



## PALEOVEGETACIÓN CENOZOICA DEL NOROESTE ARGENTINO

Luisa M. ANZÓTEGUI<sup>1</sup>, Lilia R. MAUTINO<sup>1</sup>, Silvina S. GARRALLA<sup>1</sup>,  
Rafael HERBST<sup>2</sup>, Juan M. ROBLEDO<sup>1</sup>, Maricel Y. HORN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CECOAL, CONICET, Universidad Nacional del Nordeste, Ruta 5 km 2,5, Corrientes CP 3400, Argentina.

Emails: luisaanzotegui@yahoo.com.ar, liliamautino@yahoo.com.ar, silgabe2@yahoo.com.ar,  
robledomanuel@rocketmail.com, yaninahorn@yahoo.com

<sup>2</sup>INSUGEO, CONICET, Miguel Lillo 205, San Miguel de Tucumán CP 4000, Argentina.  
Email: rafaherbst36@gmail.com

### RESUMEN

Se da a conocer la información vegetacional basada en los aportes existentes sobre megafósiles, palinomorfos e icnofósiles del Cenozoico, particularmente desde el Paleoceno al Pleistoceno hallados en las provincias de Salta, Tucumán y Catamarca. Los concernientes a megafósiles incluyen impresiones foliares, de frutos y tallos, leños petrificados, trazas de fitofagia y microfósiles. Los palinomorfos, todos de origen continental, comprenden esporas y granos de polen del reino Plantae, colonias y quistes algales (Chlorophyta) del Reino Protista y esporas del Reino Fungi. El Paleógeno está representado en el centro-norte de la provincia de Salta en las formaciones Tunal, Mealla, Maíz Gordo y Lumbrera de edad Paleoceno-Eoceno. El Neógeno posee afloramientos en todas las provincias citadas: en la provincia de Salta en las formaciones Anta (Mioceno temprano/medio) y Palo Pintado (Mioceno tardío); en las provincias de Tucumán y Catamarca en las formaciones San José, Chiquimil y Andalhuala (Mioceno medio a Plioceno); además, en la provincia de Catamarca en la Aloformación Playa del Zorro (Formación El Morterito) de edad Mioceno tardío. El Pleistoceno aflora en las provincias de Tucumán y Salta. De cada formación se citan las localidades fosilíferas, el tipo de fósil hallado, las familias vegetales (establecidas a partir del representante actual más cercano al fósil) y el tipo de paleocomunidad. Es la primera vez que se señalan las relaciones y se muestran los cambios entre las asociaciones vegetales del Cenozoico del noroeste argentino. Los últimos, estarían relacionados a la historia geológica del área en la que ocurrieron cambios climáticos y tectónicos.

**Palabras clave.** Paleoceno, Eoceno, Mioceno, Plioceno, Pleistoceno.

### ABSTRACT

*Cenozoic paleovegetation from northwestern Argentina.* The paleobotanical information reported here is based on the records of megafossils, palynomorphs and ichnofossils from the Cenozoic, particularly from the Paleocene to the Pleistocene found in Salta, Tucumán and Catamarca provinces. Megafossils include foliar, fruit and stem impressions, petrified woods, phytophagy traces and microfossils. The palynomorphs, all of them of continental origin, include spores and pollen grains of the Plantae kingdom, colonies and algae cysts (Chlorophyta) of the Protista kingdom, and spores of the Fungi kingdom. The Paleogene age is represented in central-northern Salta province, in the Tunal, Mealla, Maiz Gordo and Lumbrera formations. The Neogene crops out in all of the provinces cited: in Anta (Early/Middle Miocene) and Palo Pintado formations (Late Miocene) from Salta province; in San José, Chiquimil and Andalhuala formations (Middle Miocene to Pliocene) from Tucumán and Catamarca provinces; also, in Playa del Zorro Alloformation (El Morterito Formation, Late Miocene) from Catamarca province. Pleistocene outcrops in Tucumán and Salta provinces. The fossiliferous localities, the type of fossil found, the vegetal families (established by the extant representative closest to the fossil specimen) and the type of paleocommunity are mentioned for each formation. Relations and changes between the Cenozoic plant associations from Northwestern Argentina are indicated for the first time. The latter would be related to the geological history of the area where climatic and tectonic changes have occurred.

**Keywords:** Paleocene, Eocene, Miocene, Pliocene, Pleistocene.

## INTRODUCCIÓN

Se da a conocer la información vegetacional basada en los aportes existentes sobre megafósiles, palinomorfos e icnofósiles (trazas foliares asociadas a las impresiones de hojas) del Cenozoico, particularmente desde el Paleoceno al Pleistoceno hallados en las provincias de Salta, Tucumán y Catamarca. Los concernientes a megafósiles incluyen impresiones foliares, de frutos y tallos, leños petrificados, trazas producidas por fitofagia y microfósiles (oogonios de carófitas y hongos liquenizados en hojas). Los palinomorfos, todos de origen continental y en buen estado de preservación, comprenden esporas y granos de polen del reino Plantae, colonias y quiste algales (“algas verdes”) del Reino Protista y esporas del Reino Fungi. Las trazas de fitofagia son citadas por su tipo: agallas, esqueletonizaciones, escisiones en ventana, escisiones marginales, escisiones no marginales, minaciones, oviposiciones y picaduras. También se incluyen las localidades fosilíferas de cada formación (Figura 1), el tipo de fósil hallado, las familias vegetales (establecidas a partir del representante actual más afín al fósil), las paleocomunidades y el ambiente en que se desarrollaron. Además, de cada familia y entre paréntesis, se incluye el número de especies registradas, a fin de demostrar su diversificación. Las familias están incluidas en las siguientes Divisiones: Clorophyta (para algas verdes), Bryophyta *sensu lato*, Polypodiopsida y Lycopodiopsida, Gymnospermae y Angiospermae. Se analizan los trabajos realizados desde 1978 hasta el presente, debido a que es la primera vez que se establecen las relaciones y se señalan los cambios entre las asociaciones vegetales del Cenozoico del noroeste argentino. Los últimos estarían vinculados a la historia geológica del área en la que ocurrieron cambios climáticos y tectónicos. El Paleógeno está representado solamente en el centro-norte de la provincia de Salta, en las formaciones Tunal, Mealla, Maíz Gordo y Lumbreira de edad paleocena-eocena. El Neógeno posee afloramientos en todas las provincias citadas: en la provincia de Salta afloran las formaciones Anta del Mioceno inferior/medio y Palo Pintado del Mioceno superior; en las provincias de Tucumán y Catamarca, las formaciones San José, Chiquimil y Andalhuala del Mioceno medio a plioceno y en la provincia de Catamarca, la Aloformación Playa del Zorro (Formación El Morterito) de edad Mioceno superior y el Pleistoceno en las provincias de Tucumán y Salta.

## PALEÓGENO

Las formaciones dentro del lapso Paleoceno-Eoceno contienen solamente palinomorfos, habiéndose registrado entre 18 a 32 especies en cada una de ellas.

