

Nuevo género de hojas ovadas de Rhamnaceae de la Formación Olmos (Cretácico Superior) de Coahuila, México

New ovate-leaved genus of Rhamnaceae from the Olmos Formation (Upper Cretaceous) of Coahuila, Mexico

Centeno-González, Naylet Karen¹ ; Porrás-Múzquiz, Héctor² ; Estrada-Ruiz, Emilio^{1,*} 

¹Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas – Instituto Politécnico Nacional, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, 11340, CDMX, México. <https://orcid.org/0000-0002-8749-9304> ; <https://orcid.org/0000-0002-2312-6146>

²Museo Paleontológico de Múzquiz, Adolfo E. Romo 1701, La Cascada, 26343 Santa Rosa de Múzquiz, Coahuila, México. <https://orcid.org/0000-0003-4046-8540>

*emilkgrama@yahoo.com; estradar@ipn.mx

Resumen

En el norte de México, en la Región Carbonífera, se encuentran los depósitos de la Formación Olmos (Cretácico Superior), una unidad litoestratigráfica ampliamente conocida por la asociación florística tan diversa que alberga, principalmente representada por impresiones y compresiones de hojas y frutos, además de otros organismos como invertebrados. En este trabajo presentamos un nuevo registro con base en tres hojas recolectadas en la Formación Olmos, cuyos patrones en su morfología foliar son congruentes a la familia Rhamnaceae. Las características con las que se encontró mayor similitud entre estos ejemplares y la actual familia fueron la forma laminar ovada, base obtusa, primer orden pinnado, segundo orden eucamptódromo, tercer orden percurrente opuesto con un ángulo casi perpendicular con respecto a la vena media, y cuarto orden reticulado. La combinación de caracteres se ha observado que se presentan dentro del género actual *Gouania*, la mayor parte de las características morfológicas son parecidas a las del tipo fósil descrito, excepto por el espaciado de las venas de segundo orden, por lo que se propone un nuevo género y especie fósil nombrado *Gouaniaites muzquizensis*. El registro de esta familia en la Formación Olmos, reafirma su presencia en el norte de México durante el Cretácico.

Palabras clave: Arquitectura foliar, Cretácico Superior, Formación Olmos, México, Rhamnaceae.

Abstract

In northern Mexico, in the Carboniferous Region, are the sediments of the Olmos Formation (Upper Cretaceous), a lithostratigraphic unit widely known for the highly diverse floristic association it houses, mainly represented by impressions and compressions of leaves and fruits, as well as from other organisms such as invertebrates. We present in this work a new record, based on three leaves collected in the Olmos Formation, whose leaf morphology patterns were similar to Rhamnaceae. The characteristics with more similarity between these specimens and the modern family were the ovate laminar shape, obtuse base, first-order pinnate, second-order eucamptodromous, third-order percurrent opposite with almost perpendicular angle to the middle vein, and fourth-order reticulate. Within the current genus *Gouania*, almost all the morphological characteristics are similar to those of the fossil, except for the spacing of the second-order veins, for which a new genus and fossil species named *Gouaniaites muzquizensis* is proposed. The record of this family in the Olmos Formation reaffirms its presence in northern Mexico during the Cretaceous.

Keywords: Leaf architecture, Late Cretaceous, Olmos Formation, Mexico, Rhamnaceae.

Cómo citar / How to cite: Centeno-González, N.K., Porrás-Múzquiz, H., & Estrada-Ruiz, E. (2023). Nuevo género de hojas ovadas de Rhamnaceae de la Formación Olmos (Cretácico Superior) de Coahuila, México. *Paleontología Mexicana*, 12(1), 33–41

Manuscrito recibido: Noviembre 11, 2022.

Manuscrito corregido: Diciembre 15, 2022.

Manuscrito aceptado: Diciembre 19, 2022.



1. Introducción

Durante el Cretácico Superior, la presencia de bosques tropicales lluviosos y paratropicales con alta precipitación tuvo una importante extensión a lo largo del Mar Epicontinental, reflejado por los registros que se encuentran actualmente en formaciones del norte de México y centro-sur de Estados Unidos de América (Campaniano-Maastrichtiano) (Estrada-Ruiz *et al.*, 2013). Las floras que se desarrollaron cerca de este mar fueron documentadas en las formaciones Cerro del Pueblo y Olmos, Coahuila, donde se han registrado taxones que actualmente forman parte de la vegetación presente en ambientes tropicales y paratropicales (e.g. Rodríguez-de la Rosa y Cevallos-Ferriz, 1994; Estrada-Ruiz y Cevallos-Ferriz, 2007; Estrada-Ruiz *et al.*, 2007; 2009; Wheeler *et al.*, 1995; Wheeler y Lehman, 2009; Centeno-González *et al.*, 2021).

El bosque tropical lluvioso es uno de los principales tipos de vegetación del mundo (Richards, 1996; Whitmore, 1998). Estos biomas actualmente se encuentran dominados por angiospermas. Por otra parte, los bosques paratropicales, son parecidos a los bosques tropicales lluviosos, siendo a menudo confundidos o excluidos. Actualmente se encuentran restringidos a las regiones bajas de Taiwán, y el sur de China (Wang, 1961; Li, 1963), en zonas adyacentes de Birmania, Laos y Vietnam. En México, un bosque cerca de Xilitla, San Luis Potosí, es considerado un representante del bosque paratropical para el este de América del Norte (Wolfe, 1979). El bosque paratropical se distingue por tener una temperatura media anual (TMA) que se mantiene entre los 20°C a 25°C, y una precipitación que puede ser estacional, con una breve temporada seca (Wolfe, 1979). Este bioma tuvo mayor presencia durante el Cretácico (Morley, 2009).

