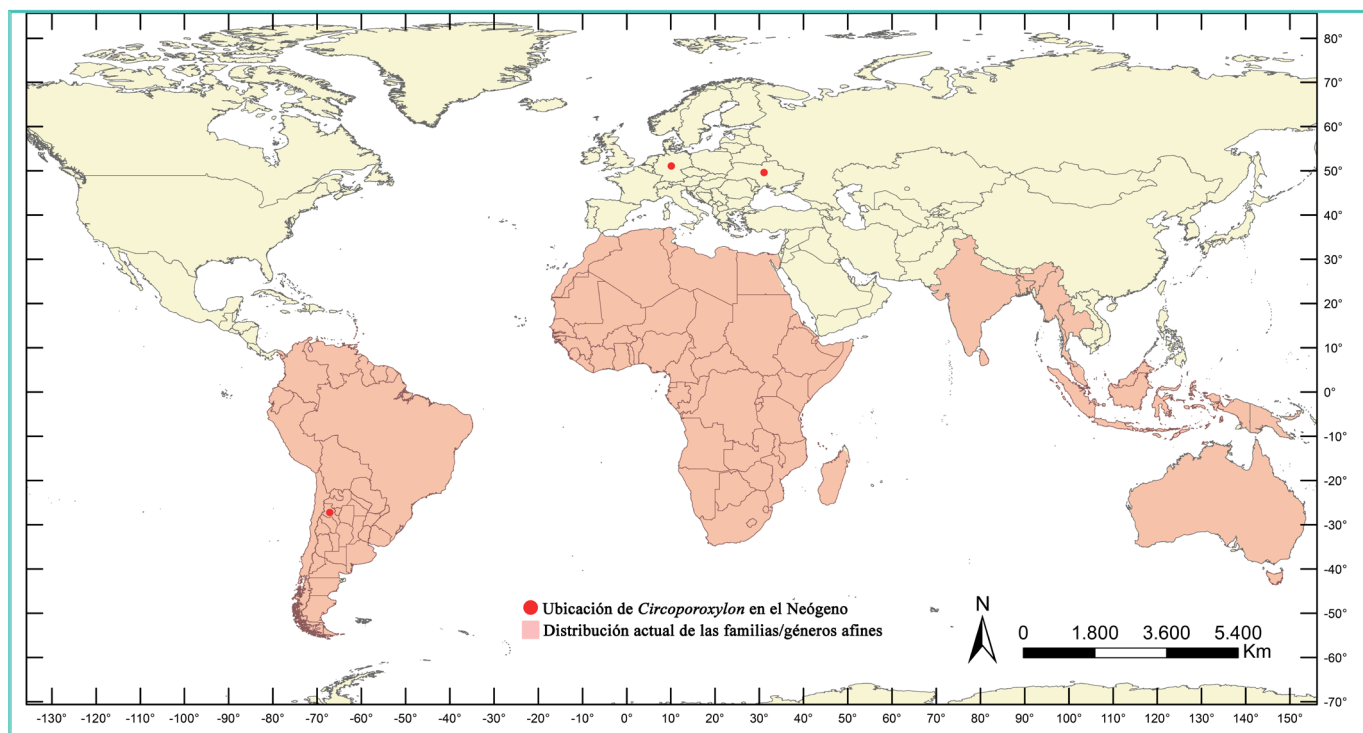
De la lectura de los mapas 1 a 14 se desprende que:

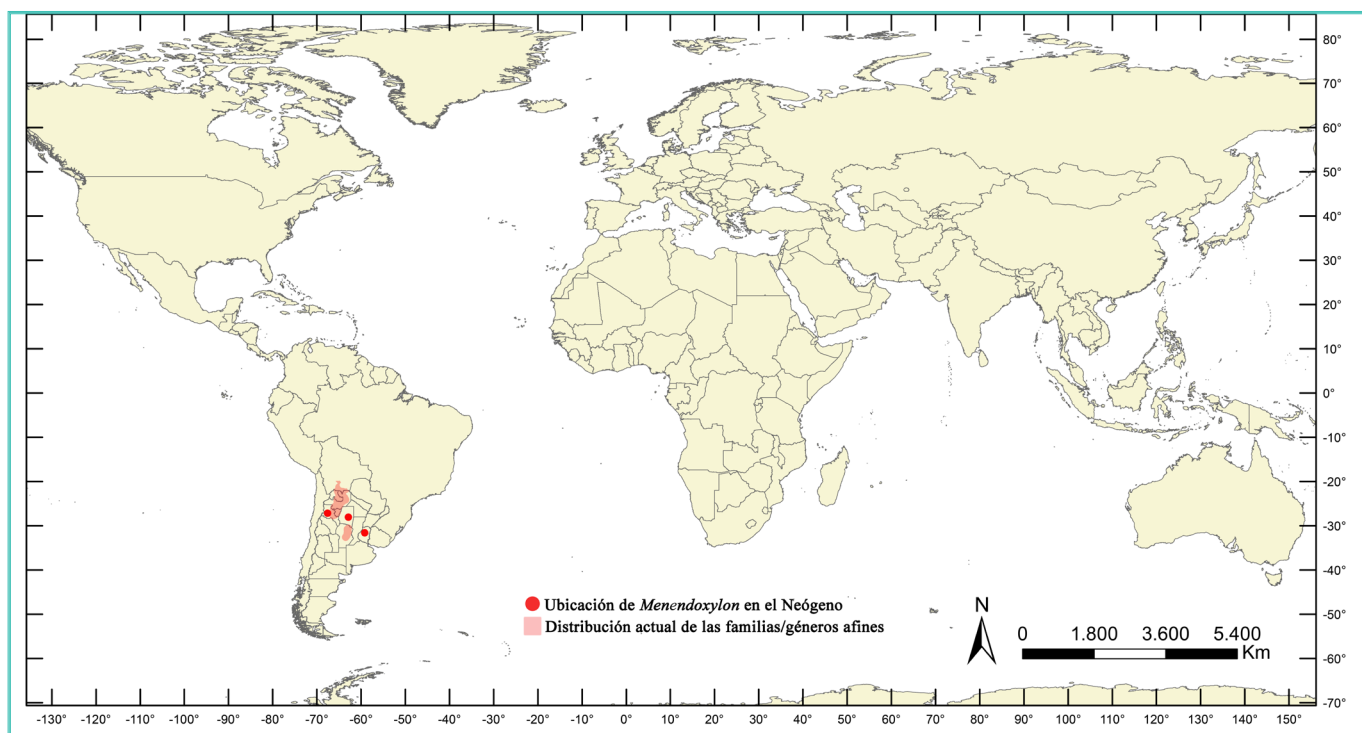
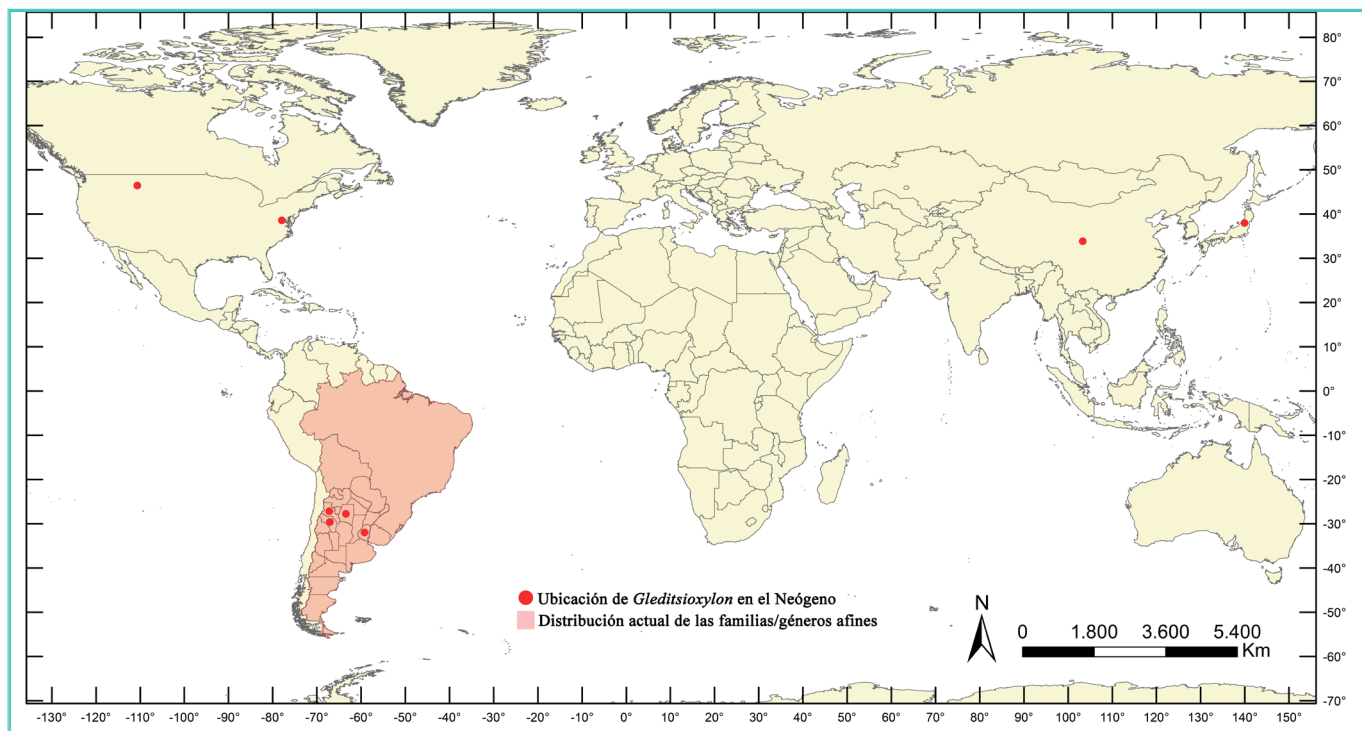
1. *Circoporoxylon*, *Peltophoroxylon*, *Paracacioxylon*, *Paraalbizioxylon*, *Gleditsioxylon*, *Mimosoxylon*, *Elaeocarpoxyton* y *Terminalioxylon* son cosmopolitas.

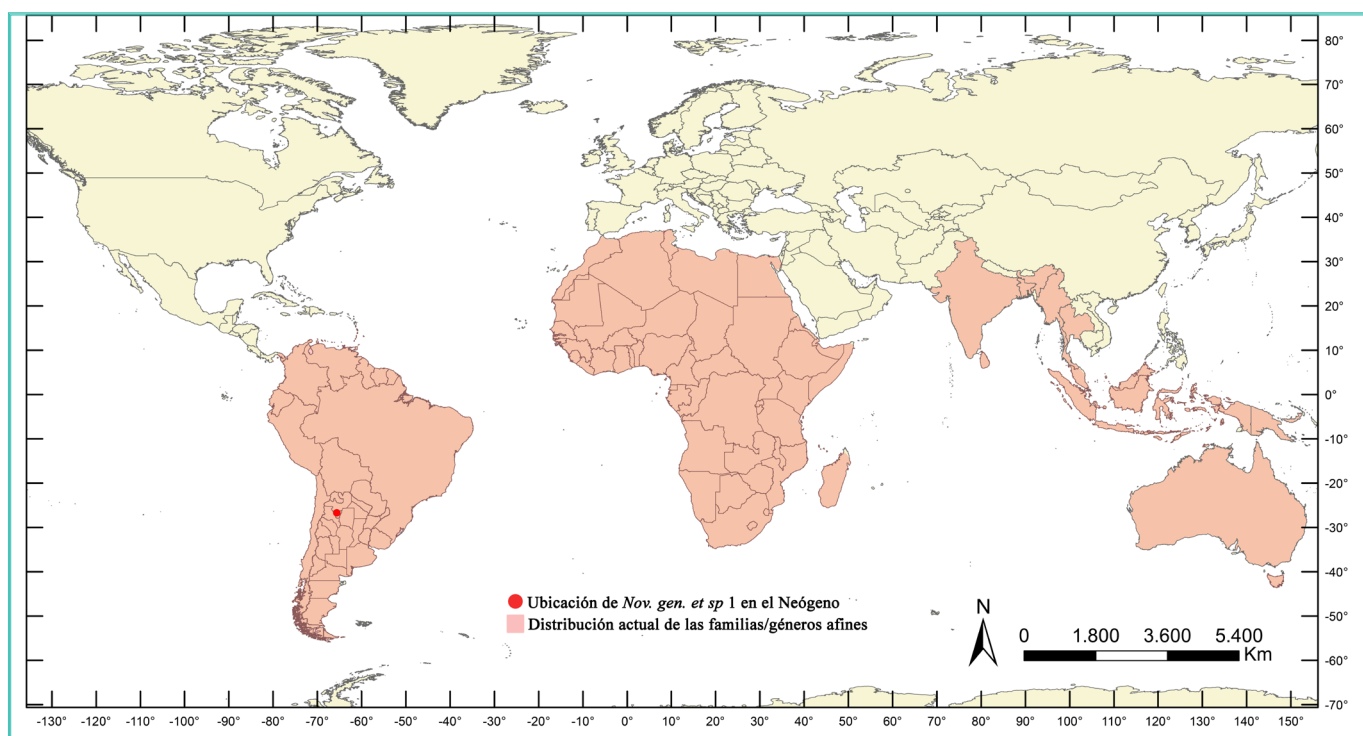
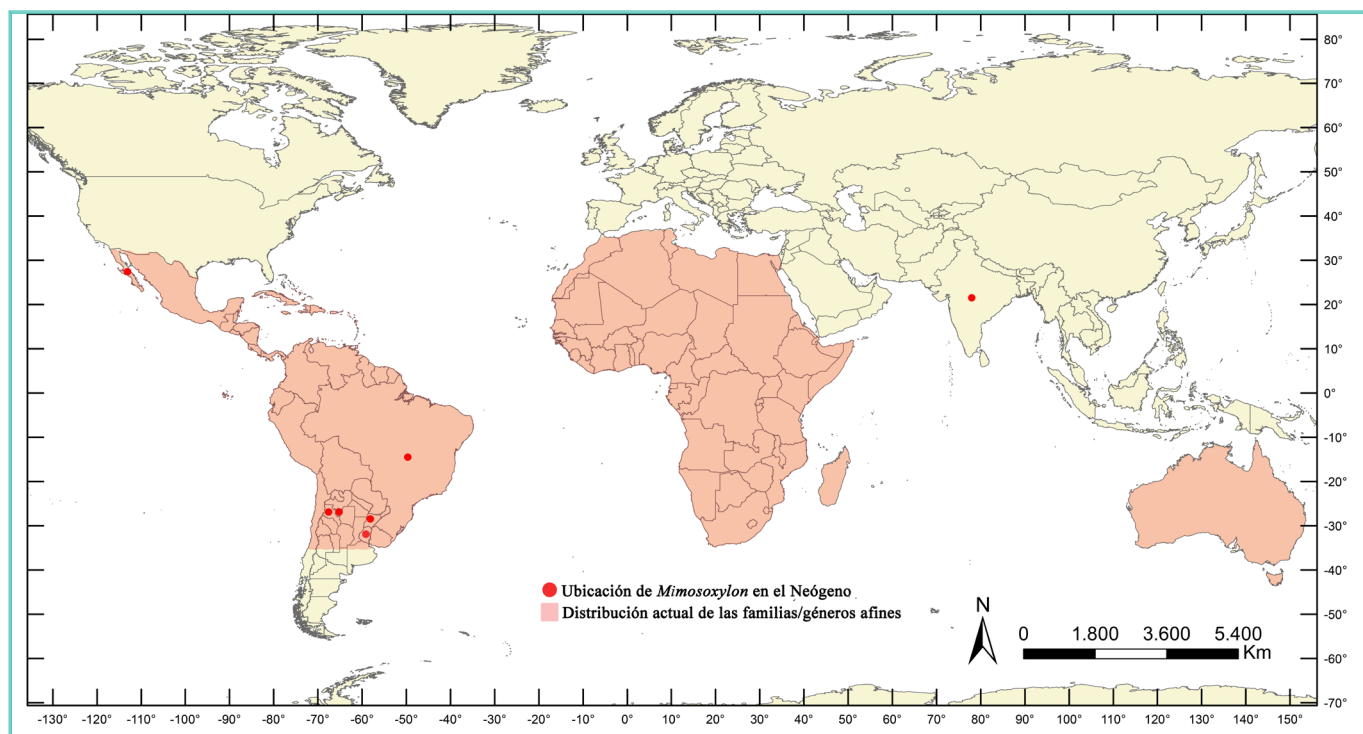
2. *Bastardioxylon*, *Nov. gen. 3*, *Nov. gen. 2* y *Nov. gen. 1* son endémicos para las formaciones Chiquimil, Vinchina y los dos últimos para la Formación San José, respectivamente.