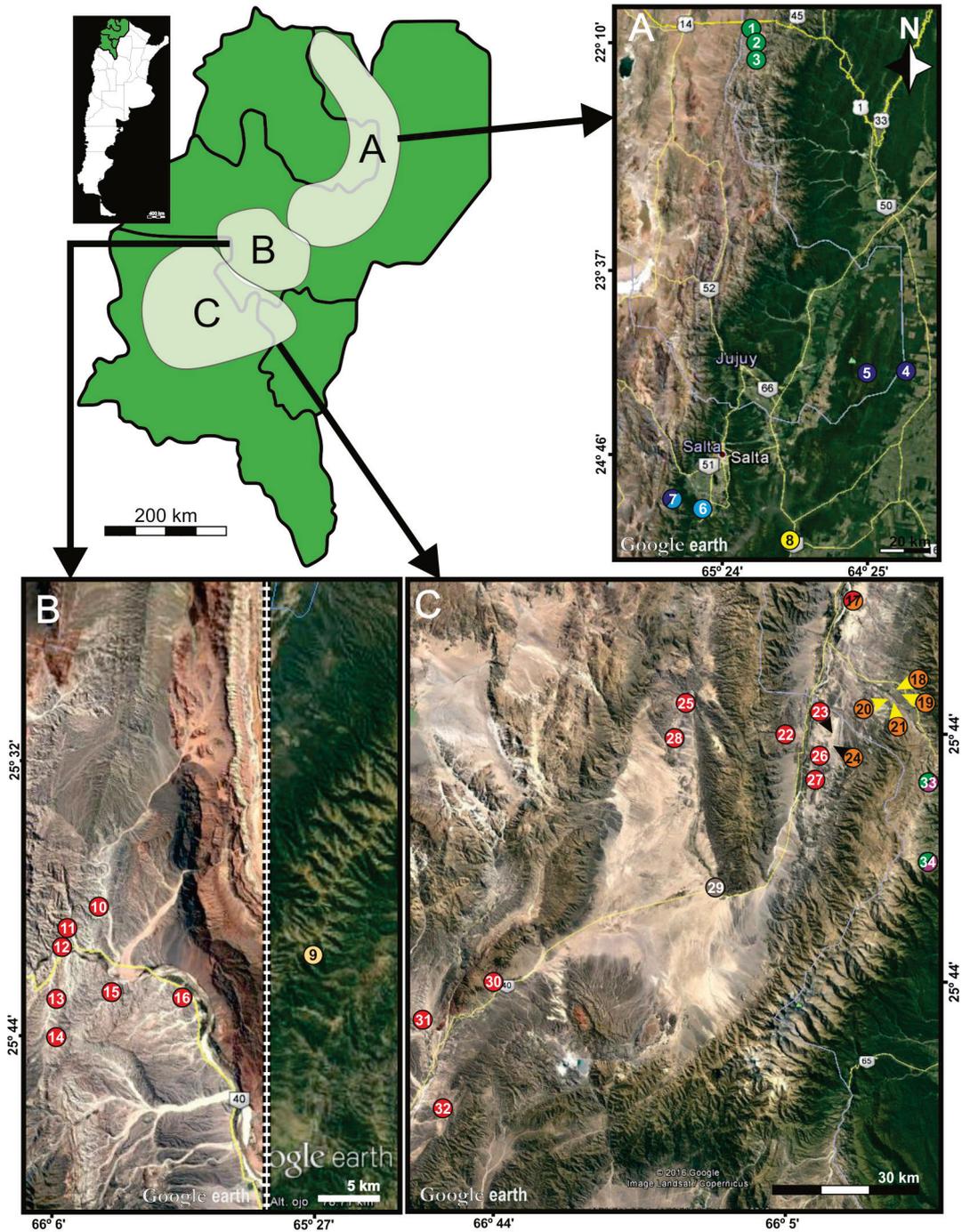
### Paleoceno inferior

*Formación Tunal.* (Quattrocchio y Volkheimer 1988, Quattrocchio *et al.* 1988, Quattrocchio y del Papa 2000, Quattrocchio 2006) (Figura 1). Localidades: Corralito y Tilián en la provincia de Salta. Contienen una asociación de 18 especies, que se incluyen en los siguientes grupos: Fungi: 2 especies de esporas. Chlorophyta: Hydrodictyaceae (*Pediastrum*). Gymnospermae: Ephedraceae (2), Podocarpaceae. Angiospermae: Aquifoliaceae, Anacardiaceae (2), Pandanaceae, Haloragaceae (2), Ulmaceae. De este conjunto se pueden inferir paleoasociaciones acuática/palustres y bosques de altura con un elevado registro de Ulmaceae, desarrollados bajo condiciones climáticas cálidas y húmedas por la presencia de familias de extracción tropical-subtropical como Pandanaceae.

### Paleoceno tardío

*Formación Mealla.* (Quattrocchio *et al.* 1997, Quattrocchio y del Papa 2000, Quattrocchio 2006) en la localidad Arroyo Garabatal (Jujuy) (Figura 1), con 32 especies correspondientes a los siguientes grupos: Polypodiopsida: Azollaceae, Osmundaceae, Schizaceae. Gymnospermae: Ephedraceae. Angiospermae: Anacardiaceae, Aquifoliceae, Arecaceae (Palmae), Fabaceae, Gunneraceae, Haloragaceae (Oenotheraceae), Hammamelidaceae, Loganiaceae, Onagraceae, Pandanaceae (2), Restionaceae, Rutaceae, Rutaceae/Vitaceae y Ulmaceae. Se infieren paleocomunidades lacustre/pantanosas y bosques de altura por la presencia de Aquifoliaceae, Schizaceae, Gunneraceae, Hammamelidaceae, Rutaceae y Anacardiaceae con condiciones menos cálidas y húmedas, que en la formación anterior, con un bosque empobrecido, por el alto porcentaje de Ephedraceae. Se observa la presencia de 4 familias de extracción tropical como Hammamelidaceae, Loganiaceae, Restionaceae y Pandanaceae, las dos últimas podrían haber crecido en lugares secos de altura.

*Formación Maíz Gordo.* (Quattrocchio y del Papa 2000, Quattrocchio 2006). Localidades: El Corralito y Arroyo Las Tortugas, Salta (Figura 1). Asociación de 19 especies, pertenecientes a los si-



- REFERENCIAS:**
- |                                                                                                         |                                                                                                              |                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <span style="color: blue;">■</span> Paleoceno Inferior                                                  | <span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Corte de imagen B | <span style="color: brown;">■</span> Plioceno              |
| <span style="color: darkblue;">■</span> Paleoceno Tardío                                                | <span style="background-color: yellow; width: 20px; display: inline-block;"></span> Mioceno Temprano         | <span style="color: green;">■</span> Pleistoceno           |
| <span style="background-color: orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> Eoceno Medio-Tardío | <span style="background-color: orange; width: 20px; display: inline-block;"></span> Mioceno Medio            | <span style="color: purple;">■</span> Pleistoceno-Holoceno |
|                                                                                                         | <span style="color: red;">■</span> Mioceno Tardío                                                            |                                                            |

**Figura 1.** Mapa de ubicación de las distintas formaciones y localidades fosilíferas: A y B. Afloramientos en la provincia de Salta; 1-3. Flanco oriental de los Andes y Cordillera oriental (sierra de Santa Victoria); 1. Laguna Grande; 2. Tres Lagunas II; 3. Abra de la Cruz I. 4 y 7. Formación Maíz Gordo; 4. Arroyo Las Tortugas; 7. El Corralito; 5. Formación Mealla, Arroyo Garabatal; 6 y 7. Formación Tunal; 6. Tilián; 7. El Corralito; 8. Formación Anta, Río Piedras; 9. Formación Lumbraera, Pampa Grande; 10-16. Formación Palo Pintado; 10. Quebrada de Salta; 11. Peñas Blancas; 12. Río Calchaquí; 13. Quebrada de Alfredo; 14. Quebrada El Estanque; 15. Quebrada del Horno; 16. Quebrada Rincón del Horno; C. Afloramientos en las provincias de Tucumán y Catamarca; 17, 21, 24. Formación San José; 17. Tiopunco; 18. Km 107; 19. Morro Las Brujas; 20. La Quenquiada; 21. Río Salinas; 24. Río Seco; 17, 22-24, 26-28, 30-32. Formación Chiquimil; 17. Tiopunco; 22. Km 6, ruta 17; 23. Agua Verde; 24. Río Seco; 26. Quebrada de Jujuil; 27. Río Vallecito; 30. Los Nacimientos de Abajo; 31. Corral Quemado; 32. Cerro Pampa; 25 y 28. Aloformación Playa del Zorro; 25. La Cascadita; 28. Río Totoral; 29. Formación Andalhuala, Pie del Médano; 34 y 35.- Valles Calchaquíes, noroeste de la provincia de Tucumán; 34. El Molle; 35. El Rincón.

guientes grupos: Fungi con 2 especies de esporas. Chlorophyta: Hydrodictyaceae. Lycopodiophyta: Lycopodiaceae. Polypodiopsida: Osmundaceae, Salviniaceae. Gymnospermae: Podocarpaceae, Cheirolepidaceae, Ephedraceae. Angiospermae: Anacardiaceae (2), Aquifoliaceae, Arecaceae, Fabaceae, Haloragaceae, Liliaceae, Loganiaceae, Pandanaceae, Rutaceae, Rutaceae/Vitaceae y Ulmaceae. De este conjunto de familias se infieren paleocomunidades acuática/palustre y bosques de altura, también dominan comunidades secas de altura, con familias de extracción tropical, desarrollados bajo un clima cálido y húmedo con períodos de sequía. La presencia de representantes de Cheirolepidaceae podría ser una redeposición de sedimentos más antiguos.

### Eoceno medio-tardío

*Formación Lumbrera.* (Quattrocchio 1978a, 1978b, 1978c, Quattrocchio y del Papa 2000, Quattrocchio 2006). Localidad: Pampa Grande, Salta (Figura 1). Se hallaron 26 especies de palinomorfos de los siguientes grupos: Fungi: 7 especies de esporas. Chlorophyta: Hydrodictyaceae. Lycopodiophyta: Lycopodiaceae. Polypodiopsida: Marsilliaceae, Incertae sedis (2) Gymnospermae: Podocarpaceae, Angiospermae: Combretaceae, Haloragaceae, Hamamelidaceae (2), Liliaceae (2), Onagraceae. Estas familias habrían integrado las siguientes paleocomunidades: bosques montanos húmedos con Podocarpaceae, Hammamelidaceae y Lycopodiaceae, y acuática/palustre con Hydrodictyaceae, Onagraceae, Combretaceae y Marsiliaceae, desarrolladas bajo un ambiente cálido y húmedo subtropical a tropical.

## NEÓGENO

Se debe destacar que todas las formaciones contienen palinomorfos, excepto la Formación Andahuala en la que solo se hallaron megarrestos, que en varias localidades se registraron megarrestos y palinomorfos juntos y que trazas de fitofagia se hallaron en las formaciones San José, Chiquimil, Palo Pintado y en la Aloformación Playa del Zorro.

### Mioceno temprano-medio

*Formación Anta.* (Rivero de Dibiet et al. 2001, Quattrocchio et al. 2003, Garralla et al. 2016). Localidad: Río Piedras (Salta) (Figura 1). Asociación constituida por 10 especies de las que se incluyen los siguientes grupos: Fungi: 13 especies de esporas. Clorophyta: Hydrodictyaceae. Bryophyta *sensu lato*: Anthoce-

rotaceae, Ricciaceae, Riellaceae. Gymnospermae: Podocarpaceae. Angiospermae: Anacardiaceae, Poaceae, Rutaceae y Ulmaceae. De este conjunto se infieren paleocomunidades acuáticas y bosque de altura pobremente representadas y una estepa gramínea por la cantidad de hongos, briófitas y otras especies, por las que se infiere ambiente cálido (tropical a subtropical) y seco.

### Mioceno medio

*Formación San José.* (Anzótegui 2002, 2006, Anzótegui y Cristalli 2000, Anzótegui y Herbst 2004, Mautino et al. 2004, Barreda et al. 2007, Mautino 2007, 2010, 2011, Horn et al. 2011a, Mautino y Anzótegui 2014, Garralla et al. 2016). Localidades Km 107 y Río Salinas (palinomorfos e impresiones), Río Seco, Río La Quenquiada, Morro Las Brujas, Tiopunco (impresiones) en la provincia de Tucumán (Figura 1).