En la Formación Olmos (Cretácico Superior) se encuentra una asociación florística propia del bosque paratropical, conformada principalmente por impresiones y compresiones de fósiles de hojas, además de otras estructuras como frutos y maderas. Los microfósiles de plantas de la Formación Olmos fueron estudiados por primera vez por Weber (1972 y 1978), quien reconoció más de 80 morfotipos incluyendo más de 50 tipos de angiospermas (Weber, 1972 y 1978). Se han registrado también gimnospermas, como Cupressaceae (Serlin *et al.*, 1981), helechos acuáticos como *Salvinia*, *Dorfiella*† y *Marsilea* (Weber, 1973, 1975, 1976 y Estrada-Ruiz *et al.*, 2018). El registro de hojas de angiospermas está conformado por Arecaceae, Araceae, Moraceae, Betulaceae, Magnoliaceae, Lauraceae, Rhamnaceae, Menispermaceae, Nelumbonaceae, Caprifoliaceae y Violaceae (Weber, 1972, 1978; Centeno-González *et al.*, 2019). Estrada-Ruiz *et al.* (2007, 2010) describieron diferentes maderas de dicotiledóneas, así como diversos tallos de monocotiledóneas (Cevallos-Ferriz y Ricalde-Moreno, 1995; Estrada-Ruiz y Cevallos-Ferriz, 2009). La palinología documenta

además la presencia de una microflora diversa (Martínez-Hernández *et al.*, 1980). Recientemente, Centeno-González *et al.* (2021) describieron el fruto más antiguo de Fabaceae registrado formalmente.

En el presente trabajo se describe formalmente un nuevo fosilitaxon con base en tres hojas de angiosperma recolectadas en la Formación Olmos (Cretácico Superior) en Coahuila, México, de acuerdo con sus características se relaciona con la familia Rhamnaceae. Dichos ejemplares fueron identificados a partir de sus características evidenciadas a través de su arquitectura foliar.

2. Geología

La Formación Olmos (Campaniano superior) situada en la Cuenca de Sabinas, representa un sistema fluvial y deltaico. Con base en el estudio de sus litofacies y fósiles, se han podido distinguir cuatro subambientes deposicionales: La litofacies A consiste en carbón, lo que sugiere corresponde a zonas pantanosas con circulación restringida. Por otro lado, la litofacies B está compuesta por lutita y arenisca, representando posiblemente ambientes de planicies de inundación y/o lagunas con circulación abierta. La litofacies C sugiere un ambiente fluvial, probablemente con ríos trezados, como lo sugiere la geometría de las barras de arena y rellenos de canales que lo componen. Finalmente, la litofacies D está conformada por areniscas de estratificación cruzada, y que han sido interpretadas como rellenos de canales y barras laterales depositadas en un río serpenteante (Estrada-Ruiz, 2009; Estrada-Ruiz *et al.*, 2013). Recientemente, González-Partida *et al.* (2022) obtuvieron una edad determinada por el método U–Pb en zircones de 76.1 Ma. para la Formación Olmos.

3. Materiales y métodos

El trabajo de campo consistió en la recolección de muestras de fósiles de hojas en diferentes afloramientos de la Formación Olmos; en particular las muestras para este estudio provienen del tajo o mina de cielo abierto conocida como Tajo El Nogalito, localizada al noroeste del poblado Melchor Múzquiz, municipio de Múzquiz, Coahuila (ver Estrada-Ruiz *et al.*, 2011). Para llevar a cabo dicha labor, se realizaron diferentes salidas al campo entre 2016 y 2019. El material en donde yacen los microfósiles está compuesto por arenisca y/o lutita, perteneciente a la litofacies B de la columna estratigráfica de la formación. Las muestras de roca fueron extraídas con ayuda de cinceles, martillos, picas y marro. El material fue marcado con una nomenclatura (IPN–PAL 14; MUZ–3913, MUZ–3914), indicando el nombre del repositorio y número de la muestra. Posteriormente, las muestras fueron envueltas y depositadas

en el Laboratorio de Ecología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

Para la descripción del material fósil, fue necesario hacer una inspección de los especímenes mejor conservados. En caso de requerirlo, se llevó a cabo una limpieza del sedimento que recubría a los especímenes, apoyándose de un microscopio estereoscópico Zeiss AXIO Zoom V16 que permitió una mayor percepción en un campo visual reducido, un percutor marca Dremel modelo 290-01, cincel y martillo. Posteriormente, el material fue fotografiado. Para la toma general de los ejemplares se utilizó una cámara Nikon D3500. Los órdenes de venación fueron fotografiados con ayuda de un microscopio estereoscópico marca Olympus, modelo SZX10, y el software Olympus cellSens versión Entry 1.13 con una cámara digital SC100 de 10.5 Mpix. Para la descripción mediante arquitectura foliar se siguieron los lineamientos de Ellis *et al.* (2009), Hickey (1973) y Hickey y Wolfe (1975), registrando los patrones que fueron visibles en cada uno de los ejemplares. Finalmente, para la determinación taxonómica se compararon los caracteres morfológicos presentes en los ejemplares fósiles con las de otras hojas, tanto actuales como de registros fósiles, a través de publicaciones especializadas, visitas a los herbarios de la ENCB-IPN, MEXU-UNAM, y herbarios en línea como el de Missouri Botanical Garden (<http://tropicos.org>), o Royal Botanical Garden (<http://www.kew.org/>).

4. Resultados

Se obtuvieron tres muestras de hojas de angiospermas que corresponden a mismo tipo, con patrones de venación y características morfológicas que permitieron el reconocimiento taxonómico.

