

HOJAS DE ANGIOSPERMAS DE SAN ESTEBAN TIZATLÁN (MIOCENO), TLAXCALA, MÉXICO

LAURA ZAYAS-OCELOTL, CARLOS CASTAÑEDA-POSADAS
Laboratorio de Paleontología, Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
Edificio 112 A, 72570 Puebla, México. *darkzol_x@hotmail.com, ccpaleo@gmail.com*

EMILIO ESTRADA-RUIZ
Laboratorio de Ecología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional,
Prolongación de Carpio y Plan de Ayala, 11340 México, D.F., México. *emilkpaleobot@yahoo.com.mx*

AGUSTINA ROSA ANDRÉS-HERNÁNDEZ
Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Edificio 112 A, 72570 Puebla, México.
arahdm@yahoo.co.mx

ABSTRACT – ANGIOSPERM LEAVES FROM SAN ESTEBAN TIZATLÁN (MIOCENE), TLAXCALA, MEXICO. A variety of fruits and leaf compressions were collected from lacustrine sediments of the “Bloque Tlaxcala” (Miocene), San Esteban Tizatlán locality, Tlaxcala State, central Mexico. From this fossil material collected, we describe two new species belonging of *Guarea* (Meliaceae) and *Petiveria* (Phytolaccaceae), and one leaf form related to the genus *Salix* (Salicaceae). The current distribution of the closer living relatives of these taxa along with their leaf physiognomy, suggest that the fossil assemblage were close to a cloud forest. These records agree with previous data, supporting the hypothesis of changes in the regional floristic composition from the Miocene to the present.

Key words: angiosperm, Mexico, Miocene, Meliaceae, Phytolaccaceae, Salicaceae.

RESUMO – Na localidade de San Esteban Tizatlán, no Estado de Tlaxcala, centro do México, estão expostos sedimentos lacustres do “Bloque Tlaxcala” (Mioceno), onde foram coletadas compressões carbonáceas de folhas e frutos. Neste material fóssil, descrevem-se duas novas espécies de *Guarea* (Meliaceae), e uma segunda correspondente a *Petiveria* (Phytolaccaceae), assim como uma forma afim de *Salix* (Salicaceae). A presença desses gêneros, bem como sua distribuição atual e fisionomia de suas folhas, permitem sugerir que a associação fóssil era semelhante a uma floresta. Esses registros são consistentes com os dados anteriores, apoiando a hipótese de mudanças na composição florística da região a partir do Mioceno até o presente.

Palavras-chave: angiospermas, Mioceno, México, Meliaceae, Phytolaccaceae, Salicaceae.

INTRODUCCIÓN

En México se encuentran varias localidades con impresiones o compresiones de hojas de angiospermas, pero aún son pocos los trabajos sobre arquitectura foliar que se han realizado a detalle como para poder certificar la presencia de géneros y especies relacionadas con formas actuales. Del material fósil descrito en las últimas tres décadas en México, se han identificado varias familias con base en la arquitectura de hojas de angiospermas. En la localidad de Los Ahuehuetes del Oligoceno de Puebla, se han reconocido familias como Fabaceae, Ulmaceae (e.g. Magallón-Puebla & Cevallos-Ferriz, 1994), Rhamnaceae, Rosaceae, Berberidaceae, Anacardiaceae, Salicaceae y otras. (e.g. Velasco de León *et al.*, 1998; Velasco de León & Cevallos-Ferriz, 2000; Ramírez & Cevallos-Ferriz, 2000a,b, 2002). Velasco de León & Ortiz-Martínez (2010) describen nuevas especies de *Quercus* (Fagaceae) para el Plioceno de Santa María Amajac,

Hidalgo. Weber (1972, 1978), en sedimentos de la Formación Olmos (Campaniano superior) en Coahuila, reportó hojas de angiospermas relacionadas con Arecaceae, Araceae, Magnoliaceae, Lauraceae y Euphorbiaceae. Recientemente, en los mismo depósitos de la Formación Olmos, Estrada-Ruiz (2009) describió familias con afinidad a Arecaceae, Lauraceae, Menispermaceae y varias eudicotiledóneas, así como la arquitectura foliar detallada de un nuevo género de Nelumbonaceae y del género actual *Nelumbo* (Estrada-Ruiz *et al.*, 2011).