- Megafósiles: 26 impresiones, la mitad corresponde a hojas y el resto a frutos y un leño, en las que están representadas las siguientes familias de Angiospermae: Anacardiaceae (2), Asteraceae (3), Brassicaceae, Cyperaceae (2), Fabaceae (10), Malvaceae, Melastomataceae, Myrtaceae (4), Potamogetonaceae y Zygophyllaceae. Entre los microfósiles un hongo liquenizado y oogonios de Characeae (Chlorophyta).
- Palinomorfos: se hallaron 156 especies pertenecientes a Clorophyta: Botryococcaceae, Sphaeropleaceae, Zygnemataceae (5), Coelastraceae, Oedogoniaceae, Sphaeropleaceae-Oedogoniaceae. Bryophyta *sensu lato*: Sphagnaceae, Anthocerotaceae, Ricciaceae (2), Reuboliaceae (Marchantiales), Cleveaceae. Lycopodiophyta: Lycopodiaceae (2). Polypodiopsida: Cyatheaceae (2), Cyatheaceae/Dennstaedtiaceae, Gleicheniaceae, Grammitidaceae(?). Hymenophyllaceae, Matoniaceae/Dipteridaceae (3), Osmundaceae (2), Pteridaceae (3), Polypodiaceae (1), Schizaceae (3). Gymnospermae: Araucariaceae, Ephedraceae (4), Podocarpaceae (5). Angiospermae: Acanthaceae (3), Amaranthaceae, Anacardiaceae (4), Apiaceae, Apocinaceae, Araliaceae, Arecaceae (3), Asteraceae (8), Betulaceae, Bombacaceae, Boraginaceae, Cactaceae (2), Cappariaceae (2), Celtidaceae, Caryophyllaceae, complejo polínico Chenopodiaceae-Amaranthaceae (3), Cyperaceae (2), Escalloniaceae, Euphorbiaceae (2), Fabaceae (8), Fagaceae, Goodeniaceae (2) Gunneraceae, Haloragaceae (2), Hydrocharitaceae, Malvaceae (8), Malpighiaceae, Myrtaceae (4), Nyctaginaceae, Poaceae (2), Polygonaceae, Polygalaceae, Rubiaceae, Rutaceae/Anacardiaceae, Rutaceae, Sapindaceae (2), Solanaceae,

Sparganiaceae/Typhaceae (2), Ulmaceae, Vitaceae, Zygophyllaceae.

- Trazas de fitofagia: Agallas (2), escisiones marginales (16), escisiones no marginales (14), minaciones (1).

Del conjunto de estos vegetales fósiles se han establecido las siguientes paleocomunidades (Figuras 2-7): acuática, con elementos herbáceos, flotantes y sumergidos; palustre, con estratos cespitoso y herbáceo; halofíticas, con estratos cespitoso y herbáceo; bosques de ribera, con estratos herbáceo, arbustivo, arbóreo y epífita/trepador; xéricas, con estratos herbáceo y arbustivo/ arbóreo y bosque de altura, con elementos arbóreos. Para la paleocomunidad xerofítica, Mautino (2010), por la frecuencia relativa de palinomorfos, propone la existencia de una sabana arbolada. Esta vegetación se habría desarrollado en un ambiente cálido húmedo estacionalmente seco.

### Mioceno tardío

*Formación Chiquimil.* (Fernández y Bravo 1985, Lutz 1987, Mautino et al. 1997, Mautino y Anzótegui 1998, 2000, 2002a, 2002b, 2014, Anzótegui 2004, 2006, Martínez 2009, 2014, Barreda et al. 2007, Garralla et al. 2012, Mautino 2009, 2010, 2011, Garralla et al. 2016). Localidades fosilíferas, en la provincia de Catamarca, en el valle de Santa María: Río Vallecito, Agua Verde, Km 6, ruta N° 17 y Quebrada de Jujuil, Los Nacimientos de Abajo, Corral Quemado y Cerro Pampa. En la provincia Tucumán: Tiopuncó (Figura 1).

- Megafósiles: 11 especies de impresiones, entre ellas 4 de frutos y una de tallo y las demás de hojas; 3 son de leños. Las especies de estos megafósiles se incluyen en los siguientes grupos: Polypodiopsida: Equisetaceae, Thelypteridaceae. Angiospermae: Anacardiaceae (2), Cyperaceae (3), Fabaceae (7), Malvaceae, Nymphaeaceae, Potamogetonaceae. Leños: Fabaceae (3). Microfósiles de Characeae.
- Palinomorfos: con 154 especies de los siguientes grupos: Clorophyta: Botryococcaceae, Zygnemataceae (4), Oedogoniaceae, Sphaeropleaceae-Oedogoniaceae. Bryophyta *sensu lato*: Sphagnaceae, Anthocerotaceae (3), Ricciaceae (3), Reuboliaceae (Marchantiales), Cleveaceae. Lycopodiopsida: Lycopodiaceae. Polypodiopsida: Cyatheaceae (2), Dennstaedtiaceae/Cyatheaceae (2), Gleicheniaceae (2), Hymenophyllaceae, Matoniaceae-Dipteridaceae (3), Osmundaceae (3), Polypodiaceae (2), Pteridaceae (4), Schizaceae (2). Gymnospermae: Araucariaceae, Ephedraceae (5), Podocarpaceae (9). Angiospermae: Acanthaceae, Amaranthaceae,

Anacardiaceae (2), Apiaceae, Apocinaceae, Araliaceae, Arecaceae (5), Asteraceae (11), Betulaceae, Bignoniaceae, Budlejaceae, Cactaceae (2), Capparidaceae (2), Caryophyllaceae, Celtidaceae, complejo polínico Chenopodiaceae-Amaranthaceae (3), Convolvulaceae, Cyperaceae (2), Euphorbiaceae (2), Fabaceae (2), Fagaceae, Goodeniaceae (3), Gunneraceae, Haloragaceae (2), Malvaceae (9), Myrtaceae (2), Nyctaginaceae, Oxalidaceae, Phytolacaceae, Poaceae (2), Polygalaceae (2), Polygonaceae (2), Rubiaceae, Rutaceae/Anacardiaceae, Rutaceae, Solanaceae, Sparganiaceae/Typhaceae (2), Ulmaceae, Zygophyllaceae.

Del conjunto de estos fósiles vegetales, al igual que en la Formación San José, se infirieron la mismas paleocomunidades (acuática, palustre, halofítica, bosque de ribera y bosque de altura) y las mismas características generales (Figuras 2-7). No obstante es de destacar que en la comunidad xerofítica, Mautino (2010) halló diferencias en las frecuencias relativas de las especies que la componen, motivo por el cual la comunidad xerofítica habría estado conformada por una sabana herbácea con escasos elementos arbóreos. En consecuencia, la vegetación se habría desarrollado bajo un clima cálido con una marcada estacionalidad más seca que en la Formación San José.

- Trazas de fitofagia: escisiones no marginales (4).

*Formación Palo Pintado.* (Herbst et al. 1987, 2000, Anzótegui y Cuadrado 1996, Acevedo et al. 1997, Anzótegui 1998, 2006, Stark y Anzótegui 2001, Lutz y Martínez 2007, Barreda et al. 2007, Anzótegui y Horn 2011, Galli et al. 2011, Horn et al. 2011b, Horn 2014, Robledo et al. 2015, 2016, Garralla et al. 2016). Localidades: Quebrada El Estanque, Quebrada de Alfredo, Quebrada del Horno, Rincón del Horno, Río Calchaquí, Quebrada de Salta y Peñas Blancas (Figura 1).

- Megafósiles: se hallaron 23 especies repartidas entre impresiones foliares (14), frutos (6), 2 de tallos y 1 especie de leño fosilizado. En las mismas están representadas los siguientes grupos: Lycopodiopsida: Lycopodiaceae. Polypodiopsida: Blechnaceae, Equisetaceae, Pteridaceae, Salviniaceae (2), Thelypteridaceae. Angiospermae: Alismataceae, Anacardiaceae, Cabombaceae, Cyperaceae (2), Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Mayacaceae, Meliaceae, Moraceae, Potamogetonaceae y un leño (*Ranunculodendron anzoteguii* Lutz y Martínez) de familia indeterminada.
- Palinomorfos: se determinaron 64 especies de los siguientes grupos: Clorophyta: Botryococcaceae, Hydrodictyaceae (3), Coelastraceae, Oedo-

goniaceae, Zignemataceaea (6). Bryophytasensu lato: Rebouliaceae (3), Sphagnaceae. Polypodioida: Azollaceae, Adiantaceae, Anemiaceae, Cryptogrammataceae, Cyatheaceae (2), Gleicheniaceae (2), Osmundaceae, Pteridaceae (3), Lophosoriaceae, Matoniaceae/Dipteridaceae, Polypodiaceae (2), Schizaceae. Gimnospermae: Araucariaceae, Ephedraceae, Podocarpaceae. Angiospermae: Acanthaceae, Amaranthaceae, Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Arecaceae, Asteraceae, Cactaceae, Celtidaceae, complejo polínico Amaranthaceae-Chenopodiaceae (4), Cyperaceae, Fabaceae, Hammamelidaceae, Haloragaceae, Hydrocharitaceae, Malvaceae (2), Myrtaceae (2), Poaceae, Polygonaceae, Onagraceae, Rubiaceae, Sapotaceae (2) y Ulmaceae.

Como resultado del análisis de estos restos fósiles se infiere que habrían existido las siguientes paleocomunidades (Figuras 2-8): acuática y palustre conformando cuerpos de agua dulce acuáticas lénticas y estables; bosque de ribera, con tres estratos: arbóreo con epifitas, herbáceo y cespitoso, bosques montanos con elementos arbóreos y comunidad xérica con escasa representación. Debido a esto último, se presupone que el ambiente habría sido más húmedo con estacionalidad más breve que en las 2 formaciones anteriores.

- Trazas de fitofagia: agallas (113), eskeletonizaciones (20), escisiones marginales (38), escisiones en ventana (122), escisiones no marginales (652), minaciones (24), oviposiciones (1), picaduras (46).

**Aloformación Playa del Zorro.** (Anzótegui 2006, Anzótegui et al. 2007a, Barreda et al. 2007, Horn 2014, Horn y Anzótegui 2015, Garralla et al. 2016, Horn et al. 2016). Localidades fosilíferas La Cascadita y Río Totoral, en la provincia de Catamarca (Figura 1).