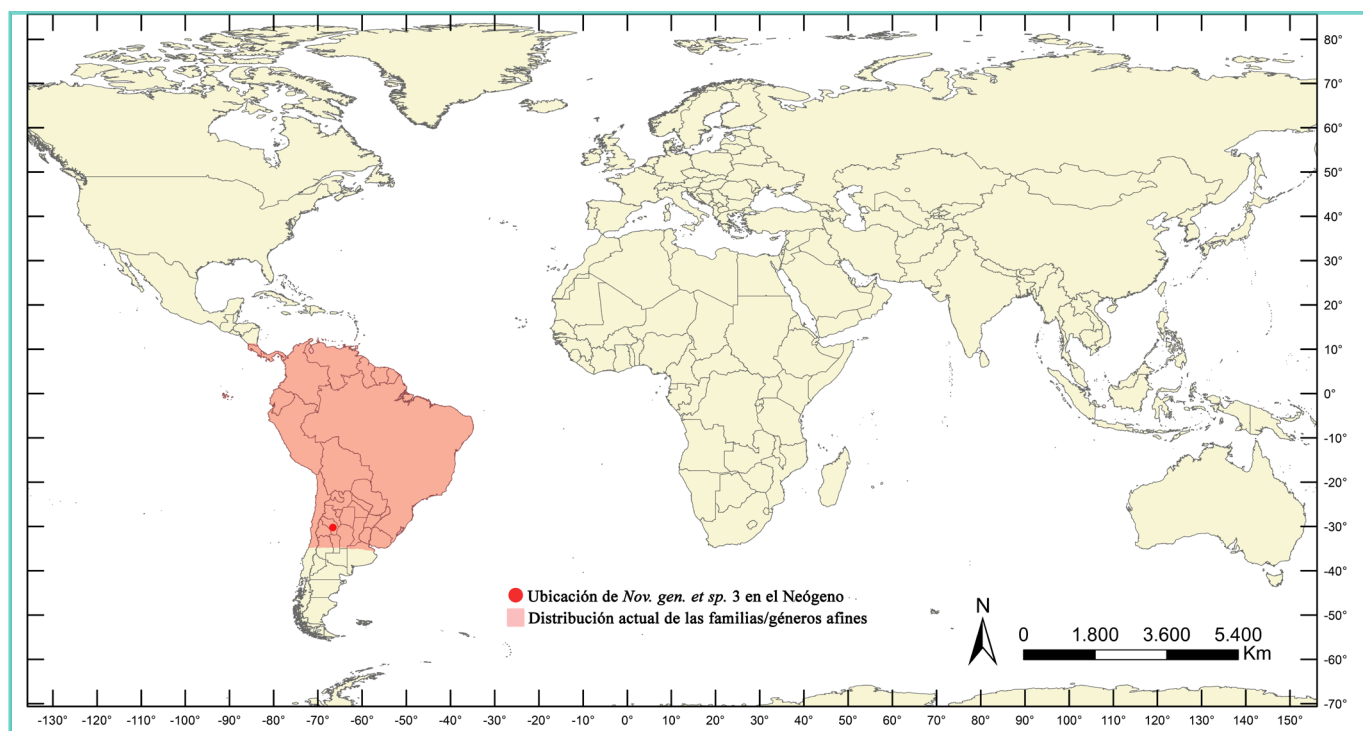
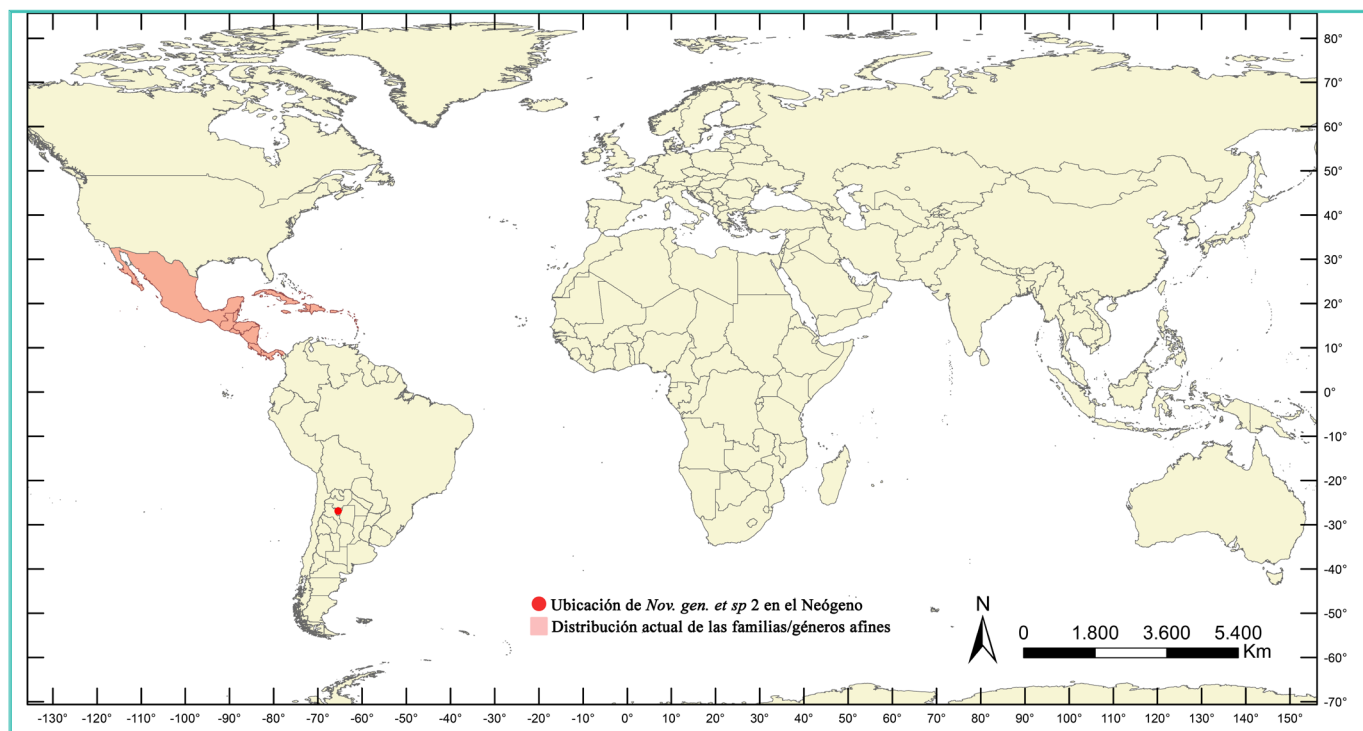
3. *Palmoxylon* y *Piptadenioxylon* son géneros compartidos con Brasil.

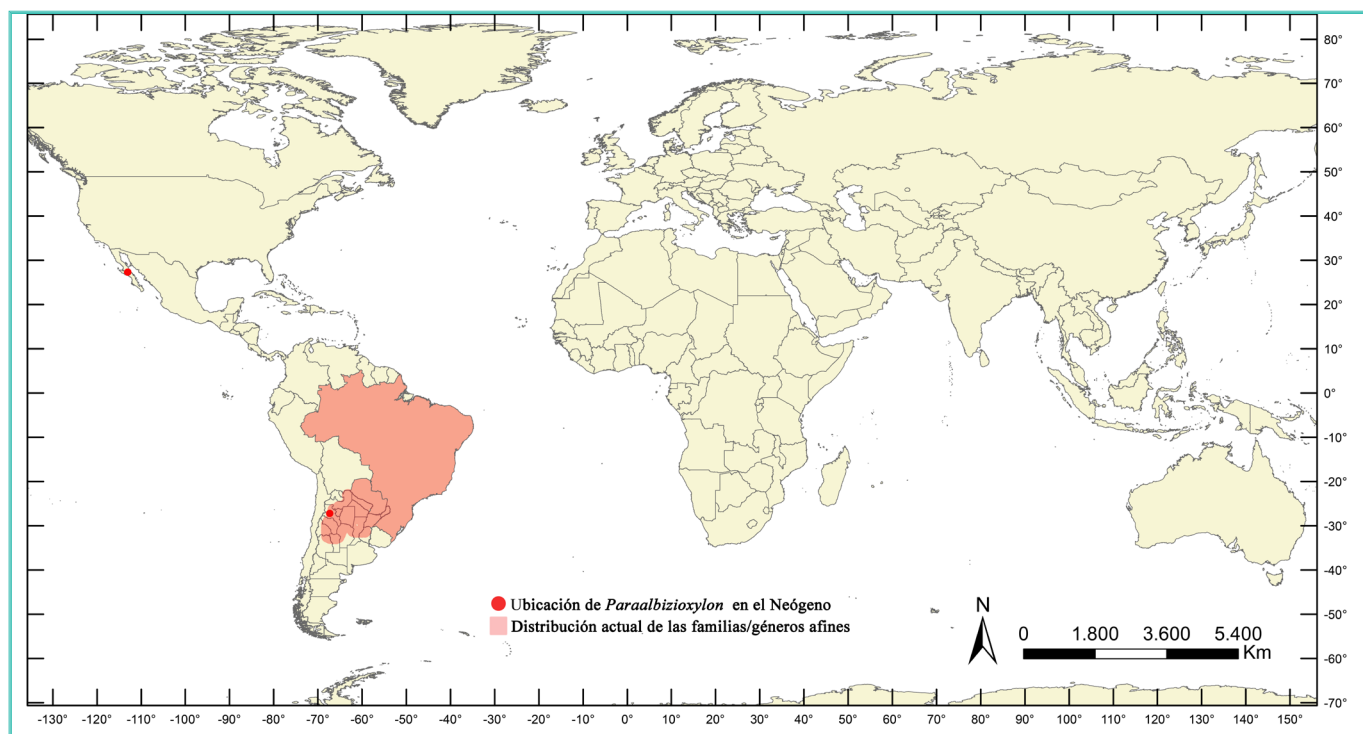
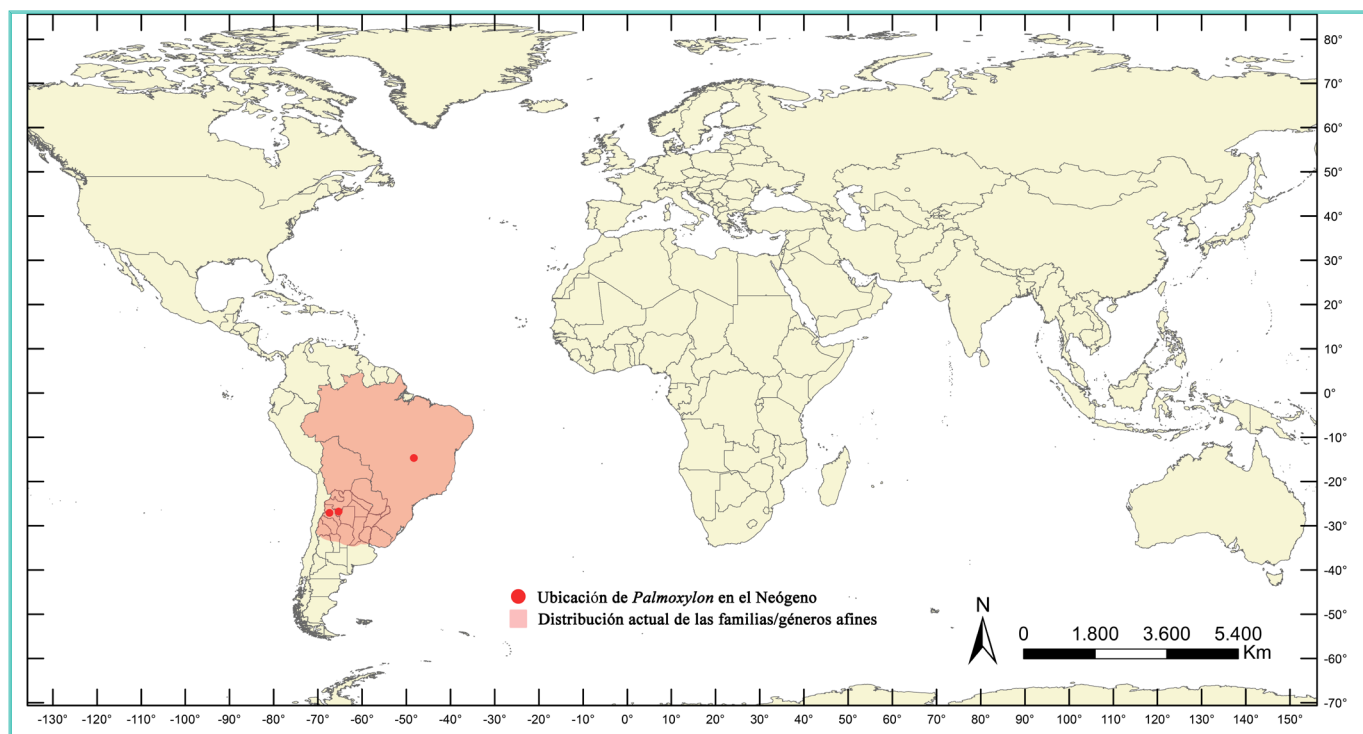
4. *Palmoxylon*, *Paraalbizioxylon*, *Gleditsioxylon*, *Mimosoxylon*, *Piptadenioxylon*, *Elaeocarpoxyton* y *Terminalioxylon* son géneros presentes en América.

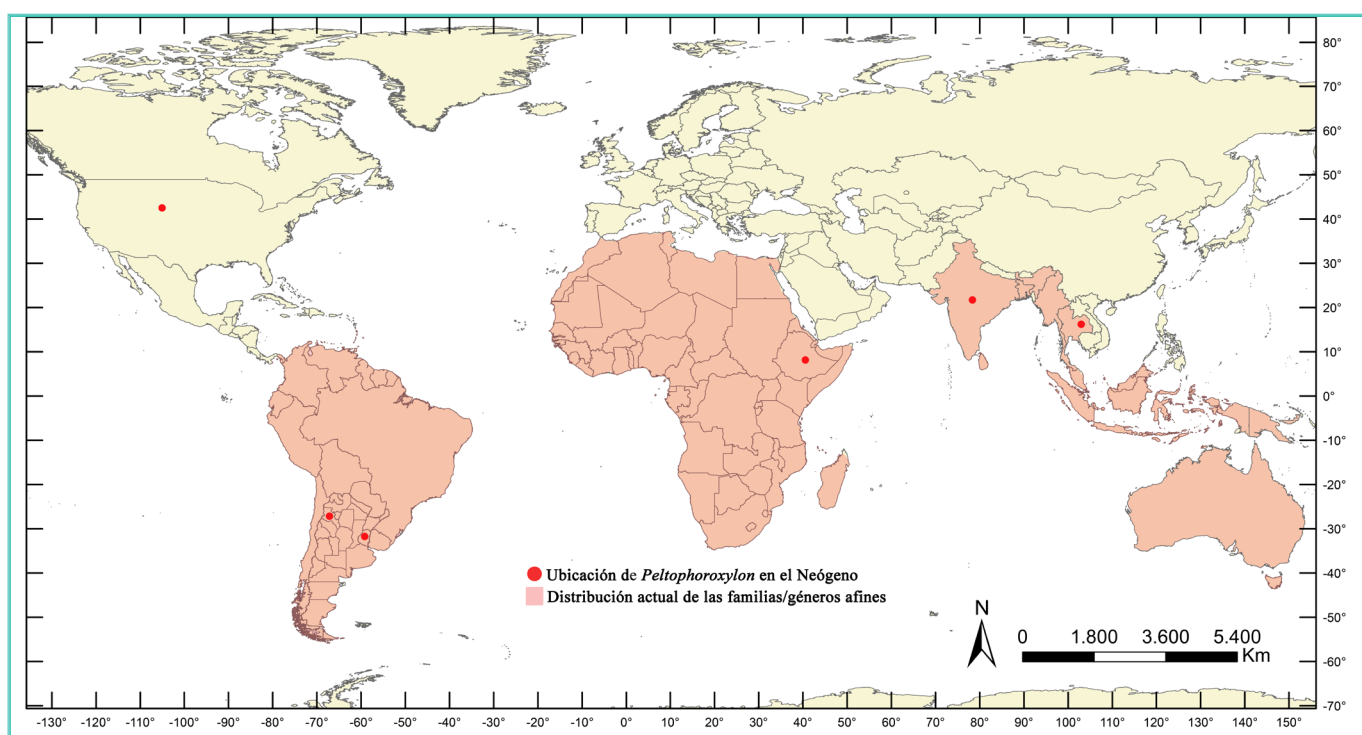
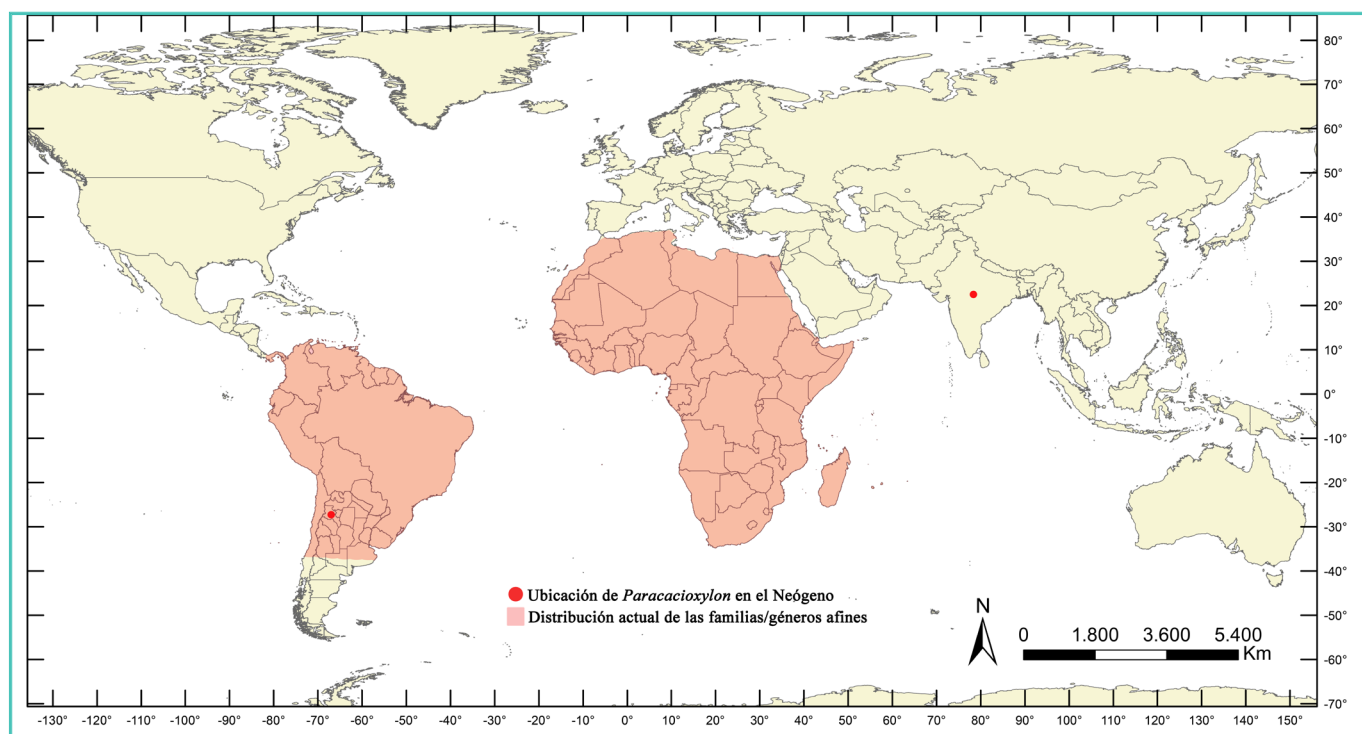