Estudios previos sobre geología en el estado de Tlaxcala sugieren que existió un gran sistema de cuencas, donde éstos fueron desecados debido a la gran actividad volcánica de la región durante el Pleistoceno (Castañeda-Posadas *et al.*, 2009; Vilaclara *et al.*, 2010). Por ejemplo, se plantea que en la localidad de Panotla, Tlaxcala, hace aproximadamente 12 Ma, se desarrolló una vegetación parecida a una selva alta o mediana, perennifolia, sobre suelos volcánicos a alturas

menores que los 900 msnm (Castañeda-Posadas *et al.*, 2009). Esta interpretación estaría apoyada por los registros fósiles de madera relacionadas con *Cedrela*, *Terminalia*, cf. *Hypodaphnis*, *Lagerstroemia*, *Eugenia*, Fabaceae, Platanaceae, *Podocarpus* y *Taxus* (Castañeda-Posadas *et al.*, 2009; Cevallos-Ferriz *et al.*, 2009; Bretón-Bermúdez, 2012). Para tiempos posteriores, el registro palinológico postmiocénico en la región de los lagos de Acuitlapilco, Oriental y Tlalocua (cerca de La Malinche) se ha reportado un bosque templado, compuesto principalmente por *Pinus* y *Quercus* (Guenther & Bunde, 1973), sugiriendo condiciones templadas a frías. Aparentemente, con el paso del tiempo, el género *Quercus* disminuyó y la dominancia de *Pinus* llegó a su límite a finales del Pleistoceno. A principios del Holoceno, la presencia de otras coníferas, como *Abies*, *Picea* y *Juniperus*, sugiere zonas más elevadas con condiciones aún más frías (Ohngemach & Straka, 1978).

Este estudio corresponde a el primer trabajo descriptivo sobre arquitectura foliar de una flora en la localidad de San Esteban Tizatlán (Mioceno); los resultados de nuestra investigación ayudan a entender, desde una visión paleontológica, los cambios de la vegetación en el centro de México durante el Mioceno, los cuales fueron importantes en la evolución y conformación de la actual flora mexicana.

MARCO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO

La localidad fósil se encuentra en el municipio de San Esteban Tizatlán, Estado de Tlaxcala, a 5 km al norte de la

ciudad de Tlaxcala, sobre el viejo camino hacia Apizaco, ubicada en 19°20'33"N y 98°13'18"O (Figuras 1A-C). La geología del municipio de Tizatlán, ha sido poco estudiada; trabajos recientes ubican a esta área en la provincia geológica de la Faja Volcánica Mexicana (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1991). En esta zona afloran una secuencia de rocas lacustres que se han agrupado como el "Bloque Tlaxcala", de edad terciaria (von Erffa *et al.*, 1976). Su litología es descrita como la asociación alternante de areniscas-limolitas y areniscas-calizas que pertenecen al Cenozoico inferior, y se encuentran cubiertas por derrames andesíticos y tobas intermedias del Cenozoico superior (Mioceno tardío) (INEGI, 1981; Castañeda-Posadas, 2007; Vilaclara *et al.*, 2010).

Se realizó una columna estratigráfica continua en el sitio donde fue recolectado todo el material fósil (Figura 2). La columna estratigráfica es de un total de 12.5 m de altura, y está compuesta por granos que van desde arcilla hasta arena media a gruesa. A 5.70 m de la base, se halló un conjunto sedimentario de arenas medias amarillo-verdosas, con intercalaciones de lutitas, en la que se encontró el nivel de hojas fósiles. Ochenta cm más arriba en el perfil, se halló una arena gris con restos de peces y 1 m más arriba, huesos de vertebrados terrestres en asociación con una arcilla verde (Figura 2).

MATERIAL Y MÉTODOS

De los 708 ejemplares fósiles extraídos de la localidad fosilífera se eligieron los que presentaban mayor conservación