- Megafósiles: se hallaron 12 de impresiones foliares y una de fruto de Angiospermae: Anacardiaceae (2), Cyperaceae, Fabaceae (10).
- Palinomorfos: se determinaron 19 especies de los siguientes grupos: Fungi, Glomeromycota: Glomaceae, Lycoperdaceae. Clorophyta: Botryococcaceae, Zygnemataceae (3). Bryophyta sensu lato: Rebouliaceae. Polypodioida: Osmundaceae (2), Pteridaceae. Gymnospermae: Ephedraceae. Angiospermae: Asteraceae, Chenopodiaceae, Fabaceae, Malvaceae y Poaceae.

En base a este registro se pudieron establecer dos condiciones ambientales en cada una de las localidades estudiadas: en la localidad La Cascadita, se hallaron elementos que señalan la existen-

cia de una paleocomunidad acuática constituida solamente por Botryococcaceae y quistes de Zygnemataceae y una terrestre con esporas de hongos, polen de Ephedraceae y Chenopodiaceae, que señalan condiciones de extrema sequedad (semiáridas). Confirmado también por el análisis de la materia orgánica (Horn et al. 2016). En cambio, en la localidad Río Totoral, las condiciones ambientales habrían mejorado, por la presencia de comunidades palustres (integrada por helechos); bosque de ribera con estratos herbáceo y arbóreo y xéricas también con estratos herbáceo y arbóreo, todas desarrolladas en un clima cálido con estacionalidad marcada (Figuras 2-7).

- Trazas de fitofagia: agallas (3), escisiones marginales (3), escisiones en ventana (3), escisiones no marginales (20), oviposiciones (1), picaduras (5).

### Plioceno

**Formación Andalhuala.** (Menéndez 1962, Fernández y Bravo 1985, Lutz 1987, Durango de Cabrera et al. 1997, Georgieff 1998, Anzótegui et al. 2007b). Localidad fosilífera Pie del Médano, Catamarca (Figura 1).

- Megafósiles: 5 impresiones foliares una de tallo, un fruto y un leño de las siguientes familias y Divisiones: Sphenophyta: Equisetaceae. Angiospermae: Anacardiaceae (2), Cyperaceae, Fabaceae (3) y un leño mineralizado de Fabaceae.

Con estos escasos integrantes, se infiere la existencia de una comunidad palustre herbácea, bosque de ribera con elementos arbóreos y xérica herbácea y arbórea, desarrollada igualmente bajo clima cálido con marcada estacionalidad (Figuras 2-7).

### Pleistoceno

Sobre la base de análisis palinológicos realizados en las provincias de Salta y Tucumán, en el Pleistoceno tardío ya estaban establecidas las especies vegetales actuales de la región. No obstante, pueden observarse diferencias locales de acuerdo a los siguientes sitios de estudio:

- 1) Flanco oriental de los Andes y Cordillera Oriental (sierra de Santa Victoria), provincia de Salta (Schabitz et al. 2001). Localidades fosilíferas: de Laguna Grande, Tres Lagunas II y Abra de la Cruz I (Figura 1). Entre los 15.000 y 11.500 años AP (Tardiglacial), se hallaron altos contenidos de polen arbóreo junto con un desplazamiento hacia el oeste del actual límite de bosque de altura (asociación de las Yungas), estimado esto por los elevados porcentajes de *Podocarpus* sp. (Podocarpaceae), *Alnus* sp. (Betulaceae), *Juglans* sp.

(Juglandaceae) y Myrtaceae, los que hoy están retraídos actualmente a 15 km del área. A partir de los 11.500 años AP se observa una tendencia decreciente del polen arbóreo hacia el Holoceno inferior junto con la disminución de los porcentajes de los taxones del bosque de altura (asociación de Yungas). La fase de bosque responde a la presencia de vientos húmedos del este con aumento de la temperatura hacia 12.000 años AP.

2) Valles Calchaquíes, noroeste de la provincia de Tucumán entre la sierra de Aconquija y Cumbres Calchaquíes (Garralla *et al.* 2001, Garralla 2003). Localidades fosilíferas: El Molle y El Rincón (Figura 1). Se encuentra que alrededor de los 10.350 años AP, imperaban condiciones ambientales de transición semihúmedas y frescas con el desarrollo de la estepa herbácea (Poaceae, Amaranthaceae-Chenopodiaceae y Asteraceae, entre las cuales *Senecio* sp. y *Werneria* sp. son las más abundantes). La vegetación arbustiva representada polínicamente por *Ribes* sp. (Grossulariaceae), *Bulnesia* sp. (Zygophyllaceae) y *Ephedra* sp. (Ephedraceae) fue reducida, mientras que la arbórea estuvo ausente, con excepción de *Celtis* sp. (Celtidaceae) en muy bajos porcentajes ( $\pm 1\%$ ).

### CONSIDERACIONES FINALES

Es posible señalar dos aspectos observados entre las asociaciones vegetales del Paleoceno-Eoceno y las del Mioceno-Plioceno del noroeste argentino. Por un lado, los referidos al registro de familias y por otro a los cambios ambientales o climáticos. Tienen registro continuo las Hydrodictiaceae (Chlorophyta), Lycopodiaceae (Lycopodiopsida), Osmundaceae, Salviniaceae (Polypodiopsida), Podocarpaceae, Ephedraceae (Gymnospermae), Aquifoliaceae, Anacardiaceae, Arecaceae, Fabaceae, Haloragaceae,

Onagraceae, Rutaceae, Rutaceae/Anacardiaceae y Ulmaceae (Angiospermae). En cambio, durante el Mio-Pleistoceno desaparecen las Loganiaceae, Pandanaceae, Restionaceae y Hammamelidaceae (familias que actualmente crecen en zonas tropicales). En el Mioceno medio una notable diversificación de las Podocarpaceae, Ephedraceae, Anacardiaceae, Arecaceae y Fabaceae y al mismo tiempo, la irrupción en las paleocomunidades terrestres abiertas de las Asteraceae, Cactaceae, Cyperaceae, Amaranthaceae, Chenopodiaceae y Malvaceae, junto a una notable riqueza específica (con excepción de Cactaceae), como consecuencia del cambio climático mundial. Con respecto a las condiciones climáticas o ambientales, las asociaciones vegetales del lapso Paleoceno-Eoceno se desarrollaron bajo un clima cálido, más húmedo y homogéneo que las del Mioceno-Plioceno. En cambio, en las de este último lapso (Mioceno-Plioceno) se diferencian dos condiciones dadas por las paleocomunidades xéricas; unas cálidas y secas manifiestas en la Formación Anta (Mioceno inferior-medio) y en la localidad La Cascadita de la Aloformación Playa del Zorro (Mioceno tardío) y otras cálidas y más húmedas con estacionalidad, en las formaciones San José (Mioceno medio), Chiquimil, Aloformación Playa del Zorro (localidad Río Totoral), Palo Pintado (Mioceno tardío) y Aldalhuala (Plioceno). Incluso Mautino (2010) por la presencia y variaciones en la frecuencia relativa de especies pudo diferenciar una sabana arbolada en la Formación San José y una sabana herbácea con escasos árboles en la Formación Chiquimil.

En la transición Pleistoceno-Holoceno tanto en el borde oriental de la Puna (norte de Salta) como en los Valles Calchaquíes (noroeste de Tucumán) se evidencia una reducción de la vegetación arbórea y el predominio de la herbácea arbustiva que se manifiesta a lo largo del Holoceno con alterancia de períodos húmedos y secos.

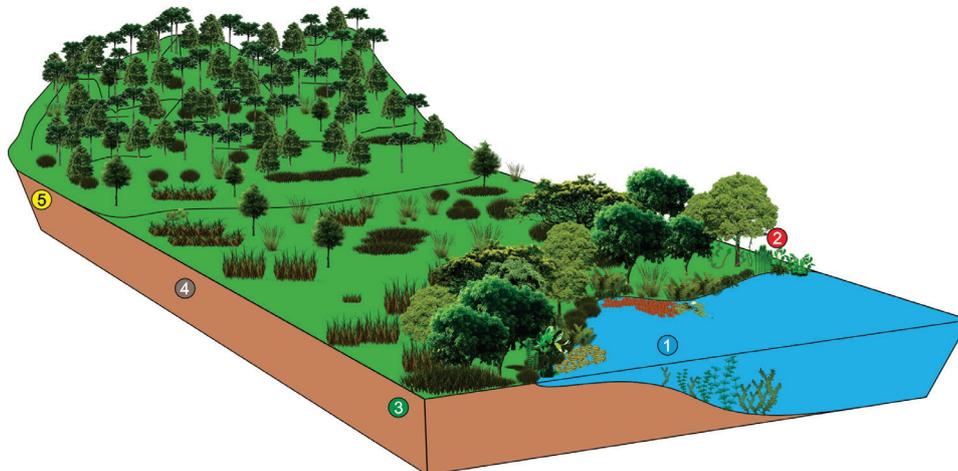
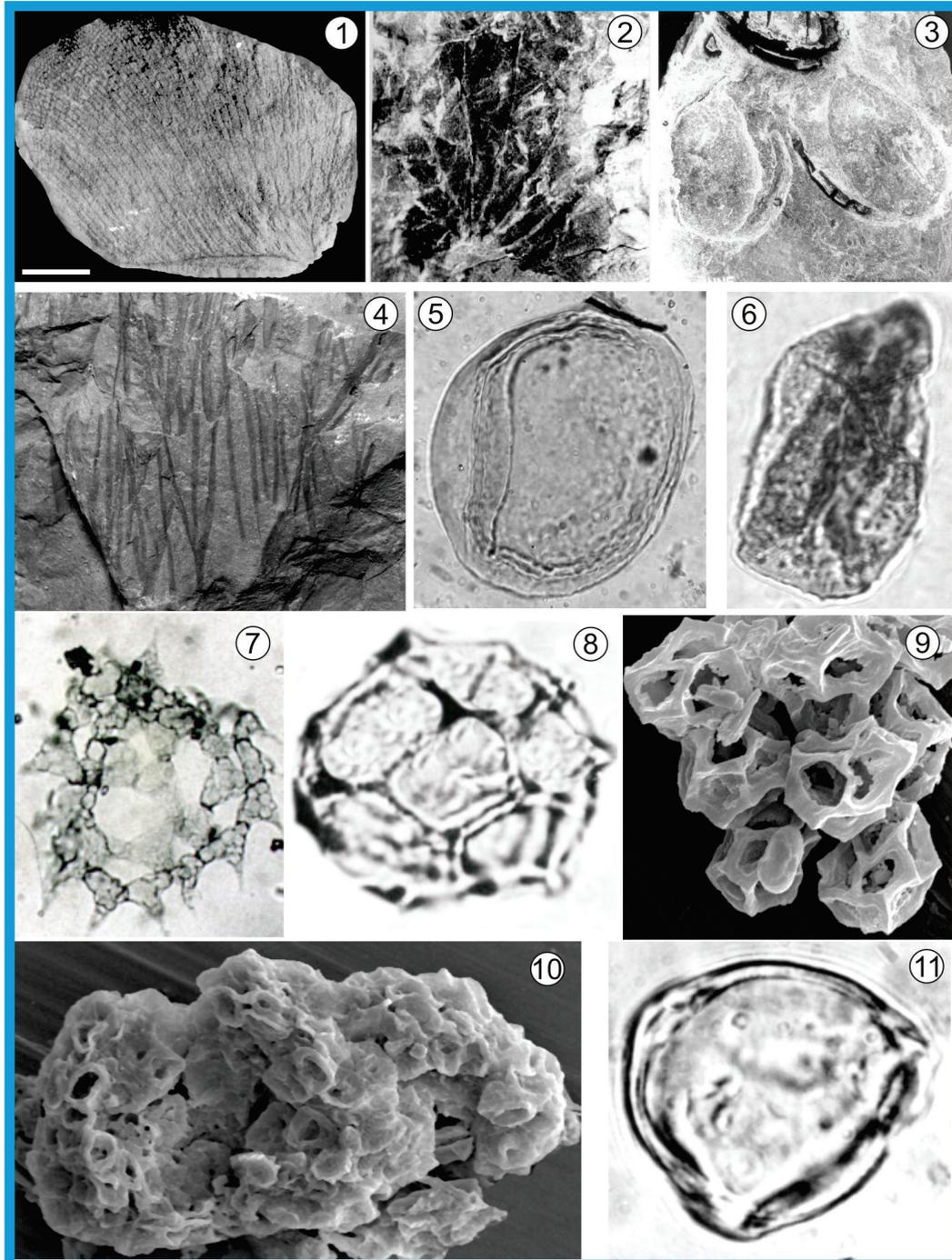