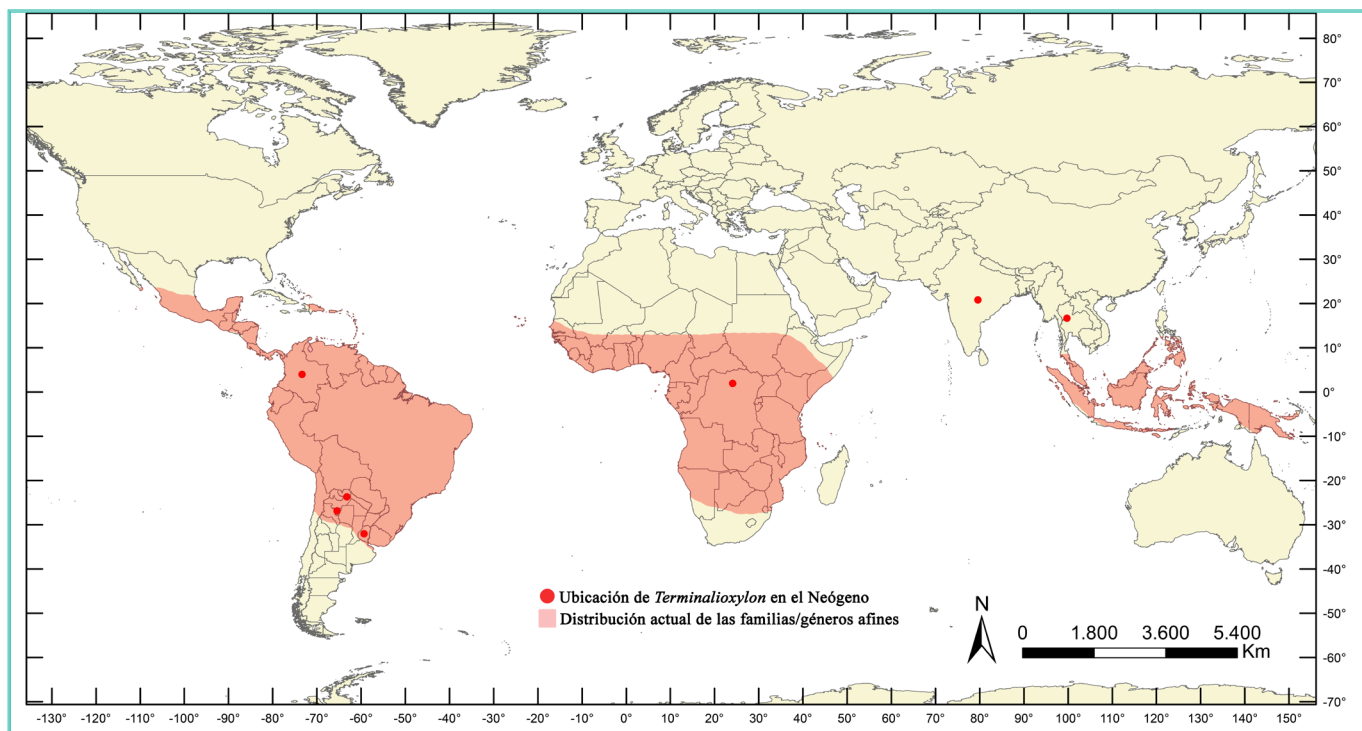
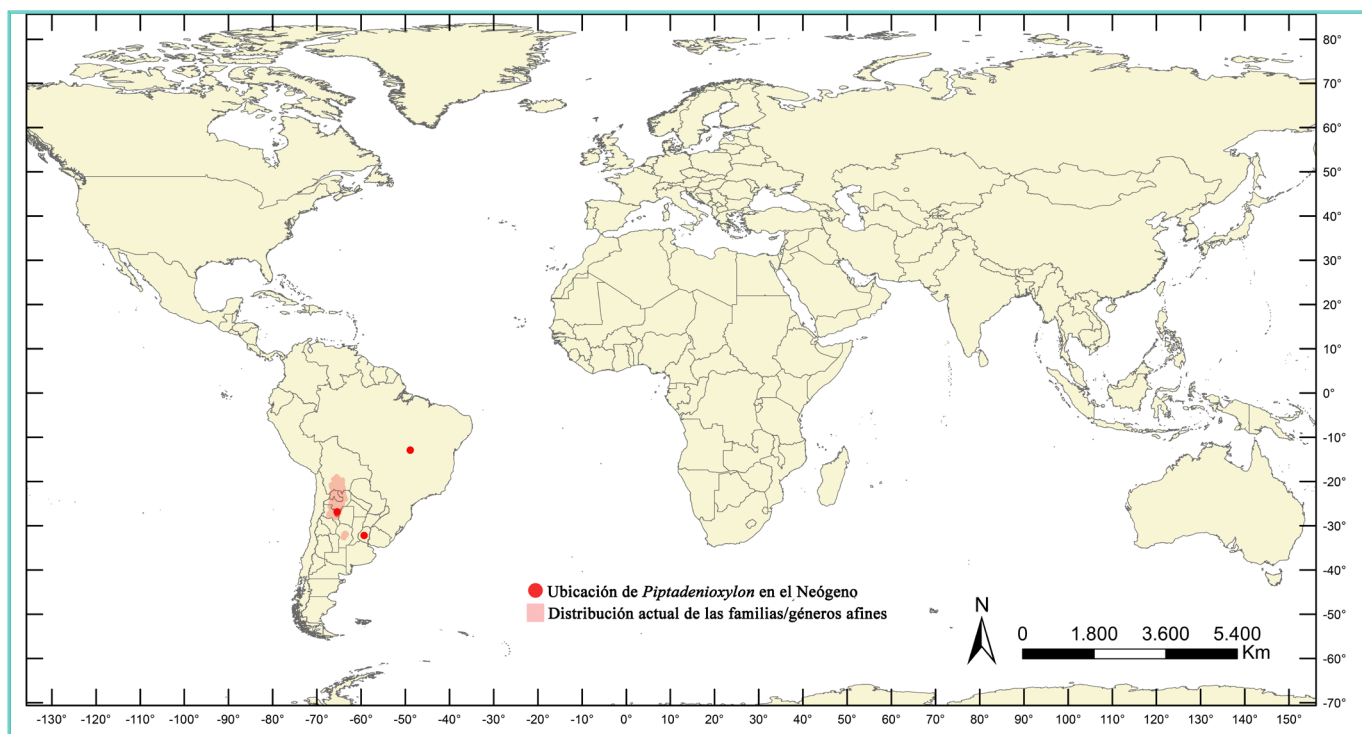












II. Consideraciones bioestratigráficas

Estos análisis facultaron la elaboración de algunas consideraciones bioestratigráficas.

- En el Mioceno tardío de la Formación Chiquimil, se identificó el registro más antiguo de maderas de Malvaceae de Argentina.
- Para este mismo periodo, pero en la Formación Tambería se halló *Gleditsioxylon fiambalense* (Leguminosae), constituyéndose en el primer registro paleontológico de esta unidad estratigráfica.
- En el Mioceno tardío de la Formación Palo Pintado se incrementó el registro paleo-florístico de esta secuencia ya que sólo se conocía un taxón de Ranunculales: *Ranunculodendron anzotegui* añadiéndose la presencia de *Piptadenioxylon chimeloi*.
- En el Mioceno medio de las formaciones San José y Vinchina: se encontraron los primeros leños de Bignoniaceae: *Nov. gen. et sp. 2* y *Nov. gen. et sp. 3*, respectivamente.
- Elementos exclusivos se reconocen en el Mioceno medio de la Formación San José con la presencia de *Nov. gen. et sp. 1* (Leguminosae).
- En la Formación Corral Quemado (Plioceno inferior-medio) se registró el primer hallazgo de maderas de Gymnospermae para estas xilotaofloras.

- **Biocrón de los géneros hallados** (Tabla 11)

Biocrones de los géneros hallados									
	Mesozoico		Cenozoico						
			Paleógeno			Neógeno		Cuaternario	
	Jurásico	Cretácico	Paleoceno	Eoceno	Oligoceno	Mioceno	Plioceno	Pleistoceno	Holoceno
<i>Circoporoxylon</i>									
<i>Palmoxyton</i>									
Nov. gen. 2									
Nov. gen. 3									
<i>Terminalioxylon</i>									
<i>Elaeocarpoxyton</i>									
<i>Gleditsioxylon</i>									
<i>Menendoxylon</i>									
<i>Mimosoxyton</i>									
<i>Paraalbizioxylon</i>									
<i>Paracacioxylon</i>									
<i>Peltophoroxylon</i>									
<i>Piptadenioxylon</i>									
Nov. gen. 1									
<i>Bastardioxylon</i>									

Tabla 11. Biocrones de los géneros hallados en este trabajo de tesis doctoral.

- Todos estos taxones identificados han estado presentes en el Mioceno.

- *Palmoxylon*, *Terminalioxylon*, *Menendoxylon*, *Peltophoroxylon* y *Piptadenioxylon* extienden su biocrón hasta el Pleistoceno.

- Por su parte, *Circoporoxylon*, *Palmoxylon*, *Elaeocarpoxylon* y *Paracacioxylon*, son los géneros con registro más antiguo.

- *Circoporoxylon* y *Palmoxylon* son los géneros de biocrón más amplio.

Con excepción de los taxones exclusivamente miocénicos las condiciones paleoecológicas del Mioceno a Plioceno favorecieron la presencia de todos los géneros conformando bosques higrófilos y xerófilos, en asociación con las comunidades vegetales palustres, confirmando que se habrían desarrollado en un clima cálido con marcada estacionalidad (Mautino, 2011; Kleinert & Strecker, 2014).

III. Consideraciones anatómicas y evolutivas de las xilotafofloras estudiadas

La Tabla 12 consigna los rasgos primitivos y derivados de los integrantes de las familias estudiadas según el criterio de Nishida (1987).

Especies					Caracteres anatómicos primitivos						Caracteres anatómicos derivados					
					Parénquima apotraqueal	Vasos largos (+ de 600 µm)	Radios heterogéneos	Punteaduras intervasculares escalariformes	Vasos solitarios (+ de 40%)	Placas de perforación escalariformes	Placas de perforación simples	Vasos múltiples radiales	Punteaduras intervasculares alternas u opuestas	Radios homogéneos u heterogéneos	Vasos cortos (- de 600 µm)	Parénquima paraatraqueal
Nov. gen. et sp. 2																
Nov. gen. et sp. 3																
<i>Terminalioxylon</i> nov. sp. 1																
<i>Terminalioxylon</i> nov. sp. 2																
<i>Elaeocarpoxylon sloaneoides</i>									+							
<i>Paraalbizioxylon cienense</i>									+							
<i>Gleditsioxylon</i> nov. sp. 1																
<i>Gleditsioxylon fiambalense</i>																
<i>Menendoxylon lutzi</i>									+							
<i>Menendoxylon vasallensis</i>									+							
<i>Mimosoxylon tenax</i>																
<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i>									+							
<i>Paracacioxylon odonelli</i>									+							
<i>Peltophoroxylon indicum</i>																
<i>Piptadenioxylon chimeloi</i>									+							
Nov. gen. et sp. 1																

+: presencia

El diagrama de barras y de torta visualizan el tipo de porosidad en las maderas determinadas (Gráfico 1 a, b). La tabla 13 muestra los tipos de vasos presentes en cada taxón.

Tipos de vasos				
Solitarios	Múltiples radiales cortos	Múltiples radiales de cuatro o más elementos	Múltiples tangenciales	Agrupados "Clusters"
<i>Paracacioxylon odonelli</i>	<i>Paracacioxylon odonelli</i>	<i>Gleditsioxylon nov. sp. 1</i>	<i>Paracacioxylon odonelli</i>	<i>Paracacioxylon odonelli</i>
<i>Paraalbizioxylon cienense</i>	<i>Paraalbizioxylon cienense</i>	<i>Paracacioxylon odonelli</i>	<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i>	<i>Paraalbizioxylon cienense</i>
<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i>	<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i>	<i>Piptadenioxylon chimeloi</i>	<i>Elaeocarpoxyton sloaneoides</i>	<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i>
<i>Gleditsioxylon nov. sp. 1</i>	<i>Gleditsioxylon nov. sp. 1</i>	<i>Menendoxyton vasallensis</i>		<i>Gleditsioxylon nov. sp. 1</i>
<i>Gleditsioxylon fiambalense</i>	<i>Gleditsioxylon fiambalense</i>	<i>Bastardioxylon antiqua</i>		<i>Gleditsioxylon fiambalense</i>
<i>Elaeocarpoxyton sloaneoides</i>	<i>Elaeocarpoxyton sloaneoides</i>	<i>Nov. gen. et sp. 1</i>		<i>Nov. gen. et sp. 2</i>
<i>Mimosoxyton tenax</i>	<i>Mimosoxyton tenax</i>	<i>Nov. gen. et sp. 2</i>		
<i>Piptadenioxylon chimeloi</i>	<i>Piptadenioxylon chimeloi</i>	<i>Terminalioxylon nov. sp. 1</i>		
<i>Menendoxyton vasallensis</i>	<i>Menendoxyton vasallensis</i>			
<i>Menendoxyton lutzi</i>	<i>Menendoxyton lutzi</i>			
<i>Bastardioxylon antiqua</i>	<i>Bastardioxylon antiqua</i>			
<i>Nov. gen. et sp. 3</i>	<i>Nov. gen. et sp. 3</i>			
<i>Nov. gen. et sp. 1</i>	<i>Nov. gen. et sp. 1</i>			
<i>Peltophoroxylon indicum</i>	<i>Peltophoroxylon indicum</i>			
<i>Nov. gen. et sp. 2</i>	<i>Nov. gen. et sp. 2</i>			
<i>Terminalioxylon nov. sp. 1</i>	<i>Terminalioxylon nov. sp. 1</i>			
<i>Terminalioxylon nov. sp. 2</i>	<i>Terminalioxylon nov. sp. 2</i>			

Tabla 13: Tipos de vasos en los diferentes géneros estudiados en esta Tesis Doctoral.

Índices de Vulnerabilidad (IV) y Mesomorfía (IM) de los taxones estudiados		
Especies	Vulnerabilidad	Mesomorfía
<i>Nov. gen. et sp. 2</i>	38,18	16.036,36
<i>Nov. gen. et sp. 3</i>	75	28.125
<i>Terminalioxylon nov. sp. 1</i>	51	26.010
<i>Terminalioxylon nov. sp. 2</i>	36,78	18.944,64
<i>Elaeocarpoxydon sloaneoides</i>	8,14	4641,42
<i>Paraalbizioxylon cienense</i>	52,14	38.061,2
<i>Gleditsioxylon nov. sp. 1</i>	38	24510
<i>Gleditsioxylon fiambalense</i>	9,18	1854
<i>Menendoxylon lutzi</i>	31,11	8711,11
<i>Menendoxylon vasallensis</i>	11,50	1804
<i>Mimosoxylon tenax</i>	71,33	76.333,66
<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i>	9,42	1.842
<i>Paracacioxylon odonelli</i>	78,57	86.427
<i>Peltophoroxylon indicum</i>	155	217.000
<i>Piptadenioxylon chimeloi</i>	30	18.000
<i>Nov. gen. et sp. 1</i>	14	1.848
<i>Bastardioxylon antiqua</i>	10	2000

Tabla 14: Índices de Vulnerabilidad (IV) y Mesomorfía (IM) de los taxones estudiados.

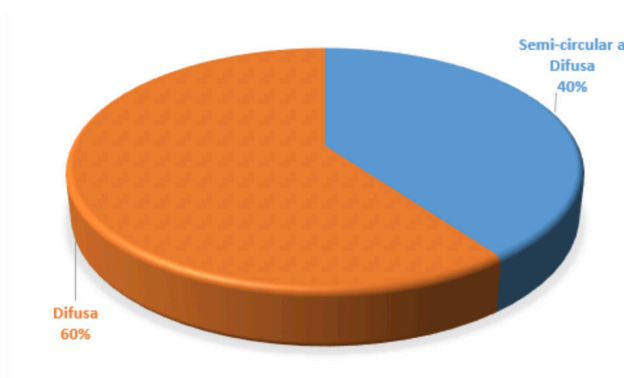


Gráfico 1a. Este gráfico de torta visualiza el tipo de porosidad en las maderas determinadas.

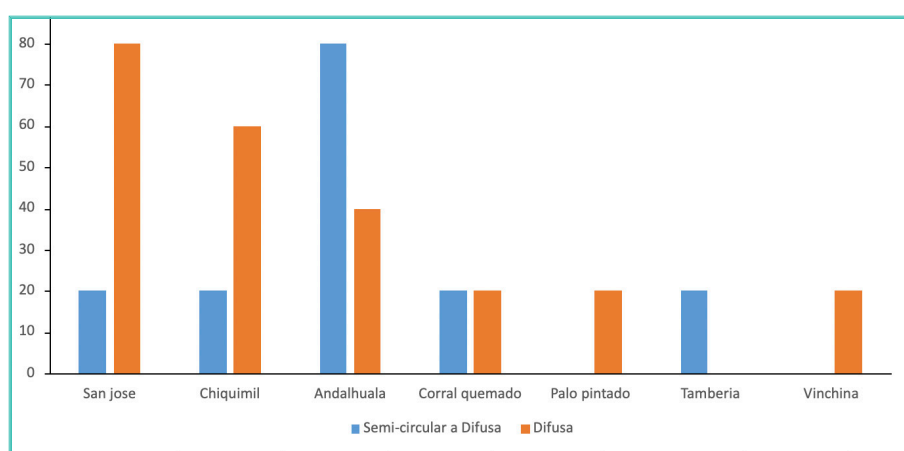


Gráfico 1b. Este diagrama de barras visualiza el tipo de porosidad en las maderas analizadas de las distintas formaciones .

Consideraciones sobre las xilotafofloras estudiadas

Los depósitos del Mioceno temprano y medio, poseen un importante desarrollo vertical y superficial y corresponden a una gran variedad de ambientes desde depósitos pedemontanos a marinos someros, con la consecuente variedad de temperatura y humedad imperantes de acuerdo al dominio exclusivo de uno u otro ambiente. Esto es atestiguado en parte por el contenido paleontológico que indica que existieron condiciones desde cálidas a templadas (Marengo *et al.* 2019).

El ascenso de la cordillera de los Andes favoreció la formación de ambientes de marcada aridez en el área andina. En cambio, hacia el este dominaron los ambientes de pradera y marino someros. En líneas generales, a lo largo de todo el Mioceno, se habría producido una disminución gradual de la temperatura en los ambientes continentales y marinos y un incremento de la aridez.

La mayoría de los ejemplares del Mio-Plioceno aquí tratados presentan escaso parénquima para-traqueal; ésto evidenciaría que vivieron en un clima subtropical a templado, a diferencia de los leños que poseen abundante parénquima apotraqueal difuso característicos de climas tropicales del Cretácico a Cenozoico temprano, de acuerdo a Wheeler & Lehman (2000) y Wheeler & Bass (1993).

IV. 1. Xilotaoflora de la Formación San José

En la Tabla 1, se muestra el contenido xilológico de esta formación y en el Cuadro 1 se presentan algunas consideraciones sobre esta unidad. La información relativa al paleoambiente y paleoclima (García & Herbst, 1997; Morton & Herbst, 2003; Mautino & Anzótegui, 2014; Robledo *et al.* 2017, entre otros) se ve también reflejada en los datos que aportan las maderas. La presencia de anillos de crecimiento distinguibles en la mayoría de los taxones presentes en esta formación sugiere estacionalidad climática anual marcada. Son especies mesomórficas y eficientes en el transporte de agua. A esto se suman rasgos como la porosidad difusa y las punteaduras intervasculares alternas en casi todas estas maderas, lo que indicaría que existen varias características anatómicas orientadas a lograr eficiencia en la conducción de agua.

El contenido xilológico de la Formación San José incluye especies citadas para otras formaciones del hemisferio sur, lo que permite establecer una relación entre las paleoxilofloras de India y Brasil (Tabla 8).

Cuadro 1. Formación San José

Formación San José	
Edad	Mioceno medio (Morton & Herbst, 2003). Ver Capítulo 2
Asociación megaflorística	Hojas de <i>Malvaciphyllum</i> , <i>Myrciophyllum</i> , etc (Anzótegui & Cristalli, 2000 y Anzótegui, 2002). Frutos: <i>Asterocharpus</i> , <i>Baccharis</i> , <i>Cyperocarpus</i> (Anzótegui & Herbst, 2004)
Paleoambiente	Unidad fluvio-lacustre con cuerpos de agua (lagos) y secciones palustres, rodeados de un bosque higrófilo y xerófilo (Anzótegui & Herbst, 2004)
Paleoclima	Estacionalidad climática sugerida por las estructuras sedimentarias presentes. Mayoría de leños con porosidad difusa pudiéndose interpretar esa disposición como una adaptación para optimizar el transporte de agua en periodos secos
Asociación de maderas	<i>Nov. gen. et sp. 1</i> , <i>Peltophoroxylon indicum</i> , <i>Nov. gen. et sp. 2.</i> , <i>Terminalioxylon nov. sp. 1</i> , <i>Terminalioxylon nov. sp. 2.</i> Leños mesofíticos.
Asociación microflorística	<i>Cordiapollenites</i> , <i>Euphortricolporites</i> y <i>Prosocolporites</i> entre otras (Mautino & Anzótegui, 2014)

IV. 2. Xilotaoflora de la Formación Chiquimil

Los datos de la paleoflora, la sedimentología y los aportados por las maderas estudiadas de esta formación han permitido la elaboración de consideraciones paleoambientales y paleoclimáticas referidas en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Formación Chiquimil

Formación Chiquimil	
Edad	Mioceno tardío (Garralla <i>et al.</i> 2012)
Asociación mega y microflorística	Comparable a la de la Formación San José (Ver cuadro 1). Presencia de <i>Gilmaniella</i> , <i>Brachysporium</i> y <i>Ramichloridium</i> (Ruiz <i>et al.</i> 2020). Configura una asociación higromesofítica a mesoxerofítica
Asociación de maderas	<i>Paraalbizioxylon caccavariae</i> , <i>Menendoxylon vasallensis</i> , <i>Menendoxylon lutzi</i> , <i>Bastardioxylon antiqua</i> , <i>Prosopisinoxylon anciborae</i> , <i>Palmoxylon romeroi</i>
Paleoambiente	Sistema fluvial entrelazado de baja a media sinuosidad con llanuras de inundación y cuerpos de agua asociados donde vivieron moluscos dulceacuícolas (Morton & Herbst 2003; Zamudio, 2015; Robledo, 2017).