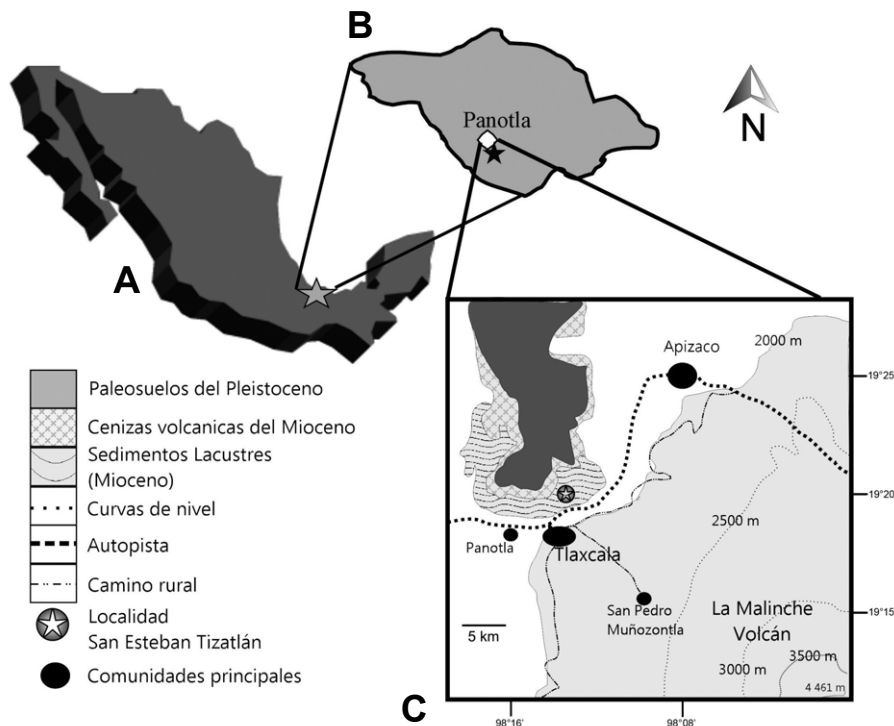


Figura 1. Localización de la zona de estudio. **A**, mapa de México; **B**, mapa del estado de Tlaxcala; **C**, localidad fosilífera de San Esteban Tizatlán.

Figure 1. Location of the study area. **A**, map of Mexico; **B**, map of Tlaxcala State; **C**, fossiliferous locality of San Esteban Tizatlán.

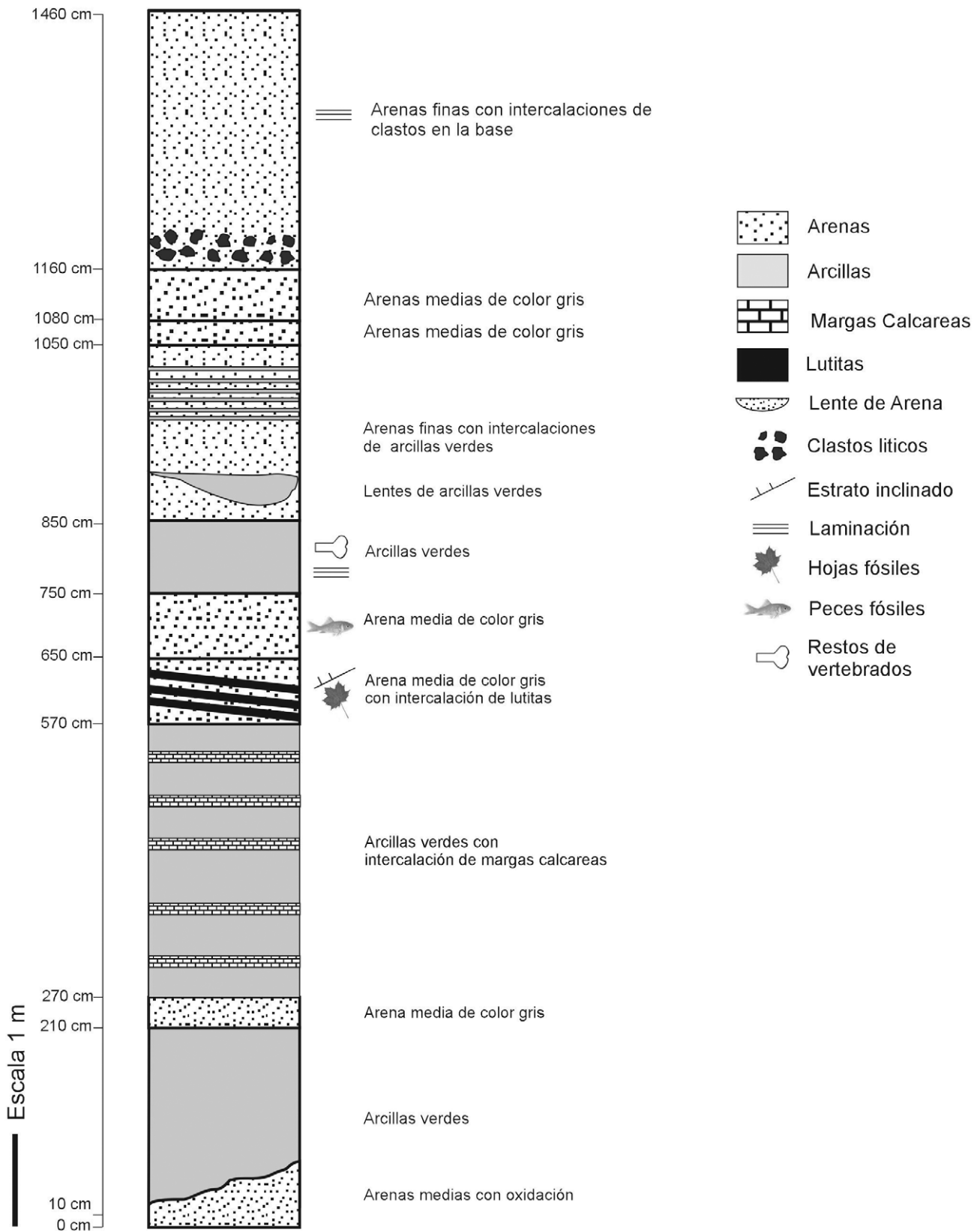


Figura 2. Columna estratigráfica de la zona de estudio.