Figura 2. Block-diagrama representando las paleocomunidades del Mioceno medio-Plioceno. 1. acuática; 2. palustre; 3. bosque de ribera; 4. xérica; 5. bosque montano (autor Juan Manuel Robledo).

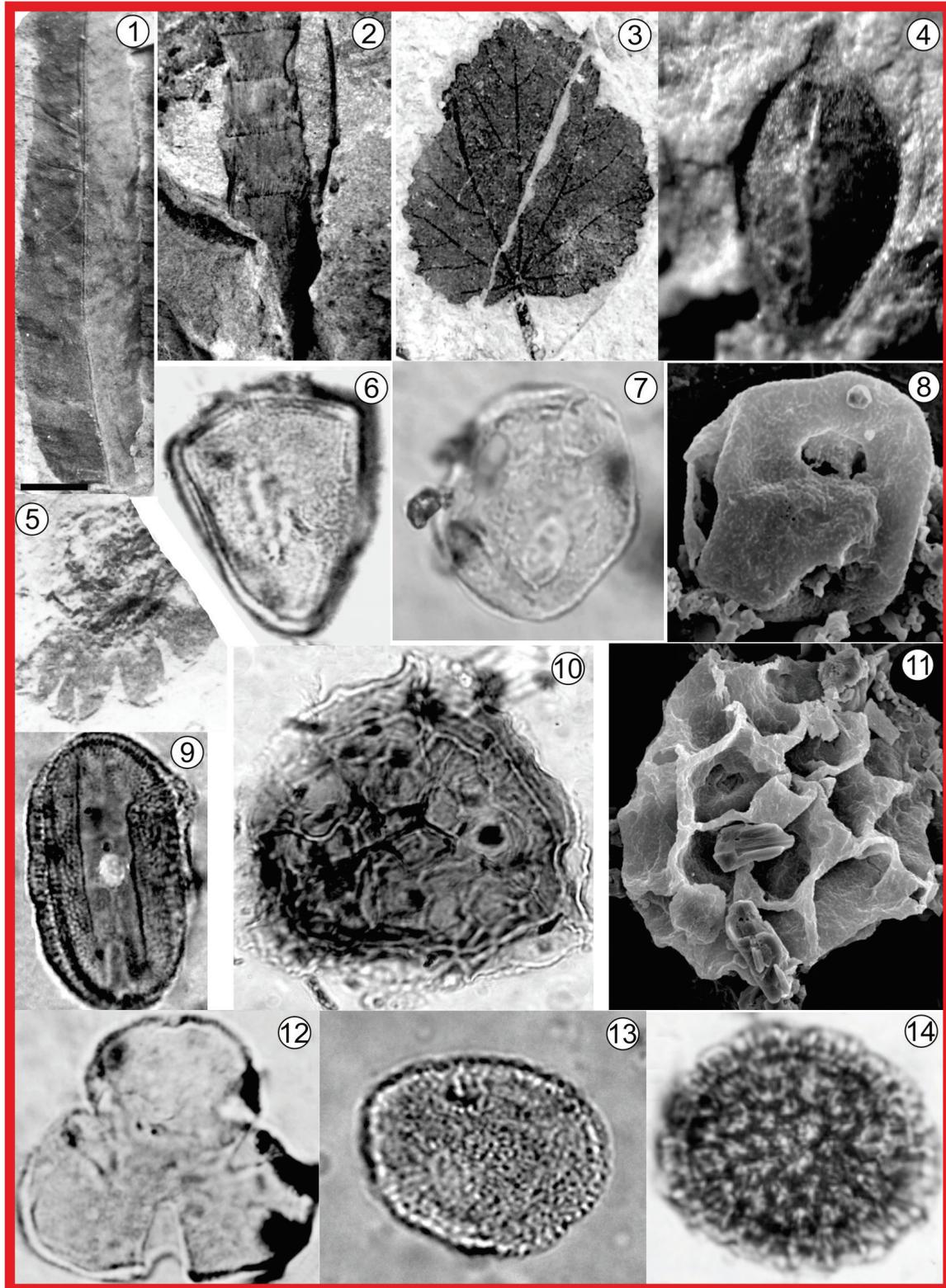
Estos cambios en la composición vegetal del Cenozoico obedecen al desmejoramiento climático mundial producidos, entre otros factores, por el efecto continentalidad-oceanidad y por los patrones de circulación atmosférica y oceánica y entre los más cercanos, a la orogenia andina, la in-

gresión marina paranaense, la glaciación antártica y patagónica (Barreda *et al.* 2007).

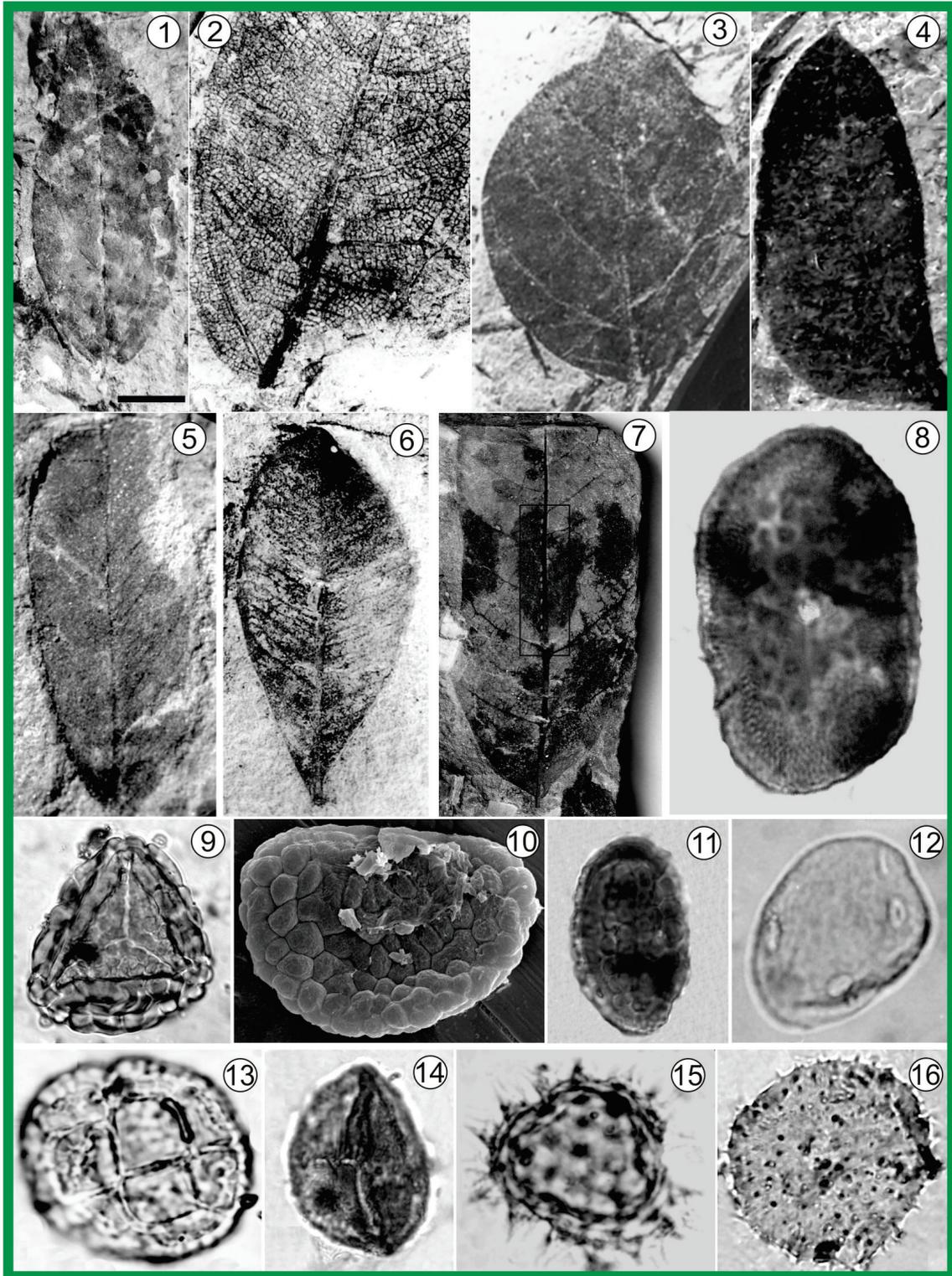
Por último cabe señalar que a las asociaciones del Paleoceno-Eoceno del noroeste argentino Quattrocchio (2006) las incluyó en la provincia fitogeográfica de Ulmaceae (*Verrustephanoporites*