Consideraciones paleoclimáticas y paleoambientales

Los ejemplares presentes en esta xilotaoflora se caracterizan por tener rasgos considerados primitivos en opinión de Nishida (1987): vasos mayoritariamente solitarios y parénquima apotraqueal, consecuente con la primera característica mencionada muestran porosidad difusa que se interpreta como una adaptación de los individuos forestales para optimizar el transporte de agua y fotosintatos.

Paralelamente las temporadas de lluvias y humedad favorecieron el desarrollo de los ejemplares de *Palmoxylon* que crecieron en esta unidad, con ausencia de temperaturas bajas y en la suprayacente Formación Andalhuala.

IV. 3. Xilotaoflora de la Formación Andalhuala

Todos los ejemplares de maderas fósiles de la Formación Andalhuala tienen anillos de crecimiento marcados, con un desarrollo considerable del leño temprano con respecto al tardío, lo que refleja períodos climáticos favorables en temperatura y humedad para el crecimiento de la planta.

Cuadro 3: Formación Andalhuala.

Formación Andalhuala	
Edad	Plioceno inferior (Anzótegui <i>et al.</i> 2007). Ver Capítulo 2
Asociación megaflorística	Hojas de <i>Prosopis</i> , <i>Eriosemapliocenica</i> y <i>Macroptilium</i> . Vegetales xerofíticos, herbáceos y arbóreos (Anzótegui <i>et al.</i> 2007; Morton <i>et al.</i> 2011)
Paleoambiente	Sistema fluvial entrelazado de marcada energía y cuerpos de agua asociados (Herbst, 2016)
Paleoclima	Estacionalmente seco y húmedo con temperatura media de 20 a 25°C (Kleinert & Strecker, 2001). Condiciones reafirmadas por la paleoflora (Anzótegui <i>et al.</i> 2007)
Asociación de maderas	<i>Paracacioxylon odonelli</i> , <i>Paraalbizioxylon cienense</i> , <i>Paraalbizioxylon caccavariae</i> , <i>Gleditsioxylon nov. sp. 1</i> , <i>Gleditsioxylon fiambalense</i> , <i>Elaeocarpoxydon sloaneoides</i> , <i>Palmoxylon romeroi</i>
Mega fauna	Caracteriza a esta Formación. Glyptodontidae, Dasypodidae (Esteban <i>et al.</i> 1997; Núñez Blasco <i>et al.</i> 2021), Phorusrhacidae (Nassif <i>et al.</i> 2009)

IV. 4. Xilotaoflora de la Formación Corral Quemado.

Cuadro 4: Formación Corral Quemado.

Formación Corral Quemado	
Edad	Mio-Plioceno (Bonini, 2014), Plioceno inferior/medio (Marshall <i>et al.</i> 1979; Bossi, 1984)
Asociación de madera	<i>Circoporoxylon krauselli</i> , <i>Paracacioxylon odonelli</i> , <i>Mimosoxylon tenax</i>
Paleoambiente	Facies de abanico aluvial medio, contruidos por flujos fluidos catastróficos. Dunas eólicas en los bordes distales del abanico (Bonini, 2014)
Paleoclima	Árido, más frío que el actual (Bonini, 2014) Anillos de crecimiento distinguibles que reflejan condiciones favorables durante la estación de crecimiento en virtud del ancho promedio de los mismos. En <i>Circoporoxylon</i> : anillos tipo E (Creber & Chaloner, 1984; visto en Brisson <i>et al.</i> 2001)
Mega fauna	<i>Glyptodontidae</i> , <i>Toxodontidae</i> (Bonini, 2014)

Consideraciones paleoclimáticas

La información litológica y sedimentológica (Marengo *et al.* 2019), puede asociarse con una lenta disminución de la humedad ambiental, ocasionada con una instauración de cierta estacionalidad climática, intermedia entre una fase árida y otra húmeda.

En lo que se refiere a la representatividad del leño temprano con respecto al tardío, el diámetro de los elementos celulares, el grosor de sus paredes y la medida de los anillos de crecimiento de estos leños evidencian períodos climáticos favorables al crecimiento de la planta durante este lapso, lo que permitiría descartar condiciones xeromórficas.

No habría posibilidad de ocurrencia de períodos fríos muy prolongados o suficientemente intensos, dado que no se observan registros de congelamiento o anillos con evidencias criogénicas “frost-rings” (Bailey, 1925; Villalva y Roig, Jr., 1986) ya que las traqueidas de *Circoporoxylon* no son anormales, no hay células parenquimáticas ni las células radiales son ensanchadas en el xilema secundario.

IV. 5. Xilotaoflora de la Formación Palo Pintado

De esta Formación se coleccionaron ejemplares de *Piptadenioxylon* de la misma localidad catalogando los ejemplares mal preservados en un número de lote aparte. Otras características de esta xilotaoflora pueden observarse en el Cuadro correspondiente.

Cuadro 5: Formación Palo Pintado.

Formación Palo Pintado	
Edad	Mioceno superior (Robledo <i>et al.</i> 2021)
Asociación paleoflorística	Improntas foliares de <i>Lycopodiella</i> , <i>Equisetum</i> , <i>Mayaca</i> , <i>Cabomba</i> , <i>Sapium</i> , <i>Cedrela</i> y <i>Malvaciphyllum</i> (Anzótegui & Horn, 2007). Frutos de Alismataceae (Robledo <i>et al.</i> 2021). Esporas y granos de polen de Onagraceae y Haloragaceae (Cuadrado & Anzótegui, 1992), Alismataceae (Mautino <i>et al.</i> 2021). Bosque higrófilo
Paleoambiente	Sistemas fluviales con depósitos desarrollados dentro del canal y de <i>overbank</i> . Llanuras inundables. Sub-ambiente palustre (Galli <i>et al.</i> 2011)
Paleoclima	Templado húmedo con estaciones secas
Asociación de maderas	<i>Ranunculodendron anzoteguii</i> , <i>Piptadenioxylon chimeloi</i>

Pipatadenioxylon chimeloi muestra fibras que simulan un anillo que puede ser interpretado como producto de un evento de perturbación del ambiente relacionado con sequías o inundaciones; sin embargo, la presencia de sustancias fenólicas en el interior de los vasos indicaría que estas maderas vivieron en ambientes húmedos ya que es una adaptación de la planta para prevenir los ataques de hongos.

Por otra parte, el otro taxón identificado, *Ranunculodendron* posee radios medulares altos y heterocelulares considerado un rasgo primitivo.

La presencia de *Piptadenioxylon chimeloi* en esta unidad estratigráfica reviste particular importancia ya que implica la ampliación de su distribución geográfica. Fue registrado en las Formaciones Solimões (Brasil) y en El Palmar (Entre Ríos). Por otra parte, corrobora la información paleoclimática que refiere un clima sub-tropical con ambientes húmedos para esta Formación, en virtud que sus representantes actuales son frecuentes en regiones tropicales.

IV. 6. Xilotaoflora de la Formación Tambería

De esta Formación se coleccionaron ejemplares de la misma localidad catalogando los ejemplares mal preservados en un número de lote aparte. Otras características de esta xilotaoflora pueden observarse en el Cuadro correspondiente.

Cuadro 6: Formación Tambería.

Formación Palo Pintado	
Edad	Mioceno (Deri <i>et al.</i> 2019)
Asociación de maderas	Primer registro paleontológico. <i>Gleditsioxylon fiambalense</i> . Leño mesofítico.
Paleoambiente	Sistema fluvial de baja sinuosidad con canales multiepisódicos y dunas eólicas.
Paleoclima	Subtropical con estación seca.

Consideraciones paleoambientales

Gleditsia Clayton en Linneo (1753) tiene un representante en América del Sur, *Gleditista amorphoides* (Griseb) Taub. Es heliófita e higrófila; habita en sitios húmedos formando parte del estrato intermedio de la selva.

La existencia en el Mioceno de *Gleditsioxylon*, es un indicador del cambio climático y ecológico que se ha producido en el Bolsón de Fiambalá. Esta región hoy semiárida a árida, está caracterizada por las

fluctuaciones de temperatura entre el verano y el invierno. Sin embargo, al momento del depósito de los sedimentos portadores de estos leños, el clima favoreció el desarrollo de una vegetación mesofítica, testimoniado por los valores de los IV y del IM (Carlquist, 1988) coincidiendo con especies que crecen en ambientes con precipitaciones suficientes.

El registro de *Gleditsioxylon* en esta formación contempla un origen sudamericano del género *Gleditsia*, acorde a la propuesta de Martínez & Rodríguez-Brizuela (2011), ya que es en este sector donde habita la especie más basal, *Gleditsia amorphoides*.

La concurrencia de la porosidad semicircular con tendencia a difusa y el parénquima apotraqueal difuso son caracteres que no se han señalado en otras especies registradas de *Gleditsioxylon* indicando una variación en la evolución de la estructura del leño. El tipo de porosidad señalado es acorde al régimen de humedad imperante en ese intervalo geológico (Moglia & Gimenez, 1998).

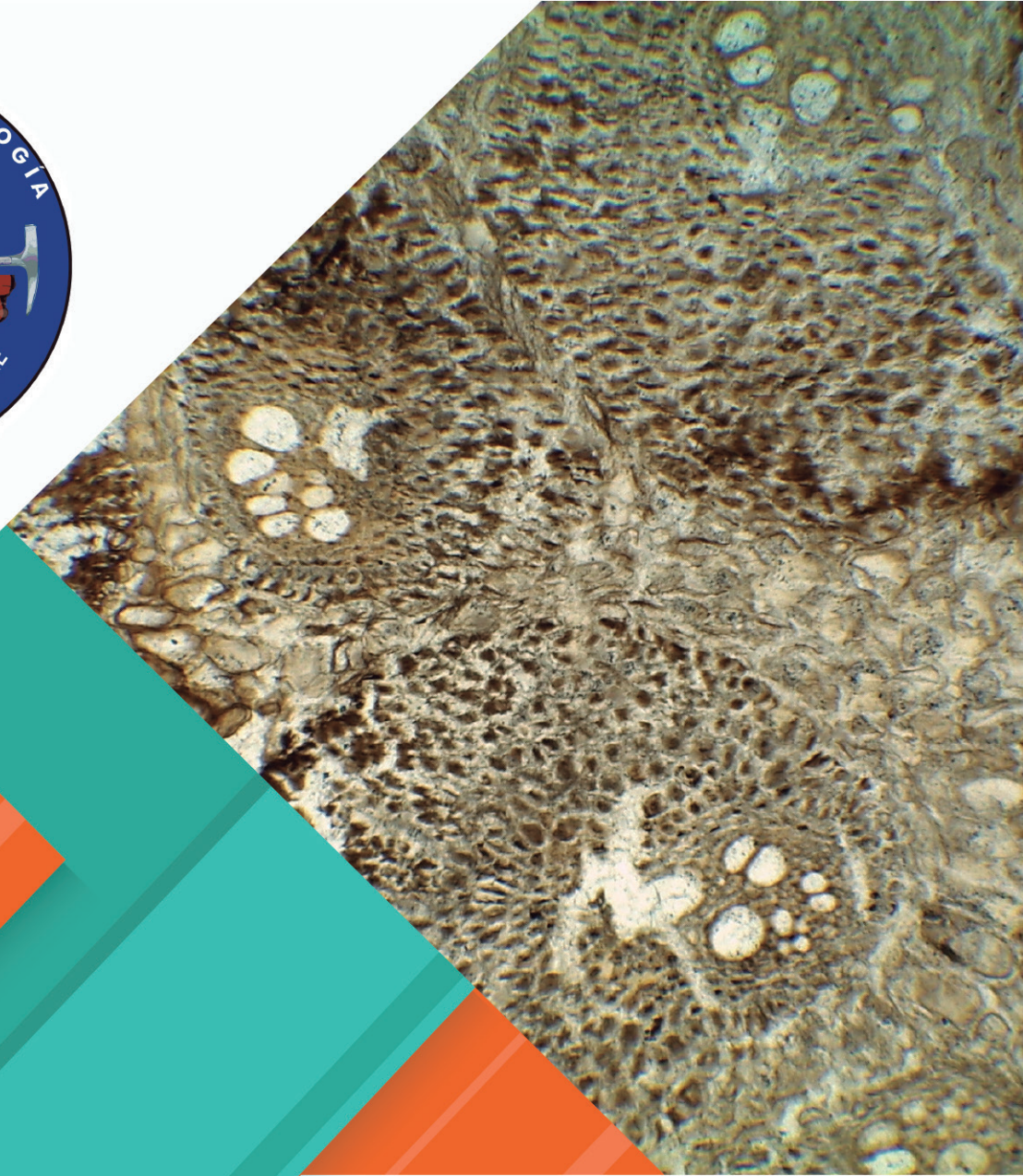
IV. 7. Xilotaoflora de la Formación Vinchinaria

Este taxón pertenece a las Bignoniaceae y como se menciona en el capítulo 4 se caracteriza por presentar radios estratificados, un rasgo derivado dentro de esta familia.

Su representante actual: *Jacaranda copaia* que habita América Central y oeste de América del Sur se adapta a diferentes condiciones ambientales siendo un individuo forestal ideal para recuperar ecosistemas degradados.

Cuadro 7: Formación Vinchina

Formación Vinchina	
Edad	Oligoceno-Mioceno temprano (Ciccioli <i>et al.</i> 2010)
Megafauna	Roedores, ungulados, perezosos y aves.
Paleoambiente	Sistemas fluviales arenopéliticos y arenoconglomerádicos (Ciccioli <i>et al.</i> 2010)
Paleoclima	Semiárido (Ciccioli <i>et al.</i> 2010)
Asociación de maderas	<i>Nov. gen. et sp. 3</i>



CAPITULO 6

Conclusiones

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

Este trabajo posibilitó arribar a las siguientes consideraciones:

1) Se determinaron sistemáticamente los leños provenientes de las formaciones estudiadas analizándose las asociaciones xilotafoflorísticas de cada una.

A continuación se mencionan las familias reconocidas en cada unidad ordenadas de mayor a menor antigüedad.

– **Oligoceno-Mioceno temprano**

► Formación Vinchina (Cuenca de Vinchina): maderas de la familia Bignoniaceae.

– **Mioceno medio**

► Formación San José (Grupo Santa María): maderas de las familias Leguminosae, Bignoniaceae y Combretaceae.

– **Mioceno superior - tardío**

► Formación Palo Pintado (Grupo Payogastilla): maderas de la familia Leguminosae.

► Formación Tambería (Cuenca de Fiambalá): maderas de la familia Leguminosae.

► Formación Chiquimil (Grupo Santa María): maderas de las familias Leguminosae y Malvaceae.

– **Plioceno inferior**

► Formación Andalhuala (Grupo Santa María): maderas de las familias: Arecaceae, Leguminosae y Eleocarpaceae.

– **Plioceno inferior - medio**

► Formación Corral Quemado (Grupo Santa María): maderas de las familias Leguminosae y Podocarpaceae.

2) En la Formación Las Arcas, del Grupo Santa María, no se hallaron maderas fósiles.

Algunas de las colectadas en la Formación Palo Pintado y las de San Felipe (ambas del Grupo Pa-

yogastilla) y las de Toro Negro (Cuenca de Vinchina) no pudieron determinarse debido a la preservación deficiente.

3) Se amplió así el espectro botánico conocido para el Neógeno del noroeste argentino con 18 taxones, de los cuales 4 son géneros nuevos y 5 especies nuevas para la ciencia.

– Las especies más citadas en todas las formaciones son *Menendoxylon vasallensis* Lutz y *Paraalbizioxylon caccavariae* Martínez.

– Las asociaciones más heterogéneas por su diversidad taxonómica son las procedentes de las formaciones San José, Chiquimil y Andalhuala.

– Hasta la fecha no se han registrado en la literatura contribuciones referidas a plantas y animales fósiles en la Formación Tambería, es por ello que merece destacarse que con el hallazgo de *Gleditsioxylon fiambalense* Baez se da el primer registro paleontológico para esta Formación.

– Es importante señalar que en la Formación Corral Quemado se halló el primer leño de Gymnospermae asignado a las Podocarpaceae.

– Esta tesis aporta los primeros datos xilológicos para las siguientes unidades estratigráficas estudiadas: Andalhuala, Corral Quemado, Vinchina y Tambería.

– Las formaciones analizadas comparten taxones con otras coetáneas de Argentina (Corrientes, Entre Ríos y Santiago del Estero), Brasil y Colombia.

4) Desde el punto de vista paleofitogeográfico los géneros hallados se distribuyen en el Neógeno de otras formaciones de América, principalmente EE.UU., Méjico, Brasil y Colombia y en lignofloras de Alemania, Ucrania, SE de Asia, India y África.

5) Todos los géneros analizados coexistieron durante el Mioceno; los de biocrón más extendido son *Circoporoxylon* (Jurásico-Plioceno) y *Palmoxylon* (Cretácico-Pleistoceno).

6) Los bosques actuales representados por *Trithrinax*, *Zombia*, *Peltophorum*, *Acacia*, *Gleditsia*, *Albizia*, *Piptadenia*, *Mimosa*, *Bastardiopsis*, *Jacaranda*, *Terminalia*, *Tabebuia*, entre otros, tuvieron sus primeros representantes afines ya desde el Mioceno, como se corrobora en este trabajo.

7) Se analizaron aspectos evolutivos referidos a la anatomía, infiriéndose que se trataban de xilofloras con caracteres derivados como placas de perforación simples, punteaduras alternas, elementos de

vasos cortos, parénquima paratraqueal vasicéntrico y sin estratificación de los radios, a excepción de los ejemplares de Bignoniaceae. Estas características no se encuentran en las maderas más antiguas de los bosques del Cretácico y Terciario temprano donde lo más común eran vasos predominantemente solitarios, placas de perforación escalariformes, radios altos y anchos, punteaduras escalariformes opuestas, abundancia de parénquima apotraqueal difuso en agregados que pudieron actuar como una respuesta eficaz frente a las heridas (Wheeler & Lehman, 2000).

8) Desde el punto de vista paleoecológico se evidencia una interacción planta-animal en virtud de la probable presencia de coprolitos y elementos fúngicos en el xilema de los leños de Cerro Pampa y Palo Pintado; se crea una situación beneficiosa porque la presencia de filamentos fúngicos degradan la celulosa lo que ayuda a mejorar la digestión de la misma por los barrenadores; a su vez, se mejora la fijación de nitrógeno del leño. Un dato de interés es que en la médula y los vasos de las maderas de la Formación Chiquimil se dio el registro más antiguo de estos artrópodos en los leños del Mioceno tardío.

9) Los índices de vulnerabilidad y mesomorfía obtenidos indican que los especímenes fósiles analizados son mesomórficos, vulnerables a la cavitación y eficientes en el transporte de agua, con una buena adaptabilidad del leño a la humedad, sobre todo para los ecosistemas húmedos estacionalmente secos, por ejemplo, los leños de la localidad de Cerro Pampa. Los resultados obtenidos aquí pueden ser útiles para indicar si las plantas actuales de estos taxones podrían tener éxito en estos ambientes.

10) La información relativa al paleoambiente y paleoclima aportada por la sedimentología y el registro paleontológico de estas formaciones se ve también corroborada por los caracteres que muestran estas maderas. La misma sugiere un clima cálido y húmedo con lluvias estacionales sin cambios climáticos marcados.

Estas consideraciones finales contemplan todos los objetivos fijados para este trabajo de tesis y permiten verificar la hipótesis propuesta referida a que las xilofloras neógenas del noroeste argentino están compuestas por diversos grupos de angiospermas (eudicotiledóneas y monocotiledóneas) y gimnospermas.