Figure 2. Stratigraphic section of the study area.

en los rasgos morfológicos, obteniendo un total de 6 ejemplares, representando a los tres morfotipos que se citaran posteriormente. Se describieron todos los caracteres de la arquitectura foliar que pudieron ser observados, siguiendo las recomendaciones del Manual de Arquitectura Foliar (Hickey, 1973; Hickey & Wolfe, 1975; *Leaf Architecture Working Group*, 1999; Ellis *et al.*, 2009); para algunos términos, se siguió el glosario botánico ilustrado de Moreno (1984).

Los fósiles fueron observados con un microscopio estereoscópico marca Olympus SHZ. Posteriormente, se prosiguió con el uso de claves botánicas (DELTA y FAMEX), utilizándose las características visibles de los morfotipos. Para DELTA, fueron utilizados los siguientes caracteres: desarrollo de la hoja, organización de la hoja, tipo de margen, tipo de venación primaria y tamaño de la hoja, con sus distintos estados de carácter; mientras que para FAMEX fueron los siguientes caracteres: tipo de venación primaria, tipo de margen, organización de la hoja. Posteriormente, se hizo un consenso de las familias que se repitieran en los programas, obteniendo así las familias posibles. De las familias obtenidas, se generaron tablas de comparación, las que fueron revisadas en los herbarios en línea y herbarios físicos (Apéndice 1) como el de la BUAP de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla y el MEXU del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, IBUNAM, para hacer una revisión de los rasgos de mayor detalle, como lo son las venas de quinto y sexto orden, así como las vénulas libres. Para las clases de tamaño de las hojas, se utilizó las categorías propuestas por Webb (1959): leptofila < 0,25 cm², nanofila = 0,25-2,5 cm², micrófila = 2,5-20,25 cm², notofila = 20, 25-45, 0 cm², mesófila = 45,0-182,25 cm², macrofila = 182,25-1640,25 cm² y megafila > 1640,25 cm².

El material estudiado se encuentra resguardado en la Colección de Paleontología de la Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México; bajo el acrónimo (BUAPAL). Para los niveles de taxones superiores, se siguió la terminología de APG III (APG, 2009). Además, fueron usados nombres taxonómicos propuestos por Chase & Reveal (2009).

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

EUDICOTILEDÓNEAS

MALVIDAE EUROSIDAS II APG, 2009

Orden SAPINDALES de Jussieu ex Berchtold & Presl, 1820

Familia MELIACEAE de Jussieu, 1789

Guarea Allamand ex Linneaus, 1771

Especie tipo. *Guarea trichilioides* L.

Guarea tizatlanis sp. nov.

(Figuras 3A-E; 4A-G)

Holotipo. BUAPAL 1000.

Material adicional. BUAPAL 712, BUAPAL 905, BUAPAL 1700 A, B.

Procedencia geográfica. San Esteban Tizatlán, Tlaxcala.

Procedencia estratigráfica. Bloque Tlaxcala, Mioceno.

Derivación del nombre. El epíteto proviene de la localidad de San Esteban Tizatlán en donde se recolectó la hoja fósil.

Diagnosis. Hoja asimétrica, ovada, ápice agudo, base convexa, venación de primer orden pinnada, venación de segundo orden broquidódroma débil, venas intersecundarias bien desarrolladas, venación de tercer orden de tipo percurrente mixta, venas de cuarto orden poligonal reticulado, venación de quinto y sexto órdenes poligonal reticulado, vénulas libres dicotomizadas.

Diagnosis. *Asymmetrical leaf, ovate, acute apex, base convex, venation of first-order pinnate, venation of the second order weakly broquidodromous, well developed inter-secondary veins, third order venation mixed percurrent, fourth order venation polygonal reticulate, fifth and six order venation polygonal reticulate, freely ending ultimate veins dichotomized.*

Descripción. Hoja con base no completa, carece de peciolo, ápice agudo y doblado hacia la vena media del lado derecho (ejemplar 1000); lámina asimétrica, lámina ovada; margen entero; área foliar de 47 cm² aprox., tamaño mesófilo, ápice agudo y base convexa, largo aprox. 17,5 cm y ancho de 5 cm. Presenta un ángulo apical de 41°, y un ángulo basal de 63°. Venación de primer orden de tipo pinnada (Figura 3A); venación de segundo orden tipo broquidódromo débil (Figuras 3A,B), los ángulos de la venación secundaria son agudos, presenta un espacio entre vena y vena secundaria asimétrico, con venas intersecundarias poco desarrolladas, visibles en la región media de la hoja (Figura 3A). Venación de tercer orden percurrente mixta, perpendiculares con respecto a la vena media, e incrementando el ángulo hacia la base, con un curso sinuoso (Figura 3C). Venación de cuarto orden poligonal reticulado (Figura 3D), el quinto y sexto órdenes de venación son poligonales reticulados (Figura 3E). Presenta vénulas libres dicotomizadas. La venación última marginal es lobada. **Medidas.** Longitud aprox. 17,5 cm, ancho 5 cm, 47 cm² aprox., ángulo apical de 41° aprox., ángulo basal de 63°.