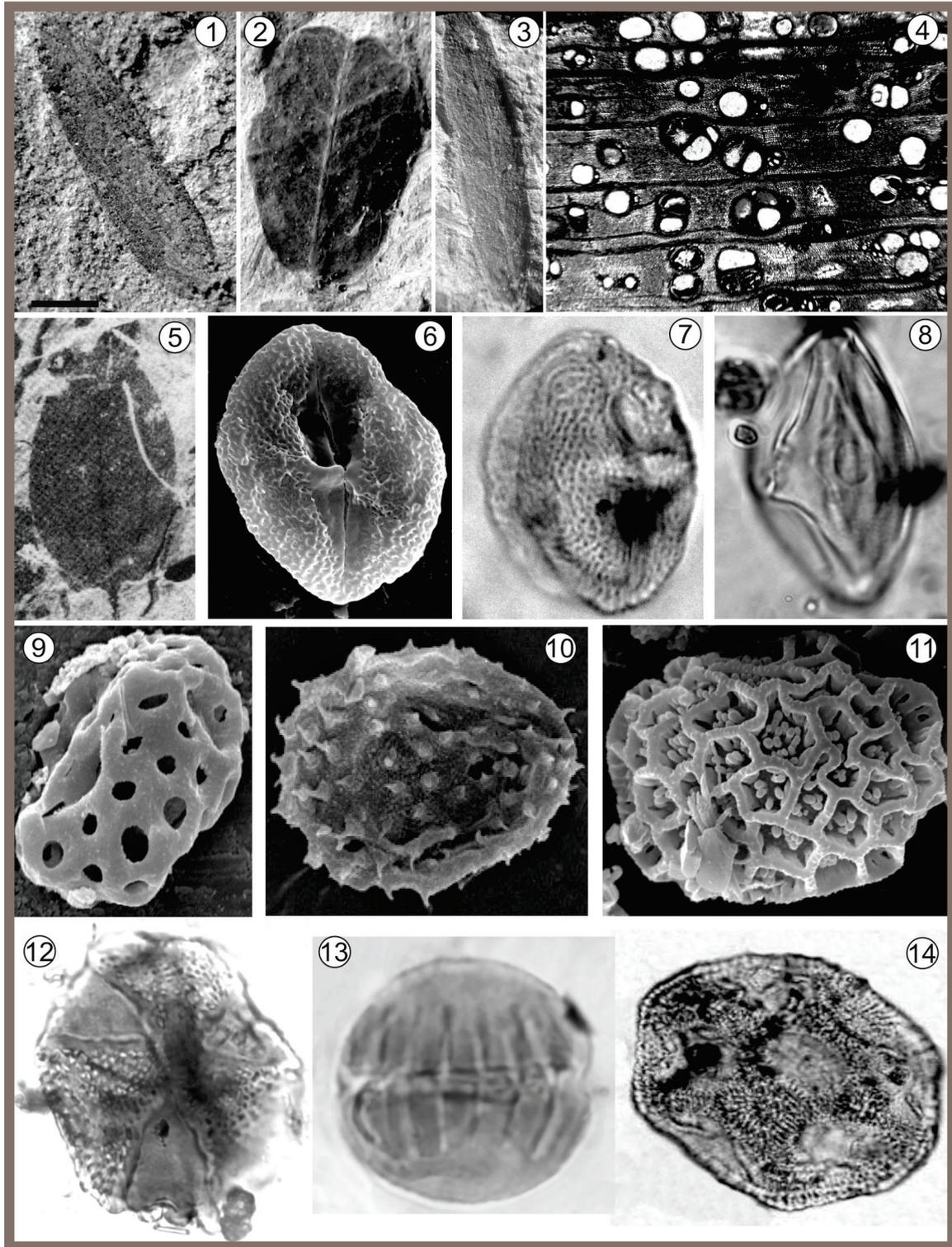
**Figura 3.** Impresiones y palinomorfos de la comunidad acuática. 1. Salviniaceae (*Salvinia graui* Herbst y Anzótegui); 2. Nymphaeaceae (*Nymphaea* sp. 1); 3. Potamogetonaceae (*Potamogeton* sp.); 4. Cabombaceae (*Cabomba* aff. *Cabomba caroliniana* A. Gray); 5. Zygnetaceae (*Lecaniella korsoddensis* Batten, Koppelhus y Nielsen *emend.* Mautino, vista al microscopio óptico, (MO); 6. Hydrocharitaceae (*Smilacipites aquaticus* Anzótegui y Cuadrado, MO); 7. Hydrodictyaceae (*Pediastrum simplex* (Meyen) Lemmerman, MO); 8 y 9. Sphaeropleaceae. (*Sphaeroplea miocenica* Mautino, MO y microscopio electrónico de barrido, MEB respectivamente); 10. Botryococcaceae (*Botryococcus braunii* Kützing, MEB). 11. Haloragaceae (*Haloragacidites trioratus* Couper, MO). Figura 3: 1, 2, 5, 7. Formación Palo Pintado; 3, 4, 6, 8, 9, 10. Formación San José; 11. Formación Chiquimil. Escala: 1 = 2 mm; 2 = 1 cm; 3 = 833  $\mu$ m; 4 = 2,4 mm; 5 = 18  $\mu$ m; 6 = 13  $\mu$ m; 7 = 25  $\mu$ m; 8 = 3  $\mu$ m; 9 = 6,5  $\mu$ m; 10 = 7,5  $\mu$ m; 11 = 4,5  $\mu$ m.



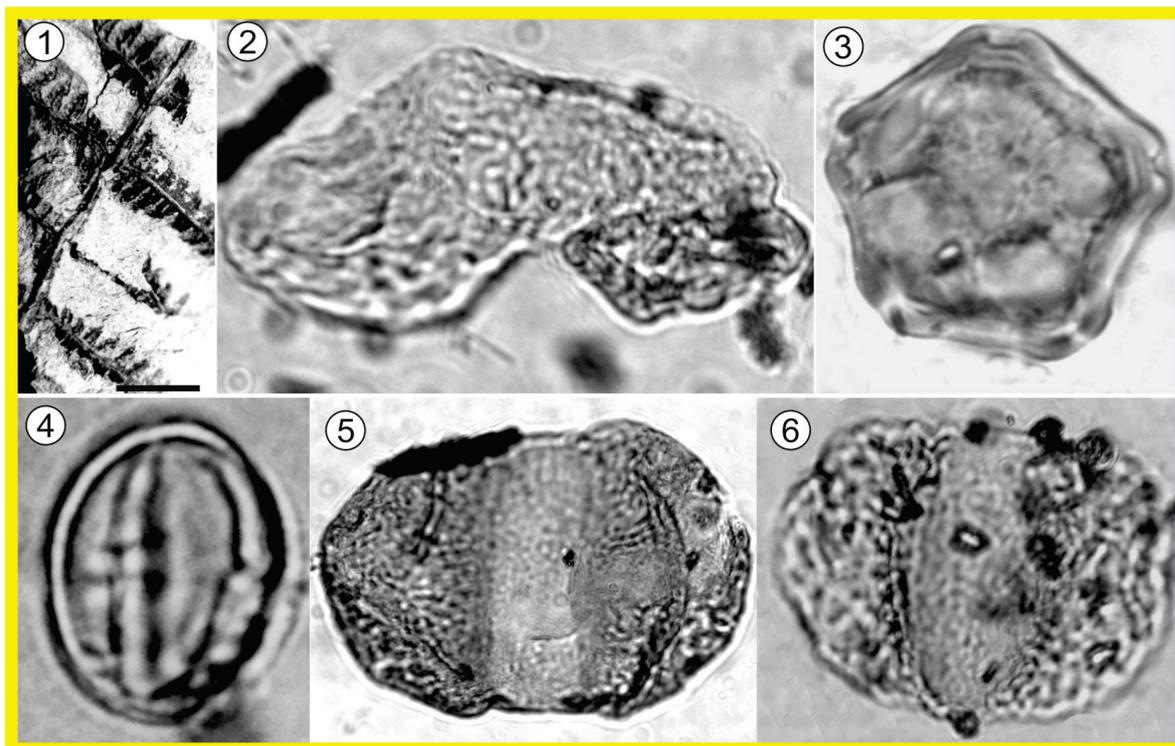
**Figura 4.** Impresiones y palinomorfos de la comunidad palustre. 1. Blechnaceae (*Blechnum serrulatiformis* Anzótegui y Horn); 2. Equisetaceae (*Equisetum* sp.); 3. Malvaceae (*Malvaciphyllum quenquiadensis* Anzótegui); 4, 6-8. Cyperaceae 4. (*Cyperocarpus* sp.); 6. (*Cyperaceapollis neogenicus* Krutzsch, MO); 7 y 8. (*Cyperaceapollis kyllingoides* Mautino y Anzótegui, MO y MEB); 5. Asteraceae (*Asteracarpus gomez-belloi* Anzótegui y Herbst); 9. Acanthaceae (*Areolipollis insularis* Mautino); 10. Rebouliaceae (*Reboulisporites fuegensis* Zamaloa y Romero, MO); 11. Ricciaceae (*Ricciaesporites transdanubicus* Nagy, MEB); 12. Gunneraceae (*Tricolpites reticulatus* (Cookson) Jarzen y Dettmann, MO); 13. Sparganiaceae o Typhaceae. (*Sparganiaceapollenites* sp., MO); 14. Polygonaceae (*Persicarioipollis* sp., MO). Figura 4: 1, 2, 4. Formación Palo Pintado; 3, 5, 7, 8, 9. Formación San José; 6, 10, 11, 12, 13, 14. Formación Chiquimil. Escala: 1 = 1 cm; 2 = 1,4 cm; 3 = 1,9 cm; 4 = 0,2 mm; 5 = 3,3 mm; 6, 7, 13 y 14 = 7 µm; 8 = 5 µm; 9 = 9 µm; 10 = 11 µm; 11 = 18,4 µm; 12 y 13 = 6,4 µm.