4.1 Sistemática paleobotánica

Clase – Magnoliopsida Brongniart (1843)

Subclase – Rosidae Takhtajan (1966)

Orden – Rosales Berchtold y Presl (1820)

Familia – Rhamnaceae Jussieu (1789)

Género – *Gouianaiites* género nuevo Centeno-González, Porrás-Múzquiz y Estrada-Ruiz

Especie – *Gouianaiites muzquizensis* especie nueva Centeno-González, Porrás-Múzquiz y Estrada-Ruiz

Plant Fossil Names Registry Number: PFN003057

Holotipo – IPN-PAL 14

Paratipos – MUZ-3913, MUZ-3914

Repositorio – Colección de Paleontología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México (Holotipo, IPN-PAL), y Museo de Paleontología de Múzquiz, Melchor Múzquiz, Coahuila (Paratipos, MUZ-3913, MUZ-3914).

Etimología – El nombre genérico se refiere a la similitud del género actual *Gouania* Jacquin (1763). El epíteto específico se refiere al municipio de Melchor Múzquiz donde se encontraron los fósiles.

Edad – Cretácico Superior (76.1 Ma).

Localidad – Tajo El Nogalito, Municipio de Melchor Múzquiz, Formación Olmos.

Diagnosis genérica. Margen crenado, con seis pares de venas secundarias intercostales, espaciado entre venas de segundo orden que decrece de manera abrupta en la región proximal e incrementa hacia el centro de la lámina, venación agrófica compuesta, venas epimediales que forman un arco a partir del centro incrementando distalmente, cuarto y quinto orden reticulado, con vénulas libres que se ramifican.

Diagnosis específica. Como el género.

Generic diagnosis. Crenate margin, with six pairs of secondary intercostal veins, spacing between second-order veins that decreases abruptly in the proximal region and increases towards the center of the lamina, compound agrophic veins, epimedial veins arching from the center and increasing distally, fourth and fifth order reticulate, with free branching venules.

Specific diagnosis. As for the genus.

Descripción. La descripción está hecha con un ejemplar completo (Figura 1A) y dos incompletos (Figura 1B). La descripción de las medidas de la lámina se hizo a partir del ejemplar completo (IPN-PAL 14, Figura 1A). El área laminar es de 2643,8 mm², categoría de tamaño micrófila III, de 7,5 cm de largo y 4,7 cm de ancho. Hoja simple, con un peciolo marginal, curvo y grueso, con una longitud de 0.6 cm (Figura 1C). La forma laminar es ovada, ligeramente asimétrica, con el margen crenado (Figura 1A, Figura 2A), sin glándulas visibles. Ápice agudo, base obtusa y redondeada (Figura 1A, Figura 1C). Primer orden de venación primario pinnado (Figura 1A). Presenta venación agrófica compuesta. Segundo orden eucamptódromo (Figura 2A). Se observan seis pares de venas secundarias (Figura 1A). El espacio entre las nervaduras secundarias es irregular, mostrando un espacio extenso en el centro de la lámina, y abruptamente estrecho en la región más proximal (Figura 2B). El ángulo de las venas intercostales secundarias es uniforme con respecto a la nervadura central (45°), excepto por el par de venas más proximal (50° – 55°). Unión excurrente con la vena media (Figura 2B). Tercer orden percurrente opuesto, con un ángulo perpendicular con respecto a la vena media, la variación de ángulo aumenta exmedialmente a lo largo de la lámina (Figura 2B). Venas epimediales opuestas percurrentes, formando un ligero arco a partir del centro de la lámina que se incrementa distalmente. Cuarto orden reticulado (Figura 2C). Quinto orden reticulado (Figura 2D). Se pueden apreciar vénulas libres que se ramifican (Figura 2D).