CAPITULO 7

Bibliografía

CAPÍTULO 7

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, T. L., Anzótegui, L. M., Mautino, L. R., 1998. Análisis palinológico preliminar de la Formación Palo Pintado (Mioceno superior), en Quebrada del Estanque, Salta, Argentina, en *Comunicaciones Científicas y Técnicas de la Universidad Nacional del Nordeste*, Resistencia, Argentina. Resúmenes expandidos, 3, 143–146.
- Acevedo, T. L., Mautino, L. R., Anzótegui, L. M., Cuadrado, G. A., 1997. Estudio palinológico de la Formación Palo Pintado (Mioceno superior), Provincia de Salta, Argentina. Parte II: Esporas: *Geociencias*, 2, 112–120.
- Alcalde Olivares, C., 2012. *Estudio de la macroflora en yacimientos del Neógeno y Pleistoceno inferior del noroeste peninsular: significación paleoclimática* (Doctoral dissertation, Montes).
- Allen, S. E., 2017. Reconstructing the local vegetation and seasonality of the Lower Eocene Blue Rim site of southwestern Wyoming using fossil wood. *International Journal of Plant Sciences*, 178 (9), 689–714.
- Ancibor, E., 1995. Palmeras fósiles del Cretácico Tardío de la Patagonia Argentina (Bajo de Santa Rosa, Río Negro). [Véase Anónimo, 1996. Errata. 33 (1): 111]. *Ameghiniana*, 32 (3), 287–299.
- Anzótegui, L. M., 1997. Análisis preliminar de la Paleoflora de la Formación San José (Neógeno) del Valle de Santa María (Tucumán) Argentina. *Geociencias Resumen*, 2, 238.
- Anzótegui, L. M., 1998. Hojas de angiospermas de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, Salta, Argentina. Parte I: Anacardiaceae, Lauraceae, Moraceae. *Ameghiniana*, 35, 25–32.
- Anzótegui, L. M., 2001. Bulnesia (Zygophyllaceae) en la Formación San José (Mioceno Medio), provincia de Tucumán, Argentina. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*, 36, 136.
- Anzótegui, L. M., 2002. Hojas de Myrtaceae en la Formación San José (Mioceno medio) Provincia de Tucumán, Argentina. *Ameghiniana*, 39 (3), 321–330.
- Anzótegui, L. M., 2004. Megaflore de la Formación Chiquimil, (Mioceno Superior), en los valles de Santa María y Villavil, provincias de Catamarca y Tucumán, Argentina. *Ameghiniana*, 41 (3), 303–314.
- Anzótegui, L. M., 2006. [*Paleoflora del Mioceno en los valles Calchaquíes, noroeste de Argentina*]. Tesis Doctoral,

Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura: 266p.

- Anzótegui, L. M. & Cuadrado, G., 1996. Palinología de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, Provincia de Salta, República Argentina. Parte I: *Taxones nuevos*. *Revista Española de Micropaleontología*, 28 (3), 77–92.
- Anzótegui, L. M. & Cristalli, P., 2000. Primer registro de hojas de Malvaceae en el Neógeno de Argentina y Brasil. *Ameghiniana*, 37 (2), 169–180.
- Anzótegui, L. M. & Ferraro, L. I., 2000. Líquenes folícolas en la Formación San José (Mioceno Medio) Tucumán, Argentina. *Geociencias*, 5, 256.
- Anzótegui, L. M. & Herbst, R., 2004. Megaflora (hojas y frutos) de la Formación San José (Mioceno Medio) en río Seco, departamento Santa María, provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana*, 41 (3), 423–436.
- Anzótegui, L. M., Horn, Y. & Herbst, R., 2007. Paleoflora (Fabaceae y Anacardiaceae) de la Formación Andalhuala (Plioceno Inferior), provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana*, 44 (3), 525–535.
- Anzótegui, L. M. & Horn, Y. M., 2011. Megaflora de la Formación Palo Pintado (Mioceno superior) Salta, Argentina. Parte II. *Revista Brasileira de Paleontología*, 14 (3), 239–254.
- Anzótegui, L. M. & Lutz, A. L., 1988. Paleocomunidades vegetales del Terciario superior (Formación Ituzaingó) de la Mesopotamia Argentina. *Revista Asociación Ciencias Naturales Litoral*, 18 (2), 105–228.
- Anzótegui, L. M., Mautino, L. R., Horn, M. Y., Garralla, S. S., Robledo, J. M., Nasif, N., ... & Georgieff, S., 2019. Paleovegetación del Mioceno tardío del Noroeste de Argentina. *Opera Lilloana*, 52, 109–130.
- Anzótegui, L. M. & Morton, L. S. 2000. Capítulos de Asteraceae en la flora de la Formación San José (Mioceno medio), Tucumán, Argentina. Reunión anual de Comunicaciones de la APA. Mar del Plata. *Ameghiniana*, 37 (4).
- Archangelsky, S., 1960. Estudio anatómico de 2 especies del género “*Abietopitys*” Kräusel, procedentes de la serie Nueva Lubecka Prov. Chubut, Argentina. *Acta Geológica Lilloana* III, 331–338.
- Archangelsky, S., 1970. *Fundamentos de Paleobotánica*- Serie Técnica y Didáctica del Museo de La Plata N.º 11. Buenos Aires.

- Arguijo, M. H., 1978. *Palmoxylon bororoense* n. sp. de la Formación Cerro Bororó (Paleoceno), provincia de Chubut, Argentina. *Physis* 38, 87–96.
- Arguijo, M. H. 1981. *Palmoxylon vaterum*, n. sp. del Paleoceno (Daniano) de la provincia de Chubut, Argentina. *Physis* 39, 49–59.
- Arcucci, A. B., Tambussi, C. T., Pardiñas, U. F. J. & Petrulevicius, J. F., 1999. Nuevos registros de vertebrados en el Terciario superior del noroeste de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana*, 36 (1), 95–96.
- Artabe, A. E., Ganuza, D. G., Spalletti, L. A., Zuñiga, A. & Morel, E. M., 2005. Revisión de la paleoflora del cerro La Brea (Jurásico Temprano), provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*, 42 (2), 429–442.
- Avice, J. & Johns, G., 1999. Proposal for a standardized temporal scheme of biological classification for extant species. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.* 96, 7358–7363.
- Artabe, A. E., Morel, E. M., Spalletti, L. A. & Brea, M., 1998. Paleoambientes sedimentarios y paleoflora asociada en el Triásico tardío de Malargüe, Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53 (4), 526–548.
- Artabe, A. E. & Stevenson, D. W., 1999. Fossil Cycadales of Argentina. *The Botanical Review*, 65 (3), 219–238.
- Artabe, A. E., Zamuner, A. B. & Stevenson, D. W., 2004. Two new petrified cycad stems, *Brunoa* gen. nov. and *Worsdellia* gen. nov., from the Cretaceous of Patagonia (Bajo de Santa Rosa, Río Negro Province), Argentina. *The Botanical Review*, 70 (2), 121–133.
- Baas, P., Werker, E. & Fahn, A., 1983. Some ecological trends in vessel characters. *Iawa Journal*, 4 (2-3), 141–159.
- Baas, P., Ewers, F. W., Davis, S. D. & Wheeler, E. A., 2004. Evolution of xylem physiology. En: Hemsley, A. R. y Poole, I. (Eds.), *The evolution of plant physiology, Linnean Society Symposium Series* 21, 273–295. Linnean Society of London, Elsevier Academic Press, Londres.
- Baez, J., 2021. First fossil record in Tamberia Formation (Neogene) in Bolsón de Fiambalá, Catamarca province, Argentina: palaeoenvironmental inferences through Leguminosae woods. *Journal of South American Earth Sciences*, DOI: 10.1016/j.jsames.2021.103403.
- Baez, J., Crisafulli, A., Martinez, R. M. & Mautino, L., 2019a. Consideraciones sobre las xilotafloras y palinofloras neógenas del Norte argentino y comparaciones con otras coetáneas de Sudamérica. 2019. *V Simposio*

- del Mioceno - Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina* 139. San Salvador de Jujuy, octubre 2–4.
- Baez, J., Crisafulli, A., Martinez, R. M. & Mautino, L., 2019b. Avances en el conocimiento de la xilotafoflora neógena del noroeste argentino. *Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina* 83. La Plata, noviembre 27–29.
- Baez, J. & Crisafulli, A., 2021. Novelties in the xylotaphoflora from Chiquimil Formation (Miocene), Catamarca-Arentina. *Journal of South American Earth Sciences*, DOI: 10.1016/j.jsames.2020.102943.
- Baez, J., Crisafulli, A. & Martinez, R. M., 2021. Nuevos hallazgos de *Gleditsioxylon* en las sedimentitas neógenas del noroeste argentino. *XII Congreso de la Asociación Paleontológica Argentina*. Virtual. Noviembre 23–26.
- Baez, J., Crisafulli, A. & Martinez, R. M., 2021. Novedades en la xilotafoflora de la Formación San José (Neógeno) de Tiu Punco, Tucumán, Argentina. *VI Simposio del Mioceno-Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina*. Buenos Aires. 30 de noviembre al 3 de diciembre.
- Baez, J., Crisafulli, A., Moyano, S. & Herbst, R., 2018. Maderas neógenas de Cerro Pampa, Catamarca, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 20 (2), 197–204.
- Bailey I. W., 1924. The problem of identifying the wood of Cretaceous and later dicotyledons. *Paraphyllanthoxylon arizonense*. *Annals of Botany* 38, 439–45.
- Bailey, I. W., 1925. The “spruce budworm” biocoenose. I Frost rings as indicators of the chronology of specific biological events. *Botanical Gazette*, 80, 93–101.
- Bailey, I. W. & Tupper, W. W., 1918. Size variation in tracheary cells: I. A comparison between the secondary xylems of vascular cryptogams, gymnosperms and angiosperms. *In Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* (54, 149–204).
- Bamford, M. K. & Philippe, M. 2001. Jurassic–Early Cretaceous Gondwanan homoxylous woods: a nomenclatural revision of the genera with taxonomic notes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 113(4), 287–297.
- Bande, M. B. & Prakash, U., 1980. Fossil woods from the Tertiary of West Bengal, India. *Geophytology* 10, 146–157.
- Barreda, V., Anzótegui, L. M., Prieto, A. R., Aceñolaza, P., Bianchi, M. M., Borrromei, A. M., Brea, M., Caccavari,

- M., Cuadrado, G. A., Garralla, S., Grill, S., Guerstein, R. G., Lutz, A. I., Mancini, V. M., Mautino, L. R., Ottone, E. G., Quattrocchio, M. E., Romero, E. J., Zamaloa, M. C. & Zucol, A., 2007. Diversificación y cambios de las angiospermas durante el Neógeno en Argentina. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 11 (1).
- Berggren, W. A., Hilgen, F. J., Langereis, C. G., Kent, D. V. Obradovich, J. D., Raffi, I., Raymo, M. E. & Shackleton, N. J., 1995. Late Neogene chronology: New perspectives in high-resolution stratigraphy. *Geological Society American Bulletin*, 107, 1272–1287.
- Bodnar, J., & Coturel, E. P., 2012. El origen y diversificación del crecimiento cambial atípico en plantas fósiles: procesos del desarrollo involucrado. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 47 (1-2), 33–70.
- Bodnar, J., Iglesias, A., Colombi, C. E., & Drovandi, J. M., 2019. Caracterización estratigráfica, sedimentológica y paleoflorística del Grupo Sorocayense (Triásico) en el área de Barreal, provincia de San Juan, Argentina. *Andean geology*, 46 (3), 567–603.
- Bolzon, R. T. & Machado, L. 2002. Lignitafoflora mesozóica da região de São Pedro do Sul e Faxinal do Soturno: estimativa da preservação celular. *Paleontologia em Destaque*, 40, 19–20.
- Bona, P., Starck, D., Galli, C. I., Gasparini, Z. & Reguero, M., 2011. Registro de *Caiman cf. C. latirostris* (Alligatoridae, Caimaninae) en el Mioceno tardío en el Noroeste Argentino. *Reunión Anual de la Asociación Paleontológica Argentina*, Lujan, Buenos Aires. Argentina, 20p.
- Bonaparte, J. F., 1965. Nuevas icnitas de la quebrada del Yeso (La Rioja) y reconsideración de la edad.
- Bonini, R. A., 2014. *Bioestratigrafía y diversidad de los mamíferos del Neógeno de San Fernando y Puerta de Corral Quemado (Catamarca, Argentina)* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Borello, A. & Cuerda, A., 1968. Grupo Río Huaco (Triásico), San Juan. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. *Noticias* 7, 3–15.
- Bossi, G. E., Gavriloff, I. J. C. & Esteban, G., 1998. Terciario, Estratigrafía, Bioestratigrafía y Paleogeografía. In *Geología del Tucumán* (Giafrancisco, M.; Puchulu, M.E.; Durango de Cabrera, J.; Aceñolaza, G.F.; editores). Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán, Publicación Especial, 87–108. San Miguel de Tucumán.
- Bossi, G. E., Georgieff, S., Gavriloff, I., Ibáñez, L. & Muruaga, C., 2001. Cenozoic evolution of the intramontane

- Santa María Basin, Pampean Ranges, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 14, 725–734.
- Bossi, G. E. & Muruaga, C. M., 2009. Estratigrafía e inversión tectónica del 'rift' neógeno en el Campo del Arenal, Catamarca, NO Argentina. *Andean geology*, 36 (2), 311–340.
- Bossi, G. E., Ovejero, R. & Strecker, M., 1987. Correlación entre los perfiles del Terciario superior en la Puerta de Corral Quemado-Hualfin y de Entre Ríos (Chiquimil). Provincia de Catamarca, Argentina. *In Congreso Geológico Argentino*, N°. 10, Actas 2, 117–120. San Miguel de Tucumán.
- Bossi, G. E. & Palma, R., 1982. Reconsideración de la estratigrafía del Valle de Santa María, Provincia de Catamarca, Argentina. *In Congreso Latinoamericano de Geología*, No. 5, Actas 1, 155–172. Buenos Aires.
- Bossi, G. E., Villanueva, A., Carrión, M., Palma R. & Díaz, J., 1984. El Grupo Santa María en la Quebrada de Amaicha (Depto. Taí, Pcia. de Tucumán). *In Congreso Geológico Argentino*, N°. 9, Actas 1, 124. San Carlos de Bariloche.
- Boureau, E., 1957. Anatomie Vegetale. Tomo 3. Press Universitaires de France, p. 532–752.
- Butler, R. F., Marshall, L. G., Drake, R. E. & Curtis, G. H., 1984. Magnetic polarity stratigraphy and K-Ar dating of late Miocene and early Pliocene continental deposits, Catamarca province, NW Argentina. *Journal of Geology*, 92, 623–636.
- Brea, M., 1999. Leños fósiles de Anacardiaceae y Mimosaceae de la Formación El Palmar (Pleistoceno superior), departamento de Concordia, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana* 36 (1), 63–69.
- Brea, M., Aceñolaza, P. G. & Zucol, A. F., 2001. Estudio paleoxilológico en la Formación Paraná, Entre Ríos, Argentina. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación especial 8. 11° Simposio Argentino de *Paleobotánica y Palinología* 7–17. Buenos Aires.
- Brea, M., Artabe, A. & Spalletti, L. A., 2005. Paleovegetation studies and growth-ring analysis of a mixed Middle Triassic forest from Argentina. *Gondwana Geological and Biological Heritage of Gondwana*, 76p.
- Brea, M. & Césari, S., 1995. An anatomically preserved stem from the Carboniferous of Gondwana: *Phyllocladopsis petriellae* Brea and Césari, sp. nov. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 86 (3-4), 315–323.
- Brea, M., Zamuner, A. B., Matheos, S. D., Iglesias, A. & Zucol, A. F., 2008. Fossil wood of the Mimosoideae from the

- early Paleocene of Patagonia, Argentina. *Alcheringa*, 32 (4), 427–441.
- Brea, M. & Zucol, A. F., 2007. *Guadua zuloagae* sp. nov., the first petrified bamboo culm record from the Ituzaingó Formation (Pliocene), Paraná Basin, Argentina. *Annals of Botany*, 100 (4), 711–723.
- Brea, M., Zucol, A. F. & Patterer, N., 2010. Fossil woods from late Pleistocene sediments from El Palmar Formation Uruguay Basin, Eastern Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 163, 35–51.
- Brisson, A., Philippe, M. & Thevenard, F., 2001. Are Mesozoic wood growth rings climate-induced? *Paleobiology*, 27, 531–538.
- Bromhead, A., 1840. Magazine of Natural History n.s., 4, 333.
- Brown, R., 1810. Prodrum florae Novae Hollandiae. Johnson, London, 1, 260–266.
- Bruniard, E., 1982. La diagonal árida Argentina: un límite climático real. *Revista Geográfica* 95, 5–20.
- Bywater-Reyes, S., Carrapa, B., Clementz, M. & Schoenbohm, L., 2010. Effect of late Cenozoic aridification on sedimentation in the Eastern Cordillera of northwest Argentina (Angastaco basin). *Geology*, 38, 235–238.
- Caminos, R. & Fauqué, L., 2001. Mapa Geológico a escala 1:250.000 de la Hoja Geológica 2969- II Tinogasta, Provincia de La Rioja. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Boletín 276, Buenos Aires.
- Carlquist, S., 1977. Onagraceae: additional species and concepts. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 64, 627–637.
- Carlquist, S., 1988. Comparative wood anatomy. Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood. Springer-Verlag, Berlin and New York, 1–436p.
- Carlquist, S., 2001. Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer series in wood science, Springer 448p.
- Carrapa, B., Trimble, J. D. & Stockli, D. F., 2011. Patterns and timing of exhumation and deformation in the Eastern Cordillera of NW Argentina revealed by (U-Th) /He thermochronology. *Tectonics* 30, 1–30.
- Caselli, A.T., Marensi, S., Tripaldi, A., Limarino, C.O. & Gagliardo, M. L., 2002. Análisis paleoambiental y correlación estratigráfica de la Formación Puesto La Flecha (Terciario), provincia de La Rioja. 15° Congreso

Geológico Argentino, Actas 1, 679–683, Calafate.

- Césari, S. N., Archangelsky, S. & Vega, J., 2005. Anatomy of a new probable pteridosperm stem from the Late Carboniferous of Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* n.s. 7, 7–15.
- Cevallos-Ferriz, S. R. & Barajas-Morales, J., 1994. Fossil woods from the El Cien formation in Baja California sur: Leguminosae. *IAWA journal*, 15 (3), 229–245.
- Cheng, Y., Yang, X., He, Z., Mao, B. & Yin, Y., 2018. Early Miocene angiosperm woods from Sihong in the Jiangsu province, eastern China. *IAWA J.* 39, 125–142.
- Choi, S., Kim, K., Jeong, E., Terada, K., Suzuki, M. & Uematsu, H., 2010. Fossil woods from the Miocene in the Yamagata prefecture, Japan. *IAWA J.* 31, 95–117.
- Ciccioli, P. L., 2008. Evolución paleoambiental, estratigrafía y petrología sedimentaria de la Formación Toro Negro, Sierras Pampeanas Noroccidentales, provincia de La Rioja. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, (inédita), 336 p., Buenos Aires.
- Ciccioli, P. L., Limarino, C. O. & Marensi, S. A., 2005. Nuevas edades radimétricas para la Formación Toro Negro en la Sierra de los Colorados, Sierras Pampeanas Noroccidentales, provincia de La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60 (1), 251–254.
- Ciccioli, P. L., Limarino, C. O., Marensi, S. A., Tedesco, A. M. & Tripaldi, A., 2010. Estratigrafía de la cuenca de Vinchina (terciario), sierras pampeanas, provincia de la Rioja. *Revista de la Asociación geológica Argentina*, 66 (1-2), 146–155.
- Ciccioli, P. L., Limarino, C. O., Marensi, S. A., Tedesco, A. M., & Tripaldi, A. 2011. Tectosedimentary evolution of the La Troya and Vinchina depocenters (northern Bermejo Basin, Tertiary), La Rioja, Argentina. *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*, 91–110.
- Ciccioli, P. L., Marensi, S. A. & Limarino, C. O., 2004. Cambio en la arquitectura de los sistemas fluviales en el límite de las formaciones Vinchina y Toro Negro (Neógeno), Sierra de los Colorados (provincia de La Rioja). 10º Reunión Argentina de Sedimentología, Resúmenes, 41–43, San Luis.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., & Fan, J. X., 2013. The ICS international chronostratigraphic chart. *Episodes*, 36 (3), 199–204.