Discusión. El conjunto de caracteres de hoja asimétrica, ovada, con venación de primer orden pinnada, venación de quinto y sexto orden poligonal y las vénulas dicotomizadas se han reconocido dentro de las familias: Begoniaceae, Quiinaceae, Salicaceae, Proteaceae, Berberidaceae, Polygonaceae, Balsaminaceae, Saxifragaceae, Fagaceae y Meliaceae. La venación de segundo orden de tipo broquidódromo, permite excluir a tres familias: Begoniaceae, Quiinaceae y Salicaceae, pues éstas presentan un patrón distinto al del fósil. Dentro de las venaciones broquidódromas se diferencian tres tipos: broquidódromo festonado o con arcos, broquidódromo normal y broquidódromo débil, el fósil presenta un tipo de venación broquidódroma débil, permitiendo excluir a las familias Proteaceae y Berberidaceae, ya que presentan una venación de broquidódromo marcada. El fósil presenta espacios irregulares entre venas secundarias, pues posee venas congestionadas en la base y el ápice, mientras que en la parte media se encuentran separadas; además, las densidad de venas aumentan conforme se dirigen hacia el ápice, razón que permite excluir a la familia

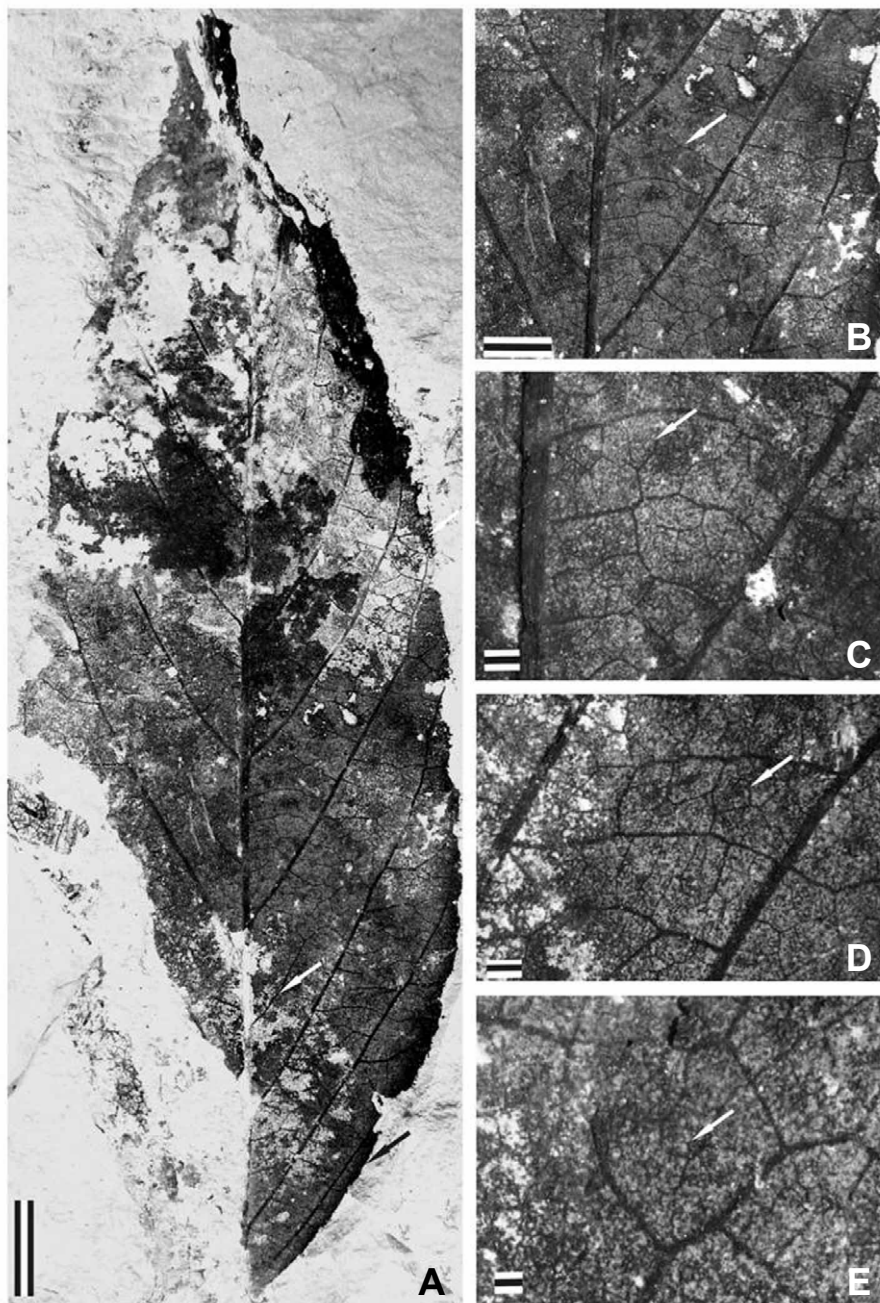


Figura 3. *Guarea tizatlanis* sp. nov., BUAPAL 1000. **A**, observación de la venación de primer orden pinnada y margen entero; **B**, venación de tercer orden de tipo percurrente mixta (flecha); **C**, venación de cuarto orden poligonal retícula; **D**, detalle mostrando la venación de quinto orden (flecha); **E**, detalle mostrando venación de sexto orden, formando polígonos (flecha) y la presencia de vénulas libres dicotomizadas. Escalas: A = 15 mm; B = 10 mm; C = 3 mm; D = 1 mm; E = 0,15 mm.

Figure 3. *Guarea tizatlanis* sp. nov., BUAPAL 1000. **A**, note first order venation pinnate and entire margin; **B**, third order venation mixed percurrent type (arrow); **C**, fourth order venation polygonal recutillate; **D**, detail showing fifth order venation (arrow); **E**, sixth order venation with polygonal pattern (arrow) and dichotomous freely ending veins. Scale bars: A = 15 mm; B = 10 mm; C = 3 mm; D = 1 mm; E = 0,15 mm.

Polygonaceae, que posee un espacios constantes entre venas secundarias y sus venas no tienden a aumentar de número hacia la base o hacia el ápice. Otro carácter importante para excluir las anteriores familias es el recorrido de las venas de segundo orden, ya que el fósil no tiene recorrido paralelos a la vena media, y la familia Balsaminaceae sí presenta venas secundarias con recorrido paralelo a la vena media. De esta