**Figura 5.** Impresiones y palinomorfos de la comunidad de bosque de ribera. 1. Lauraceae (*Nectandra saltensis* Anzótegui); 2. Moraceae (*Ficus tressensii* Anzótegui); 3, 4, 5, 13. Fabaceae 3. (*Erythrina dominguezii* Hassl.); 4. (*Senna* cf. *bicapsularis* (L.) Roxburgh); 5. (*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze); 6. Myrtaceae (*Myrciophyllum tucumanensis* Anzótegui); 7. Meliaceae (*Cedrela fissiliformis* Anzótegui y Horn); 8 y 11. Acanthaceae 8. (*Areolipollis pirenii* Mautino, MO); 11. (“*Verrustephanoporites*” sp., MO); 9. Pteridaceae (*Muricingulisporis verrucosus* Mautino y Anzótegui, MO). 10. Polipodaceae (*Polypodiisporites radiatus* Pocknall y Mildenhall, MEB); 12. Apocynaceae (*Cricotriporites guianensis* Leidekmeyer, MO); 13. (*Polyadapollenites* sp., MO); 14. Rutaceae (*Rhoipites paranaensis* Anzótegui y Garralla, MO); 15. Asteraceae (*Tubulifloridites spinosus* (Hammen ex Germeraad, Hopping y Muller, Mautino y Anzótegui nov. comb., MO); 16. Boraginaceae (*Cordiapolllenites espinulata* Mautino y Anzótegui, MO). Figura 5: 1, 2, 7. Formación Palo Pintado; 4, 5. Aloformación Playa del Zorro; 3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16. Formación San José; 15. Formación Chiquimil. Escala: 1 y 3 = 1,4 cm; 2 = 1,2 cm; 4 = 0,4 cm; 5 = 0,5 cm; 6 = 0,6 cm; 7 = 1,3 cm; 8, 10 y 13 = 12  $\mu$ m; 9 y 16 = 17  $\mu$ m; 11 = 18  $\mu$ m; 12, 14 y 15 = 10,5  $\mu$ m.



**Figura 6.** Impresiones leño y palinomorfos de la comunidad xérica. 1, 2, 3, 4, 8, 12. Fabaceae 1. (*Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene); 2. (*Desmodium cf. ascendens* (Swart) De Candolle); 3. (*Eriosema* sp.); 4. (*Prosopisinoxylon anciborae* Martínez, MO, imagen cedida por el Dr. L. Martínez); 8. (*Prosocolporites argentina* Mautino y Anzótegui, MO); 12. (*Margocolporites vanwijjhei* Germeraad, Hopping y Muller, MO); 5. Rhamnaceae (*Ziziphus* sp.); 6. Euphorbiaceae (*Euphortricolporites perforata* Mautino y Anzótegui, MEB); 7. Anacardiaceae (*Striatricolporites gamerroi* Mautino y Anzótegui nov. comb. Grupo 1, MO); 9. Complejo polínico Chenopodiaceae-Amaranthaceae (*Chenopodipollis minima* Mautino y Anzótegui, MEB); 10. Malvaceae (*Echiperiporites santamariana* Mautino, Cuadrado y Anzótegui, MEB); 11. Nyctaginaceae (*Retitetracolpites columelae* Mautino, MEB); 13. Polygalaceae (*Polycolporopollenites* sp.2., MO); 14. Cactaceae (*Periporopollenites vivianae* Mautino, MO) Figura 6: 1, 2, 3. Aloformación Playa del Zorro; 4, 6. Formación Chiquimil; 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14. Formación San José. Escala: 1 y 3 = 2,4 mm; 2 = 0,8 cm; 4 = 100 µm; 5 = 1 cm; 6 y 13 = 6,3 µm; 7 y 8 = 7 µm; 9 = 5 µm; 10 = 12 µm; 11 = 9 µm; 12 = 15 µm; 14 = 13,4 µm.



**Figura 7.** Impresión y palinomorfos de las comunidades de bosque de altura. 1. Thelypteridaceae (*Thelypteris* cf. *achalensis* (Hieron.) Abbiati); 2, 5 y 6. Podocarpaceae; 2. (*Podocarpidites puteus* Mildenhall y Pocknall, MO); 5. (*Podocarpidites marwickii* Couper, MO); 6. (*Podocarpidites ellipticus* Cookson, MO); 3. Betulaceae (*Alnipollenites verus* Potonié ex Potonié, MO); 4. Buddlejaceae (*Psilatricolporites cyamus* Hammen y Wijmstr, MO). Figura 7: 1, 3, 4, 5, 6. Formación Chiquimil; 2. Formación San José. Escala: 1 = 1cm; 2 y 3 = 7  $\mu$ m; 4 = 5  $\mu$ m; 5 = 18  $\mu$ m y 6 = 11,3  $\mu$ m.



**Figura 8.** Paisaje ideal de la formación Palo Pintado con vegetación acuática, palustre, bosque de ribera, xérica y bosque de altura (Autor Juan Manuel Robledo).

*simplex*), debido a que está constituida por familias tropicales y subtropicales, desarrolladas bajo condiciones climáticas cálidas y húmedas; en tanto que a las del Mioceno-Plioceno, Barreda *et al.* (2007) las incluyeron en la provincia paleofitogeográfica neotropical, por la participación de taxones de extracción puramente neotropical afines a integrantes de las actuales provincias fitogeográficas de las Yungas, Paranaense y Chaqueña, con asociaciones vegetales estacionalmente secas.

## REFERENCIAS

- Acevedo, T.L., Mautino, R.L., Anzótegui, L.M. y Cuadrado G.A. 1997. Estudio palinológico de la Formación Palo Pintado (Mioceno superior), Provincia de Salta, Argentina. Parte II: Esporas. *Geociencias* 2: 112-120.
- Anzótegui, L.M. 1998. Hojas de angiospermas de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, Salta, Argentina. Parte 1: Anacardiaceae, Lauraceae y Moraceae. *Ameghiniana* 35: 25-32.
- Anzótegui, L.M. 2002. Hojas de Myrtaceae de la Formación San José (Mioceno Medio), provincia de Tucumán, Argentina. *Ameghiniana* 39(3): 321-330.
- Anzótegui, L.M. 2004. Megaflora de la Formación Chiquimil, (Mioceno Superior), en los valles de Santa María y Villavil, provincias de Catamarca y Tucumán, Argentina. *Ameghiniana* 41: 303-314.
- Anzótegui, L.M. 2006. Paleofloras del Mioceno en los Valles Calchaquíes, Noroeste de Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Nordeste (inédita), 266 pp, Corrientes.
- Anzótegui, L.M. y Cristalli, P. 2000. Hojas de Malvaceae en el Neógeno de Argentina y Brasil. *Ameghiniana* 37(2): 169-180.
- Anzótegui, L.M. y Cuadrado, G.A. 1996. Palinología de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, Provincia de Salta, República Argentina. Parte I: Taxones nuevos. *Revista Española de Micropaleontología* 28: 77-92.
- Anzótegui, L.M. y 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. y Horn, M.Y. 2011. Megaflora de la Formación Palo Pintado (Mioceno Superior) Salta, Argentina. Parte II. *Revista Brasileira de Paleontología* 14(3): 239-254.
- Anzótegui, L.M., Garralla, S.S. y Herbst, R. 2007a. Fabaceae de la Formación El Morterito, (Mioceno Superior) del valle del Cajón, provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana* 44: 183-196.
- Anzótegui, L.M., Horn, M.Y. y Herbst, R. 2007b. Paleoflora (Fabaceae y Anacardiaceae) de la Formación Andalhuala (Plioceno Inferior), provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana* 44: 525-535.
- Barreda, V., Anzótegui, L.M., Prieto, A.R., Aceñolaza, P., Bianchi, M.M., Borromei, A.M., Brea, M., Caccavari, M., Cuadrado, G.A., Garralla, S.S., Grill, S.G., Guerslein, R., Lutz, A.I., Mancini, M.V., Mautino, L.R., Ottoni, E.G., Quattrocchio, M., Romero, E.J., Zamalao, M.C. y Zucol, A. 2007. Diversificación y cambios de las Angiospermas durante el Neógeno en Argentina. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 50° Aniversario, Ameghiniana* 11: 173-191.
- del Papa, C. y Marquillas, R. 1990. Interpretación ambiental de la Formación Maíz Gordo (Terciario) en el arroyo El Chamental, Provincia de Salta. XI Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 73-76, San Juan.
- del Papa, C., García, V. y Quattrocchio, M. 2002. Sedimentary facies and palynofacies assemblage in Eocene perennial lake, Lumbrera Formation, northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 553-569.
- Durango de Cabrera, J., Georgieff, S.M. y Moreno, P. 1997. Primer registro de *Equisetum* Linneo (Pteridophyta) en la Formación Andalhuala (Mioceno Superior-Plioceno) en el valle de Santa María, Catamarca. *Ameghiniana* 34: 119R.
- Fernández, R.I. y Bravo, E. del V. 1985. La presencia del género *Acacioxylon* (Leguminosae) en sedimentos Terciarios del área de los Nacimientos de Abajo (Departamento Belén, provincia de Catamarca), República Argentina. VI Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología, Resúmenes: 11, Tucumán.
- Galli, C.I., Anzótegui, L.M., Horn, M.Y. y Morton, L.S. 2011. Paleoambiente y paleocomunidades de la Formación Palo Pintado (Mioceno-Plioceno), Provincia de Salta, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 28(1): 161-174.
- Garralla, S.S. 2003. Estudio Palinológico en secuencias sedimentarias turbosas del Holoceno de los Valles Calchaquíes, Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Nordeste (inédita), 219 pp, Corrientes.
- Garralla, S.S., Muruaga, C. y Herbst, R. 2001. Lago el Rincón, Holoceno del departamento de Tafi del Valle. Provincia de Tucumán (Argentina): Palinología y facies sedimentarias. XI Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología. *Ameghiniana* 8: 91-99.
- Garralla S.S., Morton, L.S., Anzótegui, L.M., Moyano, S. y 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: 18-25.
- Garralla S.S., Anzótegui, L.M. y Mautino, L.R. 2016. Relaciones paleoflorísticas del Mioceno-Plioceno del norte argentino. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina* 16(1): 1-13.
- Georgieff, S.M. 1998. Análisis paleoambiental de la porción inferior de la Formación Andalhuala en la zona central del valle de Santa María. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Tucumán (inédita), 260 pp, Tucumán.
- Herbst, R., Anzótegui, L.M. y Jalfin, G. 1987. Estratigrafía, paleoambientes y dos especies de *Salvinia* Adanson (Filicopsida) del Mioceno superior de Salta, Argentina. *Revista FACENA* 7: 15-42.
- Herbst, R., Anzótegui, L.M., Esteban, G., Mautino, L.R., Morton, L.S. y Nassif, N. 2000. Síntesis paleontológica del Mioceno de los valles Calchaquíes, noroeste argentino. En: Aceñolaza, F. y Herbst, R. (Eds.), *El Neógeno de Argentina. Serie Correlación Geológica*: 263-288.