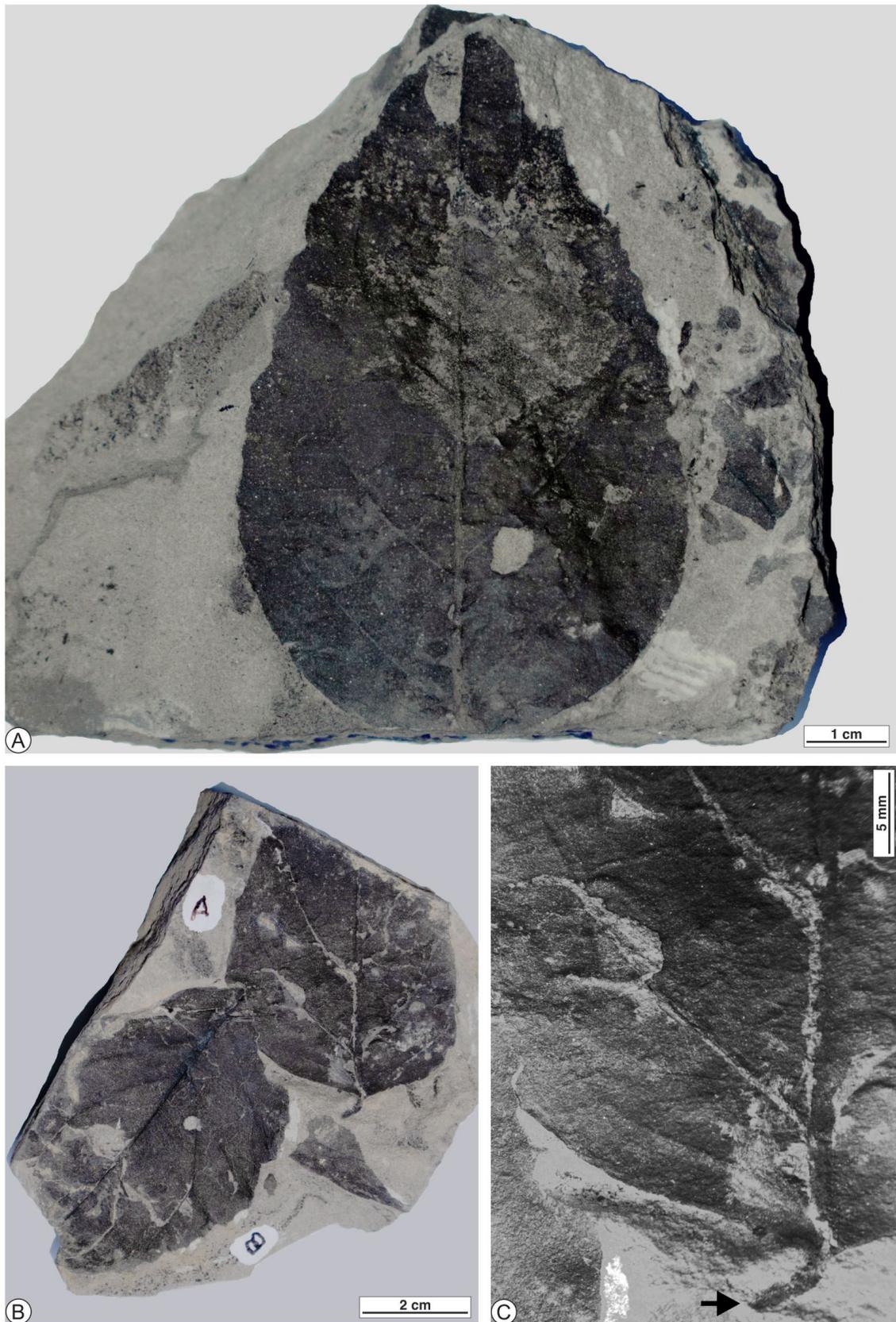


Figura 1. Vistas generales de los ejemplares descritos. A. Holotipo IPN-PAL 14. B. Paratipos MUZ-3913 y MUZ-3914. C. Acercamiento de la base del paratipo MUZ-3914, se aprecia el peciolo (flecha).

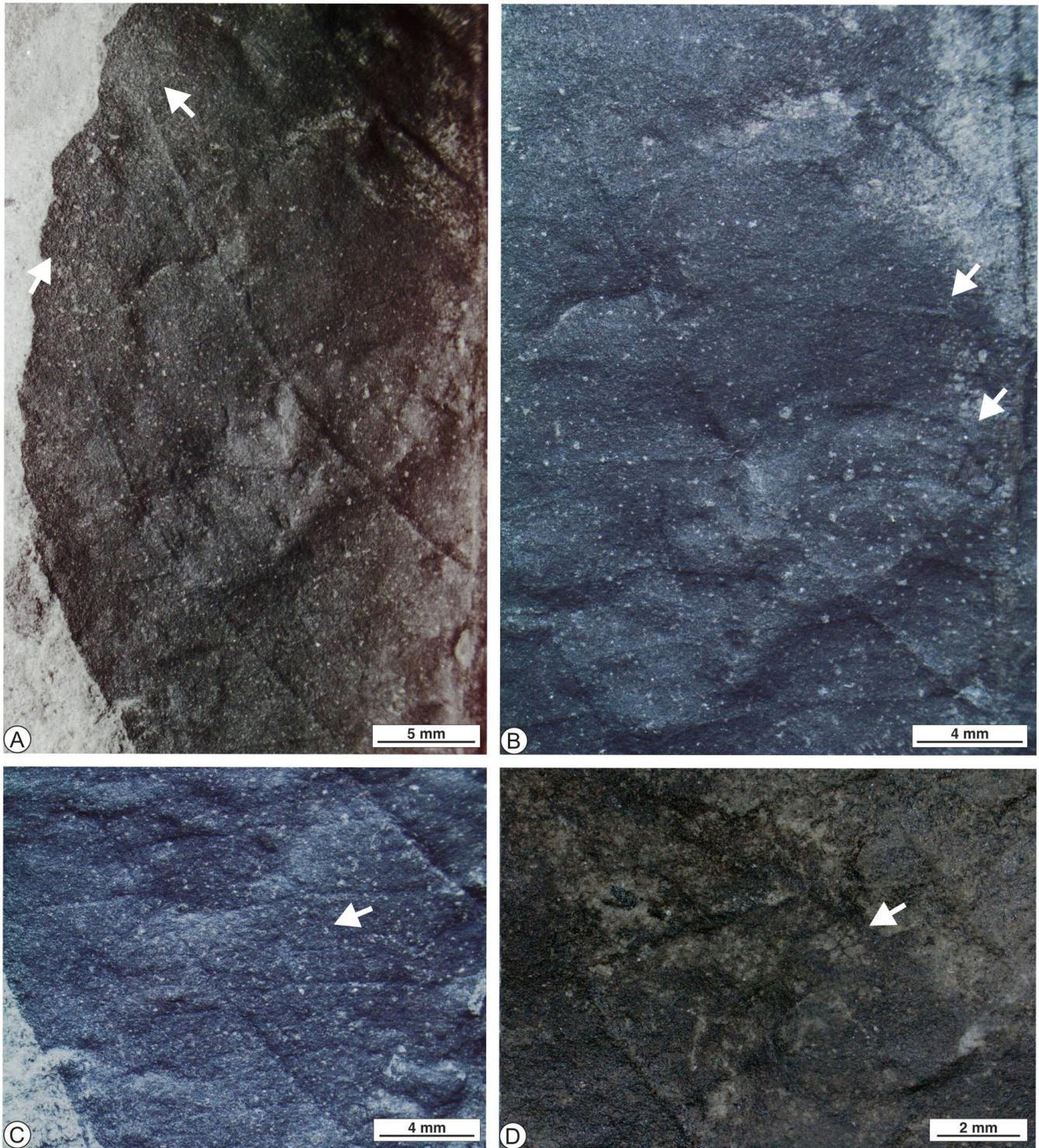


Figura 2. Acercamientos del holotipo IPN-PAL 14. A. Vista del costado izquierdo, se puede observar la terminación de las venas de segundo orden (flechas). B. Venas de tercer orden, se encuentran señaladas las venas epimediales de tercer orden (flechas). C. Venas de cuarto orden formando retículos (flecha). D. Quinto orden reticulado con una vénula ramificada en el centro (flecha).