forma, el fósil se asemejaría sólo a las familias Saxifragaceae, Fagaceae y Meliaceae. Sin embargo, los recorridos de las venas de tercer orden de la familia Saxifragaceae son rectos y perpendiculares con respecto a la vena media, además de tener venación de cuarto grado percurrente alterna, caracteres que distinguen la familia. En la familia Fagaceae, se revisaron los géneros *Castanea* Mill y *Quercus* L. *Castanea* tiene

característicamente márgenes dentados, descartando cualquier posible afinidad; por su parte, algunas especies del género *Quercus* presentan hojas con márgenes enteros, pero nunca forma polígonos en la venación de quinto orden, lo cual permite descartar cualquier relación taxonómica. Por otra parte, la familia Meliaceae presenta una serie de características que se encuentran en nuestro ejemplar fósil, como son: la presencia de hoja con margen entero, la venación de primaria pinnada, venación de segundo orden broquidódromo débil, venación de quinto orden formando polígonos. La familia Meliaceae posee varios taxones, entre los que se revisaron *Cedrela* L., *Cedrela lilloi* C.DC., *Cedrela angustifolia* Sessé & Moc. ex DC., *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell., *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. *Carapa* Aubl., *Carapa megistocarpa* A.H. Gentry & Dodson. *Melia* L., *Melia azedarach* L. *Swietenia* Jacq., *Swietenia macrophylla* King. *Trichilia* P. Browne, *Trichilia cuneata* Radlk., *Trichilia glabra* L. *Guarea* F. Allam. ex L., *Guarea bijuga* C. DC., *Guarea excelsa* Kunth, *Guarea grandifolia* DC., *Guarea glabra* Vahl., *Guarea macrophylla* Vahl. y *Guarea tuerckheimii* C. DC.

Los caracteres morfológicos del fósil son consistentes con el género *Guarea* en los siguientes aspectos: la forma de la lámina es similar entre ambas (Figuras 4A-C), la separación y los ángulos de las venas secundarias y la presencia de venas intersecundarias poco desarrolladas en la región media de la hoja. La disposición de las venas de tercer orden tiene el mismo recorrido y disposición espacial dentro de la lámina (Figuras 4D-E), tanto para el fósil como para el género actual; además, la venación de quinto y sexto órdenes con la formación de polígonos (Figuras 4F-7G) son características coincidentes con las especies *Guarea bijuga*, *G. glabra* y *G. excelsa*. El fósil de Tlaxcala presenta caracteres que no comparte con especies del género *Guarea*, como es la forma asimétrica de su lámina, la base convexa, en margen entero, eroso y la venación percurrente mixto, por lo que se propone una nueva especie llamada de *Guarea tizatlanis* sp. nov., para los sedimentos del Mioceno de la localidad Tizatlán, Tlaxcala.