- Coira, B., Galli, C. I., Mahlburg Kay, S., Kay, R. W. & Flores, P., 2014. Niveles piroclásticos como herramientas de correlación en los depósitos cenozoicos del Grupo Payogastilla, Valles Calchaquí, Tonco y Amblayo, en el noroeste de Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71 (2), 147–160.
- Cozzo, D., 1964. Glosario de términos empleados en anatomía de maderas, 16. Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires, pp. 33–79.
- Conwentz, H., 1885. Árboles fósiles del Río Negro. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias (Córdoba) 7, 435–456.
- Cuadrado, G. A. & Anzotegui, L. M., 1992. Resultados preliminares del análisis palinológico de la Formación Palo Pintado, Mioceno de Salta, Argentina. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 2 (1).
- Chase, M. W., 2004. Monocot relationships: an overview. *American Journal of Botany*, 91(10), 1645–1655.
- Chase, M.W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E. & Stevens, P. F., 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181, 1–20.
- Chattaway, M., 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods. *Tropical Woods* 29, 20–28.
- Creber, G. & Chaloner, W., 1984. Influence of environmental factors on the woodstructure of living and fossil trees. *The Botanical Review*, 50, 358–448.
- Crisafulli, A. & Herbst, R., 2008. Maderas gimnospermas de la Formación Solca (Pérmico Inferior), provincia de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana*, 45 (4), 737–751.
- Crisafulli, A. & Herbst, R., 2010. Leños gimnospermas de la Formación Llantenes, (Triásico Superior) Provincia de Mendoza, Argentina. *GAEA. Journal of Geosciences*. 6 (1), 14–20.
- Crisafulli, A. & Herbst, R., 2011. La flora Triásica del Grupo El Tranquilo, provincia de Santa Cruz (Patagonia): Leños Fósiles. *Ameghiniana* 48 (3), 275–288.
- Crisafulli, A & Herbst, R., 2014. Revisión taxonómica de las maderas de la colección Conwentz. Reunión Anual de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina. Plaza Huincul, noviembre 27 y 28. *Ameghiniana* 52 (1). Suplemento Resúmenes: 6.

- Crisafulli, A., Herbst, R., Leiva Verón, V. & Gómez, N. E., 2015. La Xilotafoflora de Australoxylon de América del Sur. *XVI Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología*, 26 al 29 de mayo, La Plata: 52.
- Crisafulli, A. & Lutz, A., 2007. *Eoguptioxylon antiqua* gen. et sp. nov. (Pteridospermae) del Pérmico Superior (Formación La Antigua), provincia de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana*, 44 (1), 197–204.
- Crisafulli, A., Lutz, A. & Melchor, R., 2000. Maderas gimnospermas de la Formación Carapacha (Pérmico), provincia de La Pampa, Argentina. *Ameghiniana*, 37(2), 181–191.
- Crisafulli, A., Sclipa, R. & Herbst, R., 2013. Primer registro de maderas petrificadas del Neógeno de Las Termas de Río Hondo, provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Ameghiniana* 50 (6) *Reunión Anual de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina*. Suplemento, 43 R. Córdoba, noviembre.
- Del Fueyo, G.M. 1998. Coniferous woods from the Upper Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Revista Española de Paleontología* 13, 43–50.
- De Iullis, G., Ré, G. H. & Vizcaíno, S. F., 2004. The Toro Negro Megatheriine (Mammalia, Xenarthra): A new species of *Pyramiodontherium* and a review of *Plesiomegatherium*. *Journal of Vertebrate Paleontology* 24 (1), 214–227.
- Deri, M. & Ciccioli, P., 2018. Sedimentology of medanitos intermontane dune field, Fiambal'a Basin, Catamarca. *Rev. Asoc Geol. Argent.* 75, 325–345.
- Deri, M., Ciccioli, P., Amidon, W. & Marensi, S., 2019. Procedencia a partir de edades U-Pb y conteos de conglomerados de la Formación Tambería, Bolsón de Fiambalá, Catamarca. V Simposio del Mioceno - pleistoceno del Centro y Norte de Argentina. San Salvador de Jujuy, October. Abstract Book: 25.
- Díaz, J. I., 1985. Análisis estratigráfico del Grupo Payogastilla, Terciario superior del Valle Calchaquí, provincia de Salta, República Argentina.
- Díaz, J. I., 1987. *Estratigrafía y sedimentología del Terciario superior de la región comprendida por los valles de los ríos Calchaquí y Guachipas (Provincia de Salta)*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, 122 p. (Inédito).
- Díaz, J. I. & Malizzia, D., 1983. Estudio geológico y sedimentológico del Terciario Superior del valle Calchaquí, Salta. *Boletín Sedimentológico* 2, 8–28.
- Díaz, J. I., Malizzia, D. & Bossi, G., 1987. Análisis estratigráfico del Grupo Payogastilla. X Congreso Geológico

Argentino Actas II, 113–116, Tucumán.

- Díaz, J., Miserendino, A. & Esteban, G., 1989. Edad y Fósiles del Grupo Payogastilla, Valle Calchaquí, Salta, República Argentina. 8° Congreso Geológico de Bolivia, Actas 1, 309–326, La Paz.
- Doyle, J. A., Biens, P., Doerenkamp, A. & Jardinç, S., 1977. Angiosperm pollen from the pre-Albian Cretaceous of Equatorial Africa. Bulletin des Centres de Recherche Exploration-Production ElfAquitaine 1, 451–473.
- Doyle, J. A. & Hotton, C. L., 1991. Diversification of early angiosperm pollen in a cladistic context. In Pollen and spores: patterns of diversification (eds Blackmore, S. & Barnes, S. H.), p. 169–195 (Clarendon Press, Oxford).
- D'orbigny, A., 1842. *Voyage dans l'Amerique Meridionale, executé pendant les années 1826-1833*. Tome premier. Partie Troisième. P. Bertrand (ed.) Paris, Strasbourg, 672 p.
- Dransfield, J., Uhl, N. W., Asmussen, C. B., Baker, W. J., Harley, M. M. y Lewis, C. E., 2005. A new phylogenetic classification of the palm family, Arecaceae. *Kew Bulletin* 60: 559–569.
- El-Saadawi, W. E., Youssef, S. G. & Kamal El-Din, M. M., 2004. Fossil palm Woods of Egypt: II. Seven Tertiary *Palmoxylon* species new to the country. *Review Palaeobotany Palynology*. 129, 199–211.
- Esteban, G., 1998. Paleontología de vertebrados y edades mamífero. In: Gianfrancisco, M., Durango, J., Puchulu, M. E., Aceñolaza, G. F. (eds.). Geología de Tucumán. Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas, 105–107.
- Enlicher, S., 1847. Synopsis Coniferarum. II. Abietineae fossils Sangalli; Schleitlin and Zollikofer: 383–406. Sangalli.
- Fernández, R. I. & Bravo, E. V., 1985. La presencia del género *Acacioxylon* (Leguminosae) en sedimentos terciarios del área de los Nacimientos de Abajo (departamento de Belén - provincia de Catamarca) República Argentina. *V° Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología*, San Miguel de Tucumán, p. 11.
- Fernández López, S., 2000. Temas de Tafonomía. Depto de Paleontología. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid, 167 p. España.
- Franco, M. J., 2010. *Soroceaxylon entrerriensis* gen. et sp. nov. (Moraceae) de la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno), Cuenca del Río Paraná, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 27 (3), 508–519.

- Franco, M. J., & Brea, M., 2013. Leños fósiles de leguminosas de la Formación Ituzaingó, Entre Ríos, Argentina: Implicancias paleoecológicas y paleobiogeográficas. *Ameghiniana* 50 (2), 167–191.
- Franco, M. J., Brea, M., 2015. First extra-Patagonian record of Podocarpaceae fossil wood in the Upper Cenozoic (Ituzaingó Formation) of Argentina. *New Zealand Journal of Botany*, 53 (2), 103–116.
- Franco, M. J., Brea, M. & Herbst, R., 2014. *Palmoxylon romeroi* sp. nov. de la Formación Chiquimil (Mioceno Superior) del Valle de Santa María, provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana* 51, 572–584.
- Frenguelli, J., 1936. Investigaciones geológicas de la zona salteña del Valle de Santa María. Obra Cincuentenario, Museo de la Plata 2, 215–572.
- Frenguelli, J., 1950. Ichnites en el Paleozoico Superior del Oeste argentino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 5 (3), 136–148.
- Galli, C. I., Alonso, R. N. & Coira, L. B., 2017. Integrated stratigraphy of the Andean foreland basin (Northern Argentina). In *Seismic and Sequence Stratigraphy and Integrated Stratigraphy- New Insights Contributions* (Aiello, G., editor) Intech Open Access 129–156.
- Galli, C. I., Alonso, R. N., Coira, B. L. L., Herrera Oviedo, E. P., Constantini, O. E., Barrientos Ginés, A. V. & Villalba Ulberich, J. P., 2019. Estratigrafía y paleoambientes de los depósitos del Plioceno de la Cordillera Oriental Argentina.
- Galli, C. I., Anzótegui, L. M., Horn, M. Y. & Morton, L. S., 2011. Paleoambiente y paleocunidades de la Formación Palo Pintado (Mioceno - Plioceno), provincia de Salta, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 228, 161– 174.
- Galli, C. I., Coira, B., Alonso, R., Reynolds, J., Matteini, M. & Hauser, N., 2014. Evolución de la cuenca de antepaís Cenozoica del Grupo Payogastilla, en los valles Calchaquí, Tonco y Amblayo, noroeste Argentina”. In *IXX Congreso Geológico Argentino. Actas* 1, 22–23.
- Galli, C. I., Coira, L. B., Alonso, R. N., Reynolds, J., Matteini, M. & Hauser, N., 2014a. Tectonic controls on the evolution of the Andean Cenozoic foreland basin: Evidence from fluvial system variations in the Payogastilla Group, in the Calchaquí, Amblayo valleys, NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 52, 234–259.

- Galli, C. I., Coira, L. B., Alonso, R. N., Matteini, M. & Hauser, N., 2014 b. El Grupo Payogastilla (Cenozoico) en los valles Calchaquí, Tonco y Amblayo, provincia de Salta, Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 26 (1), 30–52.
- Galli, C. I., Ramírez, A., Barrientos, C., Reynolds, J., Viramonte, J. G. & Idleman, B., 2008. Estudio de proveniencia de los depósitos del Grupo Payogastilla (Mioceno Medio-Superior) aflorantes en el río Calchaquí, provincia de Salta, Argentina. *17° Congreso Geológico Argentino*, Jujuy, Actas 17 (1), 353–354.
- Galli, C. I. & Reynolds, J. 2012. Evolución paleoambiental del Grupo Payogastilla (Eoceno-Plioceno) en el valle Calchaquí - Tonco, provincia de Salta, Argentina. In: R. Marquillas, C. Sanchez, and J. Salfity (eds.), *Aportes Sedimentológicos a la Geología del Noroeste Argentino XIII Reunión Argentina de Sedimentología*, 67–80, Salta.
- Galván, A. F. & Ruiz Huidobro, O., 1965. Geología del Valle de Santa María. Estratigrafía de las formaciones terciarias. *Acta Geológica Lilloana* 7: 217–230.
- García, A. & Herbst, R., 1997. Charophyta del Mioceno Superior de los valles de Santa María y de El Cajón, provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana* 34 (1), 61–68.
- Garralla, S. S., Morton, L. S., Anzótegui, L. M., Moyano, S. & Herbst, R., 2012. Primeros registros paleontológicos de la localidad de Cerro Pampa (Formación Chiquimil, Mioceno Tardío), Provincia de Catamarca, Argentina. *Gaea: Journal of Geoscience*, 8 (1).
- Gavriloff, I. J. C. & Bossi, G. E., 1992. Revisión general, análisis facial, correlación y edades de las Formaciones San José y Río Salí (Mioceno medio), provincias de Catamarca, Tucumán y Salta, República Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 17 (2), 5–43.
- Georgieff, S. M., Ibañez, L. M., Vides, M. E., Anis, K. B. & Nieva, S. M., 2014. Paleógeno y Neógeno de Tucumán: estratigrafía y paleoambientes sedimentarios. *Geología de Tucumán*, 106–123.
- Gerards, T., Yans, J. & Gerrienne, P., 2007. Quelques implications paléoclimatiques de l'observation de bois fossiles du Wealdien du bassin de Mons (Belgique)-Résultats préliminaires. *Carnets de Géologie*, (M01/04), 29–34.
- Gnaedinger, S., 2006. Maderas de la Formación Piedra Pintada (Jurásico Temprano), provincia de Neuquén, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales n. s.*, 8 (2), 171–177.

- Gnaedinger, S., 2007a. *Planoxylon Stopes*, *Protelicoxylon* Philippe y *Herbstiloxylon* nov. gen. (Coniferales) de la Formación La Matilde (Jurásico Medio), provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*, 44 (2), 321–335.
- Gnaedinger, S., 2012. Ginkgoalean woods from the Jurassic of Argentina: taxonomic considerations and palaeogeographical distribution. *Geobios*, 45 (2), 187–198.
- Gnaedinger, S. & Herbst, R., 2006. El género *Prototaxoxylon* Kräusel y Dolianiti (Taxales) de la Formación La Matilde (Jurásico Medio), Gran Bajo de San Julián, Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*, 43 (1), 123–138.
- Gnaedinger, S. & Herbst, R., 2009. Primer registro de maderas gimnospermas de la Formación Roca Blanca (Jurásico inferior), provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*, 46 (1), 59–71.
- Gnaedinger, S. C. & Zavattieri, A. M., 2020. Coniferous woods from the Upper Triassic of southwestern Gondwana, Tronquimalal Group, Neuquén Basin, Mendoza Province, Argentina. *Journal of Paleontology*, 94 (3), 387–416.
- Gómez, N., Crisafulli, A. & Herbst, R., 2015. Nuevos registros xilológicos de la Formación Carapacha, (Pérmico) de La Pampa, Argentina. Reunión Anual de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina. Mar del Plata, 25-27 de noviembre 2015: 12.
- Gorzhankin, I.N. [Goržankin, I.N.] 1904. *Leksii po morfologii i sistematike archegonialnyh rastenij. II, Pteridophyta, I, Archispermata*. 104 pp. A.I. Mamontov, Moskva.
- Gothan, W., 1905. Zur anatomie lebender und fossiler Gymnospermen-Hölzer. *Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt und Bergakademie* 44, 1–108.
- Grambast-Fessard, N., 1968. Contribution a l'étude des flores Tertiaires des régions provençales et Alpines: IV. Deux structures ligneuses nouvelles de Sapotacees. *Naturalia Helvetiae. Ser. bot.* 19, 57–74.
- Gregory, M., 1994. Bibliography of systematic wood anatomy of dicotyledons. *IAWA J.* 1, 1–265.
- Gregory, M., Poole, I. & Wheeler, E., 2009. Fossil dicot wood names and annotated list with full bibliography. *IAWA J.* 6, 1–128.
- Grier, M. & Dallmeyer, R., 1990. Age of the Payogastilla Group: Implications for foreland basin development, NW

- Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 3 (4), 269–278.
- Gros, J. P., 1992. A synopsis of the fossil record of mimosoid legume wood. In: Herendeen, S., Dilcher, D.L. (Eds.), *Advances in Legume Systematics: 4. The Fossil Record. The Royal Botanic Garden, Kew*, p. 69–83.
- Hass, H. & Rowe, N. P., 1999. Thin sections and wafering. *Fossil plants and spores: modern techniques*, 76, 81.
- Herbst, R., 2016. Paleobiogeografía del valle de Yocavil. Ed. Instituto Superior de Correlación Geológica (INSU-GEO): 1–61.
- Herbst, R., Anzótegui, I. M. & Jalfin, G., 1987. Estratigrafía. paleoambientes y dos especies de *Salvinia* Adanson (Filicopsida) del Mioceno superior de Salta, Argentina. *Facena*, 7. Corrientes.
- Herbst, R., Anzótegui, L. M., Esteban, G., Mautino, L. R., Morton, S. & Nassif, N., 2000. Síntesis paleontológica del Mioceno de los valles Calchaquíes, noroeste argentino. En (Eds. Aceñolaza, F & Herbst, R.) *El Neógeno de Argentina. INSUGEO, Serie Correlación Geológica* 14, 263–288.
- Herbst, R., Brea, M. Crisafulli, A. Gnaedinger, S., Lutz, A., Martinez, L. Pujana, R y Romero, E. 2007. “La Paleoxilología en Argentina. Una síntesis”. En *Publicación Especial 50^a Aniversario de Ameghiniana*: 55–71.
- Herbst, R., & Crisafulli, A., 1997. *Kaokoxylon zalesskyi* (Sahni) Maheshwari (Coniferopsida), en el Pérmico Superior del cerro Colorado de la Antigua, La Rioja. Argentina. *Ameghiniana*, 34 (4), 447–451.
- Horn, M. Y., 2014. *Palinofloras de las formaciones El Morterito y Palo Pintado (Mioceno Superior-Plioceno Inferior), noroeste de Argentina* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Hughes, N. F. & McDougall, A. B., 1990. Barremian-Aptian angiosperm pollen records from southern England. *Review of Palaeobotany and Palynology* 65, 145–151.
- Hörnes, M., 1853. Mittheilungen Professor Bronn gerichtet, Wien. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, Geognosie und Petrefaktenkunde*, 806–810.
- IAWA Committee, 1989. *List of microscopic features for hardwood identification*. IAWA Bull. n s. 10, 219–332.
- IAWA Committee, 2004. IAWA List of microscopic features for softwood identification. *International Association of Wood Anatomists Bulletin* 25, 3–70.

- Ibañez, L. M., 2001. [*Análisis paleoambiental de la Formación Chiquimil en el Valle de Santa María, Catamarca, Tucumán y Salta*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, 199 p. Inédita.].
- Inside Wood. 2004 - en adelante. Publicado en Internet. <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search> [19/09/2020].
- Isacks, B., Jordan, T., Allmendinger, R. & Ramos, V. A., 1982. La segmentación tectónica de los Andes Centrales y su relación con la placa de Nazca subductada. 5° Congreso Latinoamericano de Geología, Buenos Aires.
- Judd, W. S., Christopher, C., Elizabeth, K., Peter, S. & Michael, D. 2007. *Plant Systematics a Phylogenetic Approach*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 3.
- Kidwell, S. M., Fuersich, F. T. & Aigner, T., 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaaios*, 228–238.
- Kleinert, K. & Strecker, M. R., 2001. Climate change in response to orographic barrier uplift: paleosol and stable isotope evidence from the late Neogene Santa Maria basin, northwestern Argentina. *Geological Society of America* 6, 728–242.
- Kloster, A., 2014. Xilotaofloras de la formación Solimões (Neógeno) Estado de Acre, Oeste de Amazonia, Brasil. 233 p.
- Kloster, A., Gnaedinger, S., Adami-Rodrigues, K. & Urban, C., 2015. New record of Fabaceae fossil woods from the Solimões Formation (Miocene), Acre Basin, Amazon, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 18 (3), 391–402.
- Krapovickas, V., Ciccioli, P. L., Mángano, M. G. & Limarino, C. O., 2007. Vertebrate and invertebrate trace fossils in anastomosing fluvial deposits of The Toro Negro Formation (Upper Miocene), La Rioja, Argentina. En Lucas *et al.* (eds.) Cenozoic Tracks, New Mexico Museum of Natural History and Science, Cenozoic Vertebrate Track Symposium Bulletin 42, 51–52, Albuquerque.
- Kräusel, R., 1949. Die fossilen Koniferen Hölzer (Unter Ausschluss von *Araucarioxylon* Kraus). 2: Kritische Untersuchungen zur Dianostik lebender und fossiler Koniferen-Hölzer. *Palaeontographica* B 89. 83–203.
- Kräusel, R. & Jain, K. P., 1963. New fossil coniferous woods from Rajmahal Hills. *The Palaeobotanist* 12, 59–67.
- Kribs, D., 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays of dicotyledons. *Botanical Gazette*, 96, 547–557.