5. Discusión

5.1 Comparación e identificación

Los fósiles preservaron varios caracteres morfológicos que nos permitieron reconocer los patrones de venación, así como otras características en su morfología externa necesarias para la comparación e identificación taxonómica. Entre las características más importantes están la presencia de la forma laminar ovada, primer orden de venación pinnado, tercer orden percurrente opuesto recto con un ángulo perpendicular respecto a la vena media, y la venación de cuarto orden de tipo reticulado, estas características se encuentran en las familias Lauraceae, Caprifoliaceae y Rhamnaceae. Por ejemplo, Iglesias *et al.* (2007) encontraron un fosilitaxón del Cretácico en Argentina, parecido a un grupo de hojas fósiles conocido como ‘morfotipo Laurofilo’, del Campaniano–Maastrichtiano de King George Island, Antártica (Zastawniak, 1994), el cual presentó similitudes con el fosilitaxón descrito aquí. Estas similitudes son la forma y talla de la lámina, forma y ángulo del ápice, base, margen y primer orden de venación. No obstante, existen otras diferencias en el ‘morfotipo Laurofilo’ como es: presencia de una venación de segundo orden tipo broquidódromo, venas intersecundarias, tercer orden percurrente mixto y areolación, descartando cualquier afinidad taxonómica con *Gouianiaites muzquizensis*. Otra de las familias con las que fue comparado el material fósil de la Formación Olmos fue con Caprifoliaceae. Se comparten caracteres como la forma laminar de tipo ovada, ápice agudo y base redondeada, tercer orden percurrente opuesto recto con un ángulo perpendicular respecto a la vena media, y la venación de cuarto y quinto orden de tipo reticulado. Dentro de la familia, se encuentra el género actual *Lonicera* Linnaeus (1753) que presenta caracteres compartidos con el fosilígénero, sin embargo, este género presenta un segundo orden broquidódromo y venas de tercer orden percurrentes mixtas es constante, descartando alguna afinidad. Respecto al material fósil descrito dentro del género *Lonicera*, se encuentra *Lonicera krassilovii* Pavlyutkin (2015), especie del Mioceño de la región Primorye al este de Rusia que coincide con el tipo fósil en caracteres como la simetría, ángulo de base y ápice, la venación de primer, tercer orden y ordenes posteriores. No obstante, difiere en cuanto al tamaño y proporción, además del margen entero, segundo orden broquidódromo y presencia de areolación.

Los especímenes fósiles presentaron más características morfológicas en común con los encontrados en Rhamnaceae (*e.g.* Velasco de León *et al.*, 1998; Correa *et al.*, 2010; Zhou *et al.*, 2019, Hernández-Peñaloza *et al.*, 2021). Principalmente, los caracteres que permanecen constantes entre el registro fósil y hojas actuales de Rhamnaceae son: la forma ovada, base obtusa, primer orden pinnado, segundo orden eucamptódromo, tercer orden percurrente opuesto con un ángulo casi

perpendicular con respecto a la vena media, y cuarto orden reticulado (*e.g.* Velasco de León *et al.*, 1998; Correa *et al.*, 2010; Zhou *et al.*, 2019; Hernández-Peñaloza *et al.*, 2021). El conjunto de estas características coincide con observaciones previas, que sustentan que algunos miembros de Rhamnaceae presentan características morfológicas que pueden ser divididas en los tipos rhamnoide y ziziphoides. En especial, las hojas del tipo rhamnoide se caracterizan por ser hojas simples, de margen entero, venación primaria pinnada, con venas de segundo orden eucamptódromas, un tercer orden estrechamente espaciado, de tipo percurrente opuesto, y con un ángulo casi perpendicular con respecto a la vena media (Jones y Dilcher, 1980; Correa *et al.*, 2010).

Por otra parte, las características que fueron variables entre este material fósil y el registro general de hojas de Rhamnaceae estuvieron relacionadas con el margen, forma y ángulo del ápice, forma de la base, número de pares y espaciado de las venas secundarias, así como cuarto orden (*e.g.* Velasco de León *et al.*, 1998; Correa *et al.*, 2010; Zhou *et al.*, 2019). En cuanto a los ejemplares actuales, la variación también estuvo presente en la venación de segundo orden (*e.g.* Hickey y Wolfe, 1975; Hernández-Peñaloza *et al.*, 2021). Respecto al registro fósil descrito en México, Velasco de León *et al.* (1998) describieron *Karwinskia axamilpense* Velasco de León, Cevallos-Ferriz y Silva-Pineda (1998), cuyos patrones en común incluyen la presencia de una venación agrófica, segundo orden eucamptódromo y tercer orden percurrente, pero tiene características que no se observan en las hojas de la Formación Olmos, como el ápice obtuso, un espaciado regular entre las venas secundarias, y areolación con ausencia de vénulas. Entre los géneros actuales, *Gouania* presenta relación con el tipo fósil descrito. En las especies *Gouania konzattii* Greenman (1907), *Gouania guiengolensis* Pool (2014), *Gouania polygama* (Jacq.) Urban (1910), *Gouania stipularis* Candolle (1825), *Gouania velutina* Reissek (1861), además de los caracteres correspondientes con forma laminar, margen, y órdenes de venación, también presentan una venación agrófica compuesta (Hernández-Peñaloza *et al.*, 2021). No obstante, debido a la combinación específica de caracteres descritos en el material fósil, así como la distribución en el espaciado de las venas de segundo orden a lo largo de la lámina en el tipo fósil, su afinidad con este género en específico quedó descartada. No obstante, debido a la similitud morfológica entre este género actual con los fósiles descritos, hemos propuesto el género *Gouianiaites* n. gen., además de una especie nueva para la Formación Olmos.