- Horn, M.Y. 2014. Palinofloras de las formaciones El Morterito y Palo Pintado (Mioceno Superior-Plioceno Inferior), noroeste de Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata (inédita), 141 pp, La Plata.
- Horn, M.Y. y Anzótegui, L.M. 2015. Estudio palinológico y paleoambiental de la Aloformación Playa del Zorro (Mioceno Tardío/Plioceno), Valle del Cajón, Catamarca, Argentina. III Simposio del Mio-Pleistoceno del Centro Norte de Argentina. *Ameghiniana* 53(1): 18.
- Horn, M.Y., Adami Rodrigues, K. y Anzótegui, L.M. 2011a. Primeras evidencias de interacción insecto-planta en las Formaciones San José y Palo Pintado (Mioceno Medio a Superior), Noroeste de Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología* 14(1): 87-92.
- Horn, M.Y., Galli, C.I., Mautino, L.R. y Anzótegui, L.M. 2011b. Palinología y litofacies de la Formación Palo Pintado (Mioceno Superior), en las localidades Río Calchaquí y Quebrada El Estanque, Salta Argentina. *Ameghiniana* 48: 15-16.
- Horn, M.Y, Martínez, M.A. y Anzótegui, L.M. 2016. Análisis palinofacial de la Aloformación Playa del Zorro (Mioceno tardío/Plioceno), valle del Cajón, Catamarca, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología* 19(1): 85-94.
- Lutz, A.I. 1987. Estudio anatómico de maderas terciarias del valle de Santa María (Catamarca-Tucumán), Argentina. *Revista FACENA* 7: 125-144.
- Lutz, A.I. y Martínez, L.C.A. 2007. Nuevo género y especie de liana del Mioceno Superior (Formación Palo Pintado), provincia de Salta, Argentina. *Ameghiniana* 44: 205-213.
- Martínez, L.C.A. 2009. *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.A. 2014. Fossil legume woods from the Late Miocene, Chiquimil Formation (Santa María Basin), Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 201: 1-11.
- 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. 2009. Resultados paleoambientales a partir del análisis palinológico de la Formación Chiquimil (Mioceno superior), provincia de Catamarca. XIV Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología. *Ameghiniana* 46(4): 130.
- Mautino, L.R. 2010. Palinofloras de las Formaciones San José y Chiquimil (Mioceno Medio y Superior) Noroeste de Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Noreste (inédita), 402 pp, Corrientes.
- Mautino, L.R. 2011. Palinología de las Formaciones San José y Chiquimil (Mioceno Medio y Superior) noroeste de Argentina. Especies nuevas. *Revista Brasileira de Paleontología* 14(3): 279-290.
- Mautino, L.R. y Anzótegui, L. M. 1998. Palinología de la Formación Chiquimil, en la localidad Vallecito (Mioceno superior). Parte I: Esporas, especies nuevas. *Ameghiniana* 35: 227-233.
- Mautino, L.R. y Anzótegui, L.M. 2000. Esporas del Mioceno y retrabajadas del Mesozoico en la Formación Chiquimil, Vallecito, Provincia de Catamarca. *Ameghiniana* 37: 13-22.
- Mautino, L.R. y Anzótegui, L.M. 2002a. Palinología de la Formación Chiquimil (Mioceno Superior) Vallecito, provincia de Catamarca. Parte 2. Polen. *Ameghiniana* 39: 257-270.
- Mautino, L.R. y 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. y Anzótegui, L.M. 2014. Novedades palinológicas de las formaciones San José y Chiquimil (Mioceno Medio y Tardío), noroeste de Argentina. *Revista del Museo Argentino Ciencias Naturales* 16(2): 143-16.
- Mautino, L.R., Anzótegui, L.M. y Herbst, R. 1997. Análisis palinológico de la localidad Nacimientos de Abajo, Neógeno, en la Sierra de Hualfín, Departamento Belén, Catamarca, Argentina. *Geociências* 2: 121-127.
- Mautino, L.R., Cuadrado A.G. y 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.
- Menéndez, C.A. 1962. Leño petrificado de una leguminosa del Terciario de Tiopunco, provincia de Tucumán. *Ameghiniana* 2: 121-126.
- Quattrocchio, M. 1978a. Estudio palinológico preliminar de la Formación Lumbreira (GrupoSalta), localidad Pampa Grande, provincia de Salta. II Congreso Argentino de Paleontología Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología, Actas 11: 131-149, Buenos Aires.
- Quattrocchio, M. 1978b. Datos paleoecológicos y paleoclimatológicos de la Formación Lumbreira (Grupo Salta). *Ameghiniana* 15: 173-181.
- Quattrocchio, M. 1978c. Contribución al conocimiento de la Palinología Estratigráfica de la Formación-Lumbreira (Terciario inferior, Grupo Salta). *Ameghiniana* 15: 285-300.
- Quattrocchio, M. 2006. Palynology and palaeocommunities of the Paleogene of Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología* 9: 101-108.
- Quattrocchio, M. y del Papa, C. 2000. Paleoambiente de la secuencia Maíz Gordo (¿Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano?), Arroyo Las Tortugas, Cuenca del Grupo Salta (NO Argentina). *Palinología y sedimentología. Revista Española de Paleontología* 15: 57-70.
- Quattrocchio, M. y Volkheimer, W. 1988. Microflora de los estratos limítrofes entre Cretácico y Terciario en las localidades de Tilián y Corralito, Cuenca del Grupo Salta. Descripciones sistemáticas. VI Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas 3: 109-120, Mendoza.
- Quattrocchio, M., Marquillas, R. y Volkheimer, W. 1988. Palinología, paleoambientes y edad de la Formación Tunal, Cuenca del Grupo Salta (Cretácico-Eoceno), República Argentina. V Congreso Argentino de Paleontología Bioestratigrafía, Actas 3: 95-107, Mendoza.

- Quattrocchio, M., Volkheimer, W. y del Papa, C. 1997. Palynology and paleoenvironment of the "Faja Gris" Mealla Formation (Salta Group) at Garabatal Creek (NW Argentina). *Palynology* 21: 231-247.
- Quattrocchio, M., Durango de Cabrera, J y Galli, C. 2003. Formación Anta (Mioceno temprano/Medio), subgrupo Metán (Grupo Orán), en el río Piedras, Provincia de Salta. Datos palinológicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58: 117-127.
- Quattrocchio, M., Volkheimer, W., Marquillas, R.A. y Salfity, J.A. 2005. Palynostratigraphic, palaeobiogeographic and evolutionary significance of the Late Senonian and Early Paleogene floras of northern Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 37(2): 259-272.
- Rivero de Dibi, L., Rodríguez de Sarmiento, M y Durango de Cabrera, J. 2001. Esporas de hongos de la Formación Anta (Grupo Orán) Mioceno Medio, provincia de Salta, Argentina. *Acta Geológica Lilloana* XVIII: 257-264.
- Robledo, J.M., Sarzetti, L.C. y Anzótegui, L.M. 2015. Phytophagy on fossil ferns from Argentina (Palo Pintado Formation, late Miocene): a review of their fossil record and ichnotaxonomy. *Revista Brasileira de Paleontologia* 18(2): 225-238.
- Robledo, J.M., Sarzetti, L.C. y Anzótegui, L.M. 2016. New records and ichnospecies of linear leaf mines from the late Miocene-Pliocene from Argentina and the establishment of leaf mining ichnotaxobases. *Rivista Italiana di Paleontología e Stratigrafia* 122(3): 55-70.
- Schabitz, F., Lupo, L., Kulemeyer, J.A. y Kulemeyer, J.J. 2001. Variaciones de la vegetación, el clima y la presencia humana en los últimos 15.000 años en el Bordo Oriental de la Puna, provincias de Jujuy y Salta, Noroeste Argentino. *Ameghiniana* 8: 125-130.
- Starck, D. y Anzótegui, L.M. 2001. The late climatic change persistence of a climatic signal through the orogenic stratigraphic record in northwestern of Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 763-774.