- Lambers, H., Chapin, F. S. & Pons, T. L., 2008. *Plant physiological ecology* (Vol. 2). New York: Springer.
- Lanés, S., Gnaedinger, S., Zavattieri, A. M. & Lezama, L., 2013. Paleoambiente sedimentario y plantas fósiles de la Formación El Freno (Jurásico Temprano) en el valle de Las Leñas, Cuenca Neuquina, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 70 (4), 465–476.
- Latorre C., Quade J. & McIntoch W. C., 1997. The expansion of the C4 grasses and global changes in the Late Miocene: stable isotope evidence from the America. *Earth and Planetary Science Letters* 146, 83–96.
- Lefebvre, M. G., Colobig, M. D. L. M., Zucol, A. F., Maldonado, M. G., & Sampietro Vattuone, M. M., 2020. Análisis fitolítico del sitio arqueológico Yasyamayo (Santa María-Tucumán-Argentina): procesos antrópicos y paleoambientales. *Chungará (Arica)*, 52 (1), 93–111.
- Lepekhina, V., 1972. Woods of Palaeozoic picnoxylic Gymnosperms with special reference to North Eurasia representatives. *Palaeontographica* 138, 44–106.
- Limarino, C., Tripaldi, A., Marensi, S. A., Net, L. I., Re, G. & Caselli, A. T., 2001. Tectonic control on the evolution of the fluvial systems of the Vinchina Formation (Miocene), Northwestern Argentina. En González Bonorino, G., Kraemer, P. y Re, G. (eds.) *The Sedimentary and Tectonic Evolution of Cenozoic Andean Foreland Basins*, *Journal of South American Earth Sciences* 14(7), 751–762.
- Lutz, A. I., 1979. Maderas de Angiospermas (Anacardiaceae y Leguminosae) del Plioceno de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 3, 35–54.
- Lutz, A. I., 1980. Descripción morfo-anatómica del estípide de *Palmoxylon concordense* Lutz del Plioceno de la Pcia. de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 6, 17–32.
- Lutz, A. I., 1981. *Entrerrioxylon victoriensis* nov. gen. et sp. (Leguminosae) del Mioceno de la provincia. de Entre Ríos, Argentina. *Facena* 4, 21–30.
- Lutz, A., 1984. *Palmoxylon yuqueriense* nov. sp. del Plioceno de la Pcia. de Entre Ríos, Argentina. *3° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Corrientes, 1982), Actas, 197–207.
- Lutz, A. I., 1987. Estudio anatómico de maderas terciarias del valle de Santa María (Catamarca-Tucuman), Argentina. *FACENA* 7, 125–143.
- Lutz, A. I., 1991. Descripción anatómica de *Mimosoxylon* sp. del Plioceno de la provincia de Corrientes, Argentina. .

Revista Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 22, 3–10.

- Lutz, A. I. & Martínez, L. C. A., 2007. Nuevo género y especie de liana del Mioceno superior (Formación Palo Pintado), provincia de Salta, Argentina. *Ameghiniana* 44(1), 205–213
- Machado, L., Scheel-Ybert, R., Pereyra Barros, L. & de Araujo Carvalho, M., 2011. Metodología de preparação de lenhos fosseis silicificados: utilização de blocos anatômicos para observação em microscopia de luz refletida. XXII Congresso Brasileiro de Paleontologia. Atas, 370.
- Marengo, H. G., Forasiepi, A. & Chiesa, J. O., 2019. Estratigrafía, paleontología y paleoambientes del Mioceno temprano y medio del Centro y Norte de Argentina. *Opera lilloana* 52, Mioceno al Pleistoceno del centro y 16 norte de Argentina, 10–96.
- Marshall, L. G., Butler, R. F., Drake, R. E., Curtis, G. H. & Tedford, R. H., 1979. Calibration of the Great American Interchange. *Science* 204, 272–279.
- Marshall, L. G., Hoffstetter, R. & PASCUAL, R., 1983. Mammals and Stratigraphy: Geochronology of the South America. *Paleovertebrata*, Montpellier, Mem. Extr., 1–93.
- Marshall, L. G. & Patterson, B., 1981. Geology and geochronology of mamad-bearing Tertiary of Valle de Santa María and rio Corral Quemado, Catamarca province, Argentina. *Feldiana, Geology*, n.s., 9, 1–80.
- Martínez, L. C. A., 2007. Maderas de *Prosopis* L. del Mioceno del Noroeste de Argentina. 31º Jornadas Argentinas de Botánica. Resúmenes *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, Suplemento* 42, 119–120.
- Martínez, L. C. A., 2010. *Prosopisinoxylon anciborae* nov. gen. et sp. (Leguminosae, Mimosoideae) from the Late Miocene Chiquimil Formation (Santa María Group), Catamarca, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 158, 262–271.
- Martínez, L. C., 2012. Estípide de palmera en el Campaniano del Grupo Neuquén, provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana*, 49 (4), 573–584.
- Martínez, L. C. A., 2014. Fossil legume woods from the Late Miocene, Chiquimil Formation (Santa María Basin), Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 201, 1–11.
- Martínez, L. C. A., Artabe, A. E. E. & Bodnar, J., 2012. A new cycad stem from the Cretaceous in Argentina and its phylogenetic relationships with other Cycadales. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 170 (3),

436–458.

- Martínez, L. C. A. & Lutz, A. I., 2005. Primera cita de una leguminosa fósil, Formación Las Arcas, Grupo Santa María, Catamarca, Argentina. *Ameghiniana* 42 Suplemento, 34R–35R.
- Martínez, L. C. A. & Lutz, A. I., 2007. Especies nuevas de *Baieroxylon Greguss* y *Circoporoxylon Kräusel* en las Formaciones Rayoso y Huincul (Cretácico), provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 44, 537–546.
- Martínez, L. C. A. & Rodríguez-Brizuela, R., 2011. *Gleditioxylon riojana* nov. sp. en el Neógeno de Argentina: sus relaciones paleoambientales y biogeográficas. *Geobios* 44(5), 461–472.
- Martínez, R. M. & Crisafulli, A., 2014. *Paraalbizioxylon caccavariae* Martínez en la Formación Choya Mío - Plioceno, provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Reunión Anual de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina*. *Ameghiniana* 52(1), Suplemento 12 R. Plaza Huincul, noviembre 27 y 28.
- Martínez R. M. & Crisafulli, A., 2019. Maderas cenozoicas de Termas de Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* n.s. 21(1), 87–100.
- Martínez, R. M., Crisafulli, A. & Herbst, R. 2015. Primer registro de una “Liana” del Neógeno (Plioceno), Las Termas de Río Hondo, provincia de Santiago del Estero, Argentina. *III Simposio del Mioceno y Pleistoceno del Centro y Norte Argentino*. Corrientes, septiembre 17 al 19.
- Martínez, R. M. & Sclipa, R. E., 2014. Leños de Fabaceae en la Formación Choya (Mio-Plioceno), Termas de Río Hondo, provincia de Santiago del Estero. *Resúmenes de la Primera Reunión Argentina de Jóvenes Botánicos*, 30.
- Mautino, L. R., 2007. Chlorophyta de los Valles Calchaquíes (Mioceno Medio y Superior), Argentina: *Revista Española de Micropaleontología*, 39 (1-2), 81–102.
- Mautino, L. R., 2011. Nuevas especies de palinomorfos de las formaciones San José y Chiquimil (Mioceno Medio y Superior), noroeste de Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia* 14, 279–290.
- Mautino, L. R. & Anzótegui, L. M., 2000. Análisis palinológico preliminar de la Formación San José, Mioceno Medio, provincia de Tucumán, Argentina. In *XI Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología* (Tucumán) (Vol. 70).

- Mautino, L. R. & Anzótegui, L. M., 2002a. Palinología de la Formación Chiquimil (Mioceno Superior) Vallecito, provincia de Catamarca. Parte II. Polen. *Ameghiniana* 39, 257–270.
- Mautino, L. R. & Anzótegui, L. M., 2002b. Palinología de la Formación Chiquimil (Mioceno Superior), Vallecito, provincia de Catamarca. Parte III. Polen. *Ameghiniana* 39, 271–284.
- Mautino, L. R. & Anzótegui, L. M., 2014. Novedades palinológicas de las formaciones San José y Chiquimil (Mioceno medio y tardío), noroeste de Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 16 (2), 143–164.
- Mautino, L. R., Cuadrado, G. A. & Anzótegui, L. M., 2004. Novedades taxonómicas, diversidad y significado evolutivo del polen de Malvaceae en el Terciario de Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*, 36 (3), 467–483.
- Mautino, L. R. & Garralla, S. S., 2021. Primeros registros palinológicos para Sudamérica afines a *Pontederia* L., *Gleditsia* L. y *Parkinsonia* L. En La Formación Palo Pintado, Mioceno De Salta, Argentina. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 21 (1), 1–17.
- Macdonald, D. I. & Jefferson, T. H., 1985. Orientation studies of waterlogged wood; a paleocurrent indicator? *Journal of Sedimentary Research*, 55 (2), 235–239.
- Meigs, P., 1953. World distribution of arid and semi-arid homoclimates. *Reviews of research on arid zone hydrology* 1, 203–210.
- Mejia, P., Dilcher, D. & Jaramillo, C., 2006. Early angiosperm evolution in tropical latitudes. *Palynology* 30, 222.
- Menéndez, C. A., 1951. La flora mesozoica de la Formación Llantenes (provincia de Mendoza). *Revista Instituto Nacional Investigaciones Ciencias Naturales y Museo Argentino de Ciencias Naturales “B. Rivadavia”*, Botánica 2, 145–261.
- Menéndez, C. A., 1962. Leño petrificado de una leguminosa del Terciario de Tiopunco, provincia de Tucumán. *Ameghiniana* 2, 121–126.
- Moglia, G. & Gimenez, A. M., 1998. Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Argentina. *Forest Systems*, 7 (1), 53–71.
- Morton, L. S., 1992. Bivalvos de agua dulce de la Formación Palo Pintado (Mioceno Tardío) del Valle Calchaquí,

- provincia de Salta, Argentina: *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura*, 9, 77–91.
- Morton, L. S. 2004. Taxonomía y paleoecología de la malacofauna (Bivalvia-Gastropoda) dulceacuícola del Neógeno, en los valles de Santa María y del Cajón, Catamarca y Tucumán, Argentina. Programa de Posgrado en Biología, Universidad Nacional del Nordeste, Tesis Doctoral, 134 p.
- Morton, L. S. & Herbst, R., 2003. Moluscos dulceacuícolas de las Formaciones San José y Chiquimil (Mioceno) del Valle de Santa María (Catamarca y Tucumán), Argentina. *Ameghiniana*, 40 (2), 205–216.
- Morton, L. S. & Herbst, R., 2012. Etherioidea and Ampullarioidea (Mollusca) in the San José Formation (Middle Miocene), Santa Maria Valley, Salta Province, Argentina. *Gaea: Journal of Geoscience*, 8 (2), 82.
- Morton, L. S., Herbst, R. & Espindola, V. E., 2011. Gastropods and ostracods from the lower Pliocene Andalhuala Formation, yocavil valley, Catamarca province, Argentina. *Gaea: Journal of Geoscience*, 7 (2), 82.
- Mosbrugger, V. & Utescher, T., 1997. The coexistence approach method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial palaeoclimate data using plant fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 134 (1-4), 61–86.
- Moya, E. & Brea, M., 2015. Legume fossil woods from the arroyo Feliciano Formation (late Pleistocene, northeastern Argentina): paleobiogeographic implications. *Ameghiniana* 52 (5), 558–573.
- Moya, E. & Brea, M., 2020. Combretaceous fossil wood from Ituzaingo Formation (Late Miocene?), Argentina, indicate a coastal marine environment. *Review of Palaeobotany and Palynology* 281, 104270.
- Moya, E., Brea, M. & Lutz, A. I., 2018. Redescription and reassignment of the fossil wood *Menendoxylon piptadiensis* from the Pliocene Andalhuala Formation, South America. *Journal of Systematic Palaeontology* 1–13.
- Moyano, M., S., 2009. Tesis doctoral: “Análisis regional del emplazamiento, sedimentación y evolución sintectónica de los abanicos aluviales cuaternarios de las Sierras Pampeanas nordoccidentales. Catamarca y Tucumán” facultad de ciencias naturales e IML. Universidad Nacional de Tucumán. 1–222.
- Müller-Stoll, W.R. & Madel, E., 1967. Die fossilen Leguminosen-Hölzer. Eine Revision der mit Leguminosen verglichenen fossilen Hölzer und Beschreibungen älterer und neuer Arten. *Palaeontogr. B* 119, 95–174.
- Müller-Stoll, W. R. & Schultze-Motel, J., 1990. Gymnospermen-Hölzer des Deutschen Jura. Teil 3: Abietoid (mo-

- dern) getüpfelte Hölzer. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 141/1–2: 61–77, 2 Abb., 2 Taf.; Hannover.
- Muruaga, C. M., 1998. Estratigrafía y Sedimentología del Terciario Superior de la Sierra de Hualfín, entre las localidades de Villavil y San Fernando, Provincia de Catamarca. Tesis Doctoral (Inédito), Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo: 270 p.
- Muruaga, C. M., 2001a. Estratigrafía del Miembro El Jarillal (Formación Chiquimil, Mioceno superior), la Sierra de Hualfín, Catamarca. Acta Geológica Lilloana 18 (2), 265–280.
- Muruaga, C. M., 2001b. Estratigrafía y desarrollo tectosedimentario de sedimentos terciarios en los alrededores de la Sierra de Hualfín, borde suroccidental de la Puna, Catamarca, Argentina. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología 8 (1), 27–50.
- Mussa, D., 1958. Conífera fósil do Carbonífero Superior de Santa Catarina. Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Boletim No 182, 1–22.
- Mussa, D., 1959. *Contribuição à Paleoanatomia Vegetal. In: Madeiras fósseis do território do Acre, Alto Juruá, Brasil, Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia Boletim 195, 78 p.*
- Mussa, D., 1982. Nova forma do complexo Vertebraria nos argilitos carbonosos da Formação Rio Bonito, Santa Catarina, Brasil. *Boletim Instituto de Geociências*. Universidade de São Paulo, 13, 66–74.
- Metcalf, C. R. & Chalk, L., 1950. Anatomy of the Dicotyledons. Clarendon Press, Oxford.
- Nasif, N. L., Esteban, G., Cerdeño, E. & Moyano, S., 2010. Un Mesotheriidae (Notoungulata) de talla pequeña del Mioceno medio alto, Formación Las Arcas, provincia de Catamarca, Argentina. In *X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía-VII Congreso Latinoamericano de Paleontología*.
- Nasif, N. L., Esteban, G. I. & Ortiz, P. E., 2009. Novedoso hallazgo de egagrópilas en el Mioceno tardío, Formación Andalhuala, provincia de Catamarca, Argentina. Serie correlación geológica, 25 (2), 105–114.
- Nasim, A., Babineau, M., Donovan Bailey, C., Hannah Banks, Barbosa, A., Barbosa Pinto, R., Boatwright, J. & Zimmerman, E., 2017. Legume Phylogeny Working Group: A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically.

- Niz, A., Savio, M., Oviedo, J., Iramain, S., Lamas, C. & Moreno, R., 2019. Caracterización geológica y geomorfológica del Valle de Tinogasta y el Bolsón de Fiambalá. Atlas Catamarca. www.atlas.catamarca.gov.ar.
- Núñez-Blasco, A., Zurita, A. E., Miño-Boilini, Á. R., Bonini, R. A., & Cuadrelli, F. (2021). The glyptodont *Eleutherocercus solidus* from the late Neogene of north-western Argentina: Morphology, chronology, and phylogeny. *Acta Palaeontologica Polonica*.
- O'donnell, C., 1938. Troncos y ramas fósiles de dicotiledóneas en el Araucariano de Tiopunco (Dto. Taí, Prov. Tucumán). *Cuad. Mineral. Geol. UNT* 1, 26–29.
- Palmer, J. D., Soltis, D. E. & Chase, M. W., 2004. The plant tree of life: An overview and some points of view. *American Journal of Botany* 91, 1437–1445.
- Penk, W., 1920. Der Sudrand der Puna Atacama, vol. 37. *Akademie Der Wissenschaften*. Leipzig, Nigar, 420 p.
- Petriella, B., 1972. Estudio de maderas petrificadas del Terciario Inferior del área central de Chubut (Cerro Bororo). *Revista del Museo de la Plata n.s., Sección Paleontología* 41, 159–254.
- Petriella, B., 1978. Nuevos hallazgos de Cycadales fósiles en Patagonia. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* 5, 13–16.
- Petriella, B., 1982. *Medullopitys menendezii* n. sp. leño picnoxílico de Gimnospermas del Paleozoico Superior de Mendoza. *Ameghiniana* 19, 253–257.
- Philippe, M. & Bamford, M. K., 2008. A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. Review of Palaeobotany and Palynology, 148 (2-4), 184-207
- Philippe, M., Torres, T., Barale, G. & Thévenard, F., 1995. President Head, Snow Island, South Shetland, a key-point for Antarctica Mesozoic, Palaeobotany. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Series II*, 317, 1055–1061.
- Pujana, R., 2003. Nuevos hallazgos de leños con anatomía preservada en el Carbonífero Superior de la provincia de San Juan, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, n. s., 5, 201–204.
- Pujana, R., 2005. Gymnospermous woods from Jejenes Formation, Carboniferous of San Juan, Argentina. *Abietopitys petriellae* (Brea and Césari) nov. comb. *Ameghiniana* 42, 725–731.

- Pujana, R., 2008. Estudio paleoxilológico del Paleógeno de Patagonia austral (Formaciones Río Leona, Río Guillermo y Río Turbio) y Antártida (Formación La Meseta). *Memoria de título, Universidad de Buenos Aires, Área de Ciencias Biológicas*.
- Pujana, R., Martínez, L. C. A. & Brea, M., 2011. El registro de maderas fósiles de Leguminosae de Sudamérica. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 13 (2), 183–194.
- Pujana, R., Martínez, L. C. A., García Massini, J. L., Di Iorio, O. & Penas Steinhardt, A., 2014. Legume (Mimosoideae) fossil woods from the late Miocene (Salicas Formation) of northwestern Argentina. *Revista brasileira de paleontología* 17(3), 317–326.
- Pujana, R., Santillana, S. N. & 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, 122–137.
- Prámparo, M. B., 2007. Historia evolutiva de las angiospermas (Cretácico-Paleógeno) en Argentina a través de los registros paleoflorísticos. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 11 (1).
- Prakash, U. & Awasthi, N., 1970. Fossil woods from the Tertiary of Eastern India-I. *Palaeobotanist*, 18, 32–44.
- Prakash, U. & Barghoorn, E., 1961. Miocene fossil woods from the Columbia basalts of Central Washington. *Journal of the Arnold Arboretum* 42, 165–203.
- Prakash, U., Barghoorn, E. & Scott, A., 1962. Fossil wood of robinia and Gleditsia from the tertiary of Montana. *Am. J. Bot.* 49, 692–696.
- Prasad, M., 1978. *Contribution to the knowledge of fossil plants from Kamthi Beds of Maharashtra*, India. Tesis Lucknow University, 202 p.
- Ramos, R. S., Brea, M. & Kröhling, D., 2012. Leños fósiles de la Formación El Palmar (Pleistoceno Tardío) en el parque Nacional El Palmar, Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana*, 49 (4), 606–622.
- Ramos, R. S., Brea, M. & Kröhling, D., 2017. Malvaceous wood from the late Pleistocene el Palmar Formation of northeastern Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 246, 232–241.
- Ramos, R. S., Brea, M. & Pardo, R., 2014. A new fossil wood of *Peltophoroxylon* (Leguminosae: Caesalpinioideae) from the El Palmar Formation (late Pleistocene), Entre Ríos, Argentina. *IAWA journal*, 35 (2), 199–212.