5.2 Distribución

Rhamnaceae actualmente se encuentra con una distribución en ambientes tropicales como templados, están representados por árboles y arbustos pequeños (Medan y Schirarend, 2004; Smith *et al.*, 2004). La mayor parte del registro referente a esta familia proviene del

Eoceno y depósitos menos antiguos en el hemisferio norte (Jud *et al.*, 2017). Su amplia distribución actual, así como el escaso registro fósil, ha dificultado elucidar la historia biogeográfica de Rhamnaceae. En México, los registros más antiguos de Rhamnaceae pertenecen a las formaciones Cerro del Pueblo (Cretácico), y Olmos (Calvillo-Canadell y Cevallos-Ferriz, 2007; este trabajo). Estas formaciones cretácicas son cercanas entre sí y comparten otros registros florísticos (Estrada-Ruiz *et al.*, 2013). En el país, el registro de dicha familia no se limita al Cretácico, existen otros fósiles que corresponden al Oligoceno en Puebla y a los depósitos de ámbar del Mioceno en la Formación Simojovel (*e.g.* Velasco de León *et al.*, 1998; Hernández-Hernández y Castañeda-Posadas, 2018).

En la Formación Olmos, se han documentado una gran cantidad de especímenes pertenecientes a ambientes actuales de bosque tropical, así como algunos elementos que actualmente se desarrollan en zonas templadas. Gran parte de los registros indican la presencia de fosilígenos endémicos (*e.g.* *Exnelumbites* Estrada-Ruiz, Upchurch Jr., y Wolfe (2011) [Nelumbonaceae], *Muzquizoxylon* Estrada-Ruiz, Martínez-Cabrera, y Cevallos-Ferriz (2010) [Cornaceae], *Olmosoxylon* Estrada-Ruiz, Martínez-Cabrera, y Cevallos-Ferriz (2010) [Lauraceae], *Wheeleroxylon* Estrada-Ruiz, Martínez-Cabrera, y Cevallos-Ferriz (2010) [Malvaceae]). En esta formación geológica también se han encontrado ejemplares compartidos con otras asociaciones Cretácicas del centro-sur de EUA, por ejemplo: *Salvinia*, *Sabalites*, Laurales con nervaduras palmeadas y lóbulos pinnados, Rhamnaceae, Nelumbonaceae, Fagaceae, *Metcalfeoxylon* Wheeler, McClammer y LaPasha (1995) y *Javelinoxylon* Wheeler, Lehman y Gasson (1994) (*e.g.* Wolfe y Upchurch, 1986; Upchurch *et al.*, 1994; Estrada-Ruiz *et al.*, 2012). La presencia de este registro fósil refuerza la presencia de Rhamnaceae en el norte de América desde el Cretácico Superior.

6. Conclusiones

Los fósiles descritos aquí nos ayudan a generar un mayor conocimiento acerca del paisaje del Cretácico en el norte de México, así como los componentes de su vegetación. Debido a la buena preservación de las hojas fosilizadas, se pudieron observar las características diagnósticas de la morfología externa de las hojas de Rhamnaceae. Actualmente, la historia biogeográfica de esta familia es enigmática, debido al escaso registro fósil y la amplia distribución con la que cuenta actualmente. No obstante, la mayor parte de las estructuras fósiles de Rhamnaceae hasta el momento pertenecen a localidades del norte de América. El registro de este nuevo fosilitaxón en la Formación Olmos reafirma la presencia de Rhamnaceae en el Cretácico del norte de México, y en depósitos cercanos del Mar Epicontinental.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los dos revisores anónimos. Esta investigación fue financiada por la Secretaría de Investigación y Posgrado – Instituto Politécnico Nacional (20220097) a E.E.R.

Referencias

- Berchtold, B. F., & Presl, J. S. (1820). *Rosales*. O Prirozenosti Rostlin.
- Brongniart, A. T. (1843). *Magnoliopsida Brongn.* Énumération des Genres de Plantes 314 Cultivés au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, 25.
- Calvillo-Canadell, L., & Cevallos-Ferriz, S. R. (2007). Reproductive structures of Rhamnaceae from the Cerro del Pueblo (Late Cretaceous, Coahuila) and Coatzingo (Oligocene, Puebla) Formations, Mexico. *American Journal of Botany*, 94(10), 1658–1669. <https://doi.org/10.3732/ajb.94.10.1658> PMID: 21636362
- Candolle, A. P. de. (1825). *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*. Treuttel y Würtz, 39(2), 1–7.
- Centeno-González, N. K., Porras-Múzquiz, H., & Estrada-Ruiz, E. (2019). A new fossil genus of angiosperm leaf from the Olmos Formation (upper Campanian), of northern Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 91, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.01.016>
- Centeno-González, N. K., Martínez-Cabrera, H. I., Porras-Múzquiz, H., & Estrada-Ruiz, E. (2021). Late Campanian fossil of a legume fruit supports Mexico as a center of Fabaceae radiation. *Communications Biology*, 4, 41. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01533-9>
- Cevallos-Ferriz, S. R. S., & Ricalde-Moreno, O. S. (1995). Palmeras fósiles del norte de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, 66, 37–106.
- Correa, E., Jaramillo, C., Manchester, S., & Gutierrez, M. (2010). A fruit and leaves of rhamnaceous affinities from the Late Cretaceous (Maastrichtian) of Colombia. *American Journal of Botany*, 97(1), 71–79. <http://www.jstor.org/stable/20622016>
- Ellis, B., Daly, C. D., Hickey, L. J., Johnson, K. R., Mitchell, J. D., Wilf, P., & Wing, S. L. (2009). *Manual of leaf architecture*. Cornell University Press.
- Estrada-Ruiz, E. (2009). *Reconstrucción de los ambientes de depósito y paleoclima de la región de Sabinas-Salttillo, Estado de Coahuila, con base en plantas fósiles del Cretácico Superior*. [Tesis doctoral no publicada]. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Estrada-Ruiz, E., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2007). Infructescences from the Cerro del Pueblo Formation (late Campanian), Coahuila and El Cien Formation (Oligocene-Miocene), Baja California Sur, Mexico. *International Journal of Plant Sciences*, 168, 507–519. <https://doi.org/10.1086/511787>
- Estrada-Ruiz, E., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2009). *Palmoxylon enochii* sp. nov. de la Formación Olmos (Campaniano Superior-Maastrichtiano Inferior), Coahuila, México. *Ameghiniana*, 46, 577–585.
- Estrada-Ruiz, E., Martínez-Cabrera, H. I., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2007). Fossil wood from the late Campanian-early Maastrichtian Olmos Formation, Coahuila, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 145, 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.09.003>