Orden CARYOPHYLLALES de Jussieu
ex Berchtold & Presl, 1820
Familia PHYTOLACCACEAE Brown, 1818

Petiveria Linnaeus, 1753

Especie tipo. *Petiveria alliacea* Linnaeus.

Petiveria rosamedinasis sp. nov.
(Figuras 5A-F; 6A-G)

Holotipo. BUAPAL 1701.

Procedencia geográfica. San Esteban Tizatlán, Tlaxcala.

Procedencia estratigráfica. Bloque Tlaxcala, Mioceno.

Derivación del nombre. El epíteto específico a Biol. Rosalinda Medina Lemus, por su arduo trabajo en la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Diagnosis. Hoja simétrica, elíptica, margen entero, venación de primer orden pinnada, sin venas intersecundarias,

venación de segundo orden broquidódroma débil, venación de tercer orden de tipo percurrente alterna, con ángulos incrementándose hacia la base, venación de cuarto y quinto órdenes de tipo poligonal reticulado, sin vénulas libres y presenta una textura gruesa.

Diagnosis. *Symmetrical leaf, elliptical, entire margin, first-order venation pinnate, absence of inter-secondary veins, second order venation weak broquidodromous, third order venation alternate percurrent, with angles increasing toward base, fourth and fifth order venation reticulate polygonal, absence of freely ending ultimate veins.*

Descripción. Hoja simétrica, lámina elíptica y margen eroso, área aprox. de 11,24 cm², tamaño micrófilo, longitud 6,5 cm y un ancho de 2,5 cm (Figura 5A). La base no se preserva, pero tiende a ser de forma cuneada, con ángulo de 79°. El ápice no se preserva pero es agudo, con un ángulo de 69°. Venación de primer orden pinnada, venación de segundo orden de tipo broquidódromo débil (Figura 5B), sin presencia de venas intersecundarias, el espacio entre venas secundarias es asimétrico y se mantiene constante a lo largo de la hoja, la venación de tercer orden es percurrente alterna (Figura 5C), con un curso sinuoso, su posición con respecto a la vena media es oblicuo a perpendicular con ángulos incrementándose hacia la base. Venación de cuarto orden de tipo poligonal reticulado (Figura 5D), venación de quinto orden poligonal reticulado (Figura 5E), ausencia de vénulas libres (Figura 5F).

Medidas. Longitud aprox. 6,5 cm., ancho 2,5 cm., ángulo basal 79°, ángulo apical aprox. 69°.

Discusión. Los caracteres como hoja simétrica, margen entero, su posible base cuneada, el tipo de ápice, venación de primer orden pinnada, sin venas intersecundarias, venación de tercer orden de tipo percurrente alterna, venación de cuarto y quinto órdenes poligonal reticulado, permiten asociar a esta forma foliar de Tlaxcala con las familias Costaceae, Elatinaceae, Marantaceae, Portulacaceae, Cyanastraceae, Phytolaccaceae, Berberidaceae, Balsaminaceae. El carácter de venación secundaria de tipo broquidódromo, permite excluir a las familias Costaceae, Elatinaceae, Marantaceae, Portulacaceae y Cyanastraceae, que presentan otros tipos de venación (eucamptodromo o craspedódromo). La presencia de una venación broquidódroma débil en el fósil la separa de otras familias que presentan hojas con venación de tipo broquidódroma; por ejemplo, Berberidaceae tiene una composición broquidódroma marcada, lo cual permite excluirla; la familia Balsaminaceae tiene venación broquidódroma, pero presenta recorridos paralelos de las venas secundarias, respecto a la vena media, y además presenta venas intersecundarias. De esta forma el taxón quedaría limitado a la familia Phytolaccaceae, la cual comparte de manera general muchos caracteres como la base cuneada, al ápice agudo, la venación pinnada del primer orden; la venación broquidódroma del segundo orden, la carencia de venas intersecundarias, la venación de cuarto orden poligonal reticulado, la textura gruesa o plicada. Con el fin de comparar el fósil a nivel genérico, se revisaron los siguientes taxones: *Achatocarpus pubescens* C.H. Wright, *Flueckigera peruviana* (O.C. Schmidt) J.F. Macbr., *Gallasea* (Casar), *Gallasea integrifolia* (Harms, 1934),