- Ramos, V. A., 1970. Estratigrafía y estructura del Terciario en la Sierra de los Colorados (Provincia de La Rioja), República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25 (3), 359–382.
- Ramos V. A., 1999. Los depósitos sinorogénicos terciarios de la región andina. En Caminos, R. (Ed.), *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales; *SEGEMAR*, Anales 29 (22), 651–691, Buenos Aires.
- Ramos, V. A., Cristallini, E. O. & Pérez, D. J., 2002. The Pampean Flat-Slab of the Central Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 59–78.
- Ramos, V., Reynolds, J., Jordan, T. & Tabbutt, K. D., 1988. Time constraints for the uplift of the Sierras de Toro Negro, Umango and Espinal, Western Sierras Pampeanas, Argentina. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 20(7), A61, Denver.
- Ré, G. H., 1994. Tectosedimentary evolution of the Andean foreland basin (W Argentina) based in magnetostratigraphic and lithostratigraphic correlation. 14th International Sedimentological Congress Abstracts 14, 15–17, Amsterdam.
- Ré, G. H., 1996. Relación entre tectónica andina y posición del depocentro de la cuenca del Bermejo (27° a 33° S). 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2, 209, Buenos Aires.
- Ré, G. H. & Barredo, S. P., 1993a. Esquema de correlación magnetoestratigráfica de formaciones terciarias aflorantes en las provincias de San Juan, La Rioja y Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48 (3-4): 241–246.
- Ré, G. H. & Barredo, S. P., 1993b. Esquema de correlación de las Formaciones terciarias aflorantes en el entorno de Sierras Pampeanas y la Precordillera. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2, 172–179, Mendoza.
- Ré, G. H. & Rapalini, A. E., 1997. Rotaciones de bloques corticales en el entorno de Sierras Pampeanas y Precordillera: sus implicancias tectónicas. 2° Jornadas de Geología de Precordillera, Actas, 198–203, San Juan.
- Ré, G. H. & Vilas, J. F. A., 1988. Magnetoestratigrafía de la F. Vinchina (Prov. de La Rioja) y su aporte al conocimiento de la Tectónica andina. 15° *Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas*, Resúmenes: 70, Catamarca.

- Ré, G. H. & Vilas, J. F. A., 1990. Análisis de los cambios paleogeográficos ocurridos durante el Cenozoico tardío, en la región de Vinchina (provincia de La Rioja); a partir de estudios magnetoestratigráficos. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 2, 267–270, San Juan.
- Reguero, M. A. & Candela, A. M., 2011. Late Cenozoic mammals from the northwest of Argentina. *Cenozoic geology of the Central Andes of Argentina*, 458, 411–426.
- Reynolds, J. H., 1987. Chronology of Neogene tectonics in the Central Andean (27° - 33° S) of western Argentina, based on the magnetic polarity stratigraphy of foreland basin sediments, PhD Thesis, Dartmouth College, (inédita), 353 p., Vermont.
- Riggs, E. S. & Patterson, B., 1939. Stratigraphy of Late Miocene and Pliocene deposits of the Province of Catamarca (Argentina) with notes on the faunas. *Physis*, XIV: 143–162.
- Robledo, J. M., 2017. *[Icnología de las asociaciones planta-insecto de paleofloras de las formaciones San José (Mioceno medio), Chiquimil y Palo Pintado (Mioceno tardío) de los valles Calchaquíes]*. Tesis inédita. Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, 1–219 p.
- Robledo, J. M., Contreras, S. A., Baez, J. S., & Galli, C. I., 2021. First Miocene megafossil of arrowhead, alismataceous plant *Sagittaria*, from South America. *Acta Palaeontologica Polonica*, 66 (3), 111–122.
- Robledo, J. M., Horn, M. Y., Galli, C. I., & Anzótegui, L. M. (2020). Inferencias paleoclimáticas para el Mioceno tardío en la cuenca de Angastaco basadas en el análisis fisionómico foliar: Formación Palo Pintado, Salta, Argentina. *Andean geology*, 47 (2), 418–429.
- Robledo, J. M., Pinheiro, E. R., Gnaedinger, S. C. & Wappler, T., 2018. Plant-insect interactions on dicots and ferns from the Miocene of Argentina. *Palaos*, 33 (7), 338–352.
- Rodríguez, R. R., 2018. *Estudio multidisciplinar sobre las especies del complejo de la serie fija del género delphinium en la península ibérica, con especial atención a delphinium fissum subsp. Sordidum: implicaciones para la conservación* (Doctoral dissertation, Universidad de Salamanca).
- Rodríguez-Brizuela, R., 2002. Estratigrafía y vertebrados fósiles de la Formación Toro Negro (Neógeno) del departamento Vinchina, provincia de La Rioja, Argentina. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba, (inédito), 100 p. Córdoba.
- Rodríguez-Brizuela, R., 2003. Nuevos hallazgos de vertebrados fósiles en la Formación Toro Negro (Plioceno de

- La Rioja) e interpretación paleoambiental. Resúmenes de 19° Jornadas Argentinas de Paleontología de Vertebrados (Buenos Aires). *Ameghiniana*, 40 (4) Suplemento: 70R.
- Rodríguez-Brizuela, R., 2004. Registro de Vulturidae (Aves, Ciconiiformes) en el Neógeno de la provincia de La Rioja, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 6 (2): 307–311.
- Rodríguez-Brizuela, R. & Tauber, A., 2006. Estratigrafía y mamíferos fósiles de la Formación Toro Negro (Neógeno), departamento Vinchina, noroeste de la provincia de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana* 43, 257–272.
- Rohrmann, A., Sachse, D., Mulch, A., Pingel, H., Tofelde, S., Alonso, R. N. & Strecker, M. R., 2016. Miocene orographic uplift forces rapid hydrological change in the southern central Andes. *Scientific reports* 6, 35678.
- Romero, E., 1968. *Palmoxylon patagonicum* n. sp. del Terciario Inferior de la provincia del Chubut, Argentina. *Ameghiniana* 5, 417–431.
- Rossello, E. A., Mozetic, M. E., Cobbold, P. R., de Urreiztietia, M. & Gapais, D., 1996. El espolón Umango-Maz y la conjugación sintaxial de los lineamientos Tucumán y Valle Fértil (La Rioja, Argentina), 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2, 187–194, Buenos Aires.
- Rubiolo, D., Seggiaro, R. & Hongn, F., 2001. Mapa de la Hoja Geológica 2769-IV Fiambalá, provincias de Catamarca y La Rioja. Boletín 361, Programa Nacional de Cartas Geológicas 1:250.000, Servicio Geológico Minero Argentino, 90 p. Buenos Aires.
- Ruiz, D. M., 2014. *Viaje al centro de la tierra: volcanes, terremotos, minería, basura, diamantes y petróleo explicados por la geología*. 1° ed. Buenos Aires: Siglo XXI Editores, 9–187.
- Ruiz, D. P., 2018. *Estudios paleoclimáticos del Paleógeno y Mioceno inferior del centro y sur de la Patagonia argentina en base a la anatomía de maderas fósiles* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Ruiz, D. P., Massini, J. L. G. & Martínez, L. C. A., 2020. Fungal record in a legume wood from the Chiquimil Formation (Upper Miocene), Catamarca, Argentina. *Ameghiniana*, 57 (1), 1–8.
- Safipour, R., Carrapa, B., De Celles, P. G. & Thomson, S. N., 2015. Exhumation of the Precordillera and northern Sierras Pampeanas and along-strike correlation of the Andean orogenic front, northwestern Argentina. En: DeCelles, P. G., Ducea, M.N., Carrapa, B. y Kapp, P.A. (eds.), *Geodynamics of a Cordilleran Orogenic System: The Central Andes of Argentina and Northern Chile*. Geological Society of America, Memoirs 212, 181–199, Colorado.

- Sahni, B., 1943. A new species of petrified palm stems, *Palmoxylon sclerodermum* sp. nov., from the Deccan Intertrappean Series. *J. Indian bot. Soc.* 22 (2-4), 209–224.
- Sahni, B., 1964. Revisions of Indian fossil plants: part III. Monocotyledons. *Monogr. Birbal Sahni Inst. Palaeobot.* 1, 1–89.
- Salfity, J.A. & Monaldi, C.R., 2006. *Hoja Geológica 2566-IV, Metán, escala 1:250.000*. Instituto de Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 319, 74 pp. Buenos Aires.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2015. Información climatológica de la localidad de Tinogasta (Catamarca), para el período 1985–2015.
- Suguio, K. & Mussa, D., 1978. Madeiras fósseis dos aluviões antigos do Rio Tietê, São Paulo. *Boletim IG. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.* 9, 25–45.
- Suzuki, M. & Watari, S., 1994. Fossil wood flora of the early Miocene Nawamata Formation of monzen, noto peninsula, central Japan. *J. Plant Res.* 107, 63–76.
- Schenk, A., 1882. Die von den Gebrüdern Schlagintweit in Indien gesammelten fossilen Hölzer. *Botanische Jahrbücher für Systematik. Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 3, 353–358.
- Schönfeld, G., 1947. Holzer aus dem Tertiär von Kolumblen. *Abh. Senckenb. naturf. Ges.* 475, I–53.
- Schweingruber, F. H., Börner, A. & Schulze, E. D., 2007. *Atlas of woody plant stems: evolution, structure, and environmental modifications*. Springer Science & Business Media.
- Sclippa, R., Crisafulli, A. & Herbst, R., 2015. Primer registro de *Palmoxylon* en la Formación Andalhuala, Plioceno inferior del Valle de Santa María, provincia de Catamarca, Argentina. *III Simposio del Mioceno y Pleistoceno del Centro y Norte Argentino*. Corrientes, septiembre 17 al 19.
- Scott, A. & Collinson, M., 1983. Investigating fossil plant beds. II: Methods of palaeoenvironmental analysis and modelling and suggestions for experimental work.
- Starck, D. & Anzótegui, L. M., 2001. The late Miocene climatic change persistence of a climatic signal through the orogenic stratigraphic record in northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 14 (7) 763–774.

- Stelzner, A. W., 1885. Beiträge zur Geologie und Paläontologie der argentinischen Republik: Geologischer Theil: Beiträge zur Geologie der argentinischen Republik und den angrenzenden, zwischen dem 32. und 33. Grad südlicher Breite gelegenen Theiles d. chilenischen Cordillere. Fischer.
- Stenzel, K. G., 1904. Fossile Palmenhölzer. Beiträge zur Paläontologie und Geologie Österreich–Ungarns und des Orients 16, 107–228.
- Strecker, M. R., Bloom, A. L., Malizzia D., Cervency, P., Bossi, G., Bense, C. & Villanueva Garcia, A., 1987. Nuevos datos geotectónicos sobre las Sierras Pampeanas septentrionales. In: Congreso Geológico Argentino, 10, Actas, pp. 231–234.
- Tabbutt, K. D., 1986. Fission track chronology of foreland basins in the eastern Andes: magmatic and tectonic implications. Master's Thesis, Dartmouth College, (inérita), 100 pp. Vermont.
- Tabbutt, K. D., Naeser, Ch. W., Jordan, T. E. & Cerveny, P. F., 1987. Edades nuevas por método de trazas de fisión de tobos mio-pliocenas en las Sierras Pampeanas y la Precordillera de Argentina. 10° Congreso Geológico Argentino, Actas 4, 22–24, Tucumán.
- Tabbutt, K. D., Naeser, Ch. W., Jordan, T. E. & Cerveny, P. F., 1989. New fission-track ages of Mio-Pliocene tuffs in the Sierras Pampeanas and Precordillera of Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 44(1-4), 408–419.
- Takhtajan, A., 1953. Phylogenetic principles of the system of higher plants. *Botanical Review* 19, 1–44.
- Tomassini, R. L., Montalvo, C. I., Deschamps, C. M. & Manera, T., 2013. Biostratigraphy and biochronology of the Monte Hermoso Formation (early Pliocene) at its type locality, Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 48, 31–42.
- Thomas, R., 2011–en adelante. *Palm-ID*, a database to identify the palm stem anatomy with an expert system (Xper 2). Université Paris 6, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France. Web: <http://www.infosyslab.fr/Palm-ID/> [enero, 2022].
- Thomas, R. & Franceschi, D., 2013. Palm stem anatomy and computer-aided identification: The Coryphoideae (Arecaceae). *American Journal of Botany* 100, 289–313.
- Tomlinson, P. B., 1961. Palmae. En: Metcalfe, C. (Ed.), *Anatomy of the Monocotyledons*, vol. 2. Oxford University Press, Oxford, 453 p.

- Tomlinson P. B.; Horn J. W. & Fisher J. B., 2011. *The anatomy of palms. Arecaceae- Palmae*. Oxford University Press, Oxford, 276 p.
- Torres, T., Marensi S. & Santillana, S., 1994. Maderas Fósiles de la Isla Seymour, Formación La Meseta, Antártica. *Serie Científica Inach* 44, 17–38.
- Tortorelli, L., 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Editorial Acme, Buenos Aires.
- Tortorelli, L., 2009. Maderas Y Bosques Argentinos. Tomo I Y II, 2º ed. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, p. 592.
- Turner, J. C. M., 1960. Estratigrafía del tramo medio de la sierra del Famatina y adyacencias (La Rioja). *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 42, 109–112.
- Turner, J. C. M., 1962. Las Sierras Pampeanas como unidad estructural. *Anales de las Primeras Jornadas Geológicas Argentinas, Actas* 2, 387–402, San Juan.
- Turner, J. C. M., 1964. Descripción geológica de la Hoja 15c. Vinchina (Provincia de La Rioja). Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 100, 81 p. Buenos Aires.
- Turner, J. C. M., 1967. Descripción geológica de la hoja 13b. In: Chaschuil: (provincias de Catamarca y la Rioja), vol. 106. Instituto Nacional de Geología y Minería, Boletín, Buenos Aires.
- Traiser, C., Uhl, D., Klotz, S. & Mosbrugger, V., 2007. Leaf physiognomy and palaeoenvironmental estimates an alternative technique based on an European calibration. *Acta Palaeobotanica* 47 (1), 183–201.
- Tripaldi, A., Net, L., Limarino, C.O., Marensi, S., Ré, G. & Caselli, A., 2001. Paleoambientes sedimentarios y procedencia de la Formación Vinchina, Mioceno, noroeste de la provincia de La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56 (4), 443–465.
- Vallejos Leiz, L., Crisafulli, A., & Gnaedinger, S., 2022. New records of Late Triassic wood from Argentina and their biostratigraphic, paleoclimatic, and paleoecological implications. *Acta Paleontológica Polónica* 67 (2): 329–340.
- Vera, E. I., 2007. A new species of *Ashicaulis* Tidwell (Osmundaceae) from Aptian strata of Livingston Island, Antarctica. *Cretaceous Research* 28, 500–508
- Vergel, M. M., Durango de Cabrera, J., & Herbst, R., 2008. Breve historia de la paleobotánica y la palinología en el

- noroeste argentino. *Serie correlación geológica*, (24), 267–279.
- Villalva, R. & Roig, F. Jr., 1986. Registros de congelamiento en especies leñosas argentinas. *Acta Geocriogénica* 4, 141–147. Von Mohl, H., 1823–1850. De palmarum structura. En: K. F. von Martius (ed.), *Historia 562'' naturalis palmarum*, Opus tripartitum, vol. 1, Monachii–impensis auctoris. F. 563'' Fleischer, Leipzig, Germany.
- Watari, S., 1952. Dicotyledonous woods from the Miocene along the Japan-sea side of honshu. *Journal of Faculty of Science University of Tokyo, Section III (Botany)* 6, 97–134.
- Wheeler, E. & Baas, P., 1991, A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy: *International Association of Wood Anatomy Bulletin* n.s., 12, 275–332.
- Wheeler, E. A. & Bass, P., 1993. The potentials and limitations of dicotyledonous wood anatomy for climatic reconstructions. *Paleobiology*, 19, 487–498.
- Wheeler, E. A. & Dillhoff, T., 2009. The middle Miocene wood flora of Vantage, Washington, USA. *IAWA J.* 7, 4–101.
- Wheeler, E. A. & Lehman, T. M., 2000. Late Cretaceous woody dicots from the Aguja and Javelina Formations, Big Bend National Park, Texas, USA. *Iawa Journal*, 21(1), 83–120.
- Wheeler E. A., McClammer J. & LaPasha C. A., 1995. Similarities and differences in dicotyledonous woods of the Cretaceous and Paleocene. San Juan Basin, New Mexico, USA. *IAWA Journal* 16, 223–254.
- Xia, G., Tian, N., Philippe, M., Yi, H., Wu, C., Li, G., & Shi, Z., 2020. Oldest Jurassic wood with Gondwanan affinities from the Middle Jurassic of Tibetan Plateau and its paleoclimatological and paleoecological significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 281, 104283.
- Yatsenko-Khmelevsky, A., 1948. Printsipy sistematiki drevisiny. *Trudi Bot. Inst. An. Arm. SSR.* 5, 5–155.
- Zamudio, M. B., 2015. “Estudio preliminar de ostrácodos continentales de Cerro Pampa, Formación Chiquimil (Mioceno tardío), Provincia de Catamarca, Argentina”. III Simposio del Mioceno Pleistoceno del Centro y Norte de Argentina. *Ameghiniana, Suplemento Resúmenes* 53: 3R.
- Zamuner, A. & Artabe A. E., 1994. Estudio de un leño fósil, *Protocircoporoxylon marianaensis* n. sp., de la Formación Paso Flores (Neotriásico), provincia de Río Negro, Argentina. *Ameghiniana* 31, 203–207.

- Zamuner, A. & Falaschi, P., 2005. *Aghatoxylon matildense* n. sp., leño araucariaceo del Bosque petrificado del Cerro Madre e Hija, Formación La Matilde (Jurásico medio), provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana* 42, 339–346.
- Zijlstra, G. & Philippe M., 2020. (2741) Proposal to conserve the name *Protophyllocladoxylon* (fossil Coniferophyta: Coniferales) with a conserved type. *Taxon* 69: 403–413. DOI: 10.1002/tax.12227.
- Zimmermann, M. H. & Tomlinson, P. B., 1970. The vascular system in the axis of *Dracaena fragrans* (Agavaceae) 2. Distribution and development of secondary vascular tissue. *Journal of the Arnold Arboretum*, 51 (4), 478–491.
- Zucol, A. F. & Brea, M., 2000. Análisis fitolítico de la Formación Paraná en la provincia de Entre Ríos. El Neógeno de Argentina. *Serie de Correlación Geológica*, 14, 67–76.
- Zucol, A. F., Brea, M. & Scopel, A., 2005. First record of fossil wood and phytolith assemblages of the Late Pleistocene in El Palmar National Park (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, 20 (1-2), 33–43.
- Zuliani, P. A. & Crisafulli, A., 2021. Estudios xilotafoflorísticos de la Formación Llantenes, Triásico Superior de Mendoza, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 23 (1), 81–100.