- Estrada-Ruiz, E., Martínez-Cabrera, H. I., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2010). Upper Cretaceous woods from the Olmos Formation (late Campanian-early Maastrichtian), Coahuila, Mexico. *American Journal of Botany*, 97(7), 1179–1194. <https://doi.org/10.3732/ajb.0900234>
- Estrada-Ruiz, E., Centeno-González, N. K., Aguilar-Arellano, F., & Martínez-Cabrera, H. I. (2018). New record of the aquatic fern *Marsilea*, from the Olmos Formation (Upper Campanian), Coahuila, Mexico. *Internacional Journal of Plant Sciences*, 179, 487–496. <https://doi.org/10.1086/697729>
- Estrada-Ruiz, E., Martínez-Cabrera, H. I., Callejas-Moreno, J., Upchurch, Jr., & Garland, R. (2013). Floras tropicales cretácicas del norte de México y su relación con floras del centro-sur de América del Norte. *Polibotánica*, 36, 41–61.
- Estrada-Ruiz, E., Upchurch, Jr. G. R., Wheeler, E., & Mack, G. H. (2012). Late Cretaceous Angiosperm Woods from the Crevasse Canyon and McRae Formations, South-Central New Mexico, USA: Part 1. *International Journal of Plant Sciences*, 173(4), 412–428. <https://doi.org/10.1086/664714>
- Estrada-Ruiz, E., Upchurch Jr., G. R., Wolfe, J. A., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (2011). Comparative Morphology of Fossil and Extant Leaves of Nelumbonaceae, including a new genus from the Late Cretaceous of Western North. *Systematic Botany*, 36(2), 337–351, <https://doi.org/10.1600/036364411X569525>
- González-Partida, E., González-Betancourt, A. Y., Camprubí, A., Carrillo-Chávez, A., Iriondo, A., Enciso-Cárdenas, J. J., González Carrillo, F., & Vázquez Ramírez, J. T. (2022). Review of the times of coal accumulation in Mexico with special emphasis on the Sabinas basin, Mexico, where geochronological data are provided. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 39, 293–307. <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2022.3.1704>
- Greenman, J. M. (1907). New or Noteworthy spermatophytes from Mexico, Central America and the West Indies. *Publications of the Field Columbian Museum, Botanical Series*, 2(6), 1903–1904.
- Hernández-Hernández, M. de J., & Castañeda-Posadas, C. (2018). *Gouania miocenica* sp. nov. (Rhamnaceae), a Miocene fossil from Chiapas, México and paleobiological involvement. *Journal of South American Earth Sciences*, 85, 1–5, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.04.018>
- Hernández-Peñaloza, K., Fernández-Nava, R., & Arreguín-Sánchez, M. L. (2021). Arquitectura foliar y anatomía epidérmica de las especies mexicanas del género *Gouania* (Rhamnaceae). *Polibotánica*, 52, 151–174. <https://doi.org/10.18387/polibotánica.52.11>
- Hickey, L. J. (1973). Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*, 60, 17–33. <https://doi.org/10.2307/2441319>
- Hickey, L. J., & Wolfe, J. A. (1975). Bases of Angiosperm Phylogeny: Vegetative Morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 62, 538–589. <https://doi.org/10.2307/2395267>
- Iglesias, A., Zamuner, A. B., Poire, D. G., & Larriestra, F. (2007). Diversity, taphonomy and palaeoecology of an angiosperm flora from the Cretaceous (Cenomanian–Coniacian) in southern Patagonia, Argentina. *Palaeontology*, 50(2), 445–466. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4983.2007.00639.x>
- Jacquin, N. J. (1763). *Selectarum Stirpium Americanarum Historia*. Vindobonae, Ex Officina Krausiana.
- Jones, J. H., & Dilcher, D. L. (1980). Investigations of angiosperms from the Eocene of North America: *Rhamnus marginatus* (Rhamnaceae) reexamined. *American Journal of Botany*, 1980, 959–967.
- Jud, N. A., Gandolfo, M. A., Iglesias, A., & Wilf, P. (2017). Flowering after disaster: Early Danian buckthorn (Rhamnaceae) flowers and leaves from Patagonia: *PLoS ONE*, 12(5), Article e0176164. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176164>
- Jussieu, A. L. (1789). *Rhamnaceae: Genera Plantarum*. Societatis medicae Parisiensis.
- Li, H. (1963). *Woody Flora of Taiwan*. Livingston Publishing Company.
- Linnaeus, C. (1753). *Species Plantarum: Holmiae. Impensis Laurentii Salvii*, 1, 1–560.
- Martínez-Hernández, E., Almeida-Leñero, L., Reyes-Salas, M., & Betancourt-Aguilar, Y. (1980). Estudio palinológico para la determinación de ambientes en la cuenca Fuentes-Río Escondido (Cretácico Superior), región de Piedras Negras, Coahuila. *Revista del Instituto de Geología*, 4, 167–185.
- Martius, C. F. P. (1861). *Flora Brasiliensis: Monachii & Lipsiae. F. Fleischer*, 11(1), 105.
- Medan, D., Schirarend, C. (2004). Rhamnaceae. en K., Kubitzki (ed.), *Flowering Plants Dicotyledons. The Families and Genera of Vascular Plants*, vol. 6. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-07257-8_37
- Morley, R. J. (2000). *Origin and evolution of tropical rainforests*. John Wiley and Sons.
- Pavlyutkin, B. I. (2015). A New Species of *Lonicera* (Caprifoliaceae) from the Miocene of Primorye Region (the Russian Far East): *Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation*, 4, 157–160. <https://doi.org/10.17581/bp.2015.04218>
- Pool, A. (2014). Taxonomic Revision of *Gouania* (Rhamnaceae) for North America 1. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 99(3): 516–518. <https://doi.org/10.3417/2013016>
- Reissek, S. (1861). *Gouania velutina* Reissek. En C. F. P., Martius (ed.), *Flora Brasiliensis, Monachii and Lipsiae*. Fleischer, 11(1).
- Richards, P. W. (1996). *The tropical rain forest*. Cambridge University Press.
- Rodríguez-de la Rosa, R., & Cevallos-Ferriz, S. R. S. (1994). Upper Cretaceous Zingiberalean fruits with in situ seeds from southeastern Coahuila, Mexico. *International Journal of Plant Sciences*, 155, 786–805. <https://doi.org/10.1086/297218>
- Serlin, B., Delevoryas, T., & Weber, R. (1981). A new conifer pollen cone from the upper Cretaceous of Coahuila, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 31, 241–248. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(80\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0034-6667(80)90029-9)
- Smith, N., Mori, S. A., Henderson, A., Stevenson, D. W., & Heald, S. V. (2004). *Flowering Plants of the Neotropics*. The New York Botanical Garden, Princeton University Press.
- Takhtajan, A. L. (1966). *Rosidae Takht, Sistema i Filogeniia Tsvetkovykh Rastenii*. Leningrad, Nauka.
- Upchurch, G. R., Crane, P. R., & Drinnan, A. N. (1994). The megafloora from the Quantico locality (upper Albian), Lower Cretaceous Potomac Group of Virginia. *Virginia Museum of Natural History*, 4, 1–57.
- Urban, I. (1910). *Symbolae Antillanae seu Fundamenta Florae Indiae Occidentalis*. Lipsiae, Fratres Borntreager, 9, 1898–1928. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.144>
- Velasco de León, P., Cevallos-Ferriz, S. R. S., & Silva-Pineda, A. (1998). Leaves of *Karwinskia axamillense* sp. nov. (Rhamnaceae) from Oligocene sediments, near Tepexi de Rodríguez, Puebla, Mexico. *Canadian Journal of Botany*, 76, 410–419. <https://doi.org/10.1139/b97-186>
- Wang, C. W. (1961). *The forests of China*. Harvard University Maria Moors Cabot Foundation for Botanical Research.
- Weber, R. (1972). La vegetación Maestrichtiana de la Formación Olmos de Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 33, 5–19.
- Weber, R. (1973). *Salvinia coahuilensis* nov. sp. del Cretácico Superior de México. *Ameghiniana*, 10, 173–190.
- Weber, R. (1975) *Aachenia knoblochi* nov. sp. an interesting conifer of the upper Cretaceous Olmos Formation of Northeastern Mexico. *Palaeontographica Abteilung B*, 152, 76–83.

- Weber, R. (1976). *Dorfiella auriculata* f. gen. nov. sp. nov., un género nuevo de helechos acuáticos del Cretácico Superior de México. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología*, 3, 1-13.
- Weber, R. (1978). Some aspects of the Upper Cretaceous angiosperms, flora of Coahuila, Mexico. Courier Forschungs-Institut Senckenberg, 30, 38-46.
- Wheeler, E. A., & Lehman, T. M. (2009). New Late Cretaceous and Paleocene dicot woods of Big Bend National Park, Texas, and review of Cretaceous wood characteristics. *IAWA Journal*, 30, 293-318.
- Wheeler, E. A., Lehman, T. M., & Gasson, P. E. (1994). *Javelinoxylon*, an Upper Cretaceous Dicotyledonous Tree from Big Bend National Park, Texas, with Presumed Malvacean Affinities. *American Journal of Botany*, 81(6), 703-710, <https://doi.org/10.2307/2445648>
- Wheeler, E. A., McClamer, J., & LaPasha, C. A. (1995). Similarities and differences in dicotyledonous woods of the Cretaceous and Paleocene. San Juan Basin, New Mexico, U. S. A. *IAWA Journal*, 16, 223-254.
- Whitmore, T. C. (1998). *An introduction to tropical rain forests*. second edition. Oxford University Press, 296 pp.
- Wolfe, J. A. (1979). *Temperatures parameters of humid to mesic forests of eastern Asia and relation to forests of other regions of the northern hemisphere and Australasia*. U.S. Geological Survey Professional Paper, 37 p.
- Wolfe, J., & Upchurch, G. (1986). Vegetation, climatic and floral changes at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Nature*, 324, 148-152, <https://doi.org/10.1038/324148a0>
- Zastawniak, E. (1994). Upper Cretaceous leaf flora from the Blazyk Moraine (Zamek Formation), King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica. *Acta Palaeobotanica*, 34, 119-163.
- Zhou, Z., Wang, T., Huang, J., Liu, J., Deng, W., Li, S., Deng, C., & Su, T. (2019). Fossil leaves of *Berhamniphyllum* (Rhamnaceae) from Markam, Tibet and their biogeographic implications. *Science China Earth Sciences*, 63, 224-234, <https://doi.org/10.1007/s11430-019-9477-8>