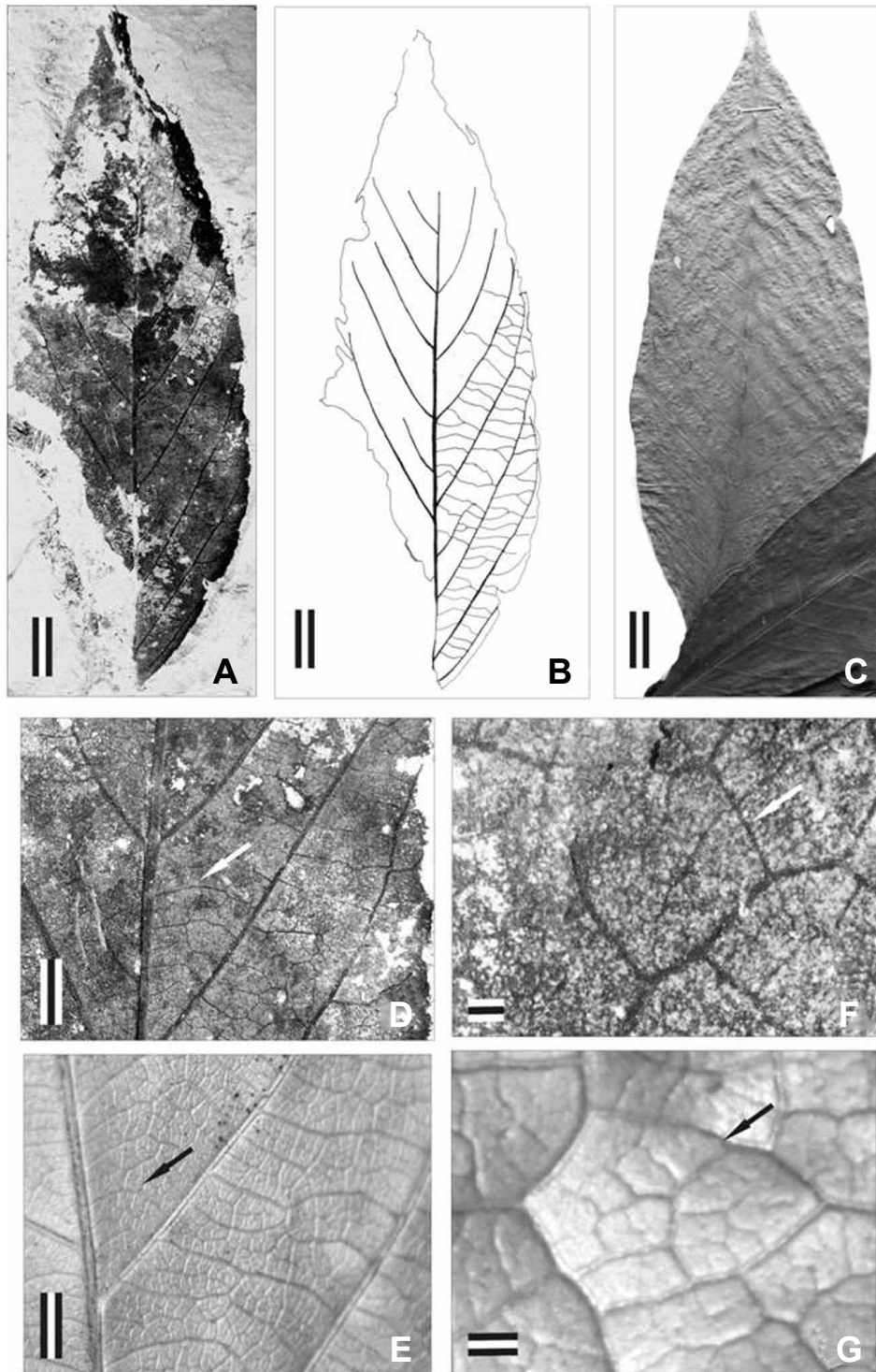


Figura 4. Comparación de *Guarea tizatlanis* sp. nov. y la especie actual *Guarea excelsa*. **A**, *G. tizatlanis* sp. nov. (BUAPAL 1000); **B**, esquema de *G. tizatlanis* sp. nov., mostrando los recorridos de las venas de segundo y tercer orden; **C**, ejemplar actual de *G. excelsa* (herbario MEXU: PV77938, UNAM); **D**, venación de tercer orden (flecha) en *G. tizatlanis* sp. nov.; **E**, venación de tercer orden en *G. tizatlanis* sp. nov., pecurrente mixta; **F**, *G. excelsa* (Herbario MEXU: PV77938, UNAM) se observa recorrido y posición de la venación de tercer orden (flecha) similar al ejemplar fósil; **G**, venación de quinto y sexto orden en *G. bijuca* (herbario MEXU: PV165441, UNAM). Escalas: A,B = 1 cm; C = 1,2 mm; D = 3 mm; E = 1 mm; F = 15 mm; G = 2 mm.

Figure 4. Comparison between *Guarea tizatlanis* nov. sp. and the extant *G. excelsa*. **A**, *G. tizatlanis* sp. nov. (BUAPAL 1000); **B**, drawing of *G. arenosa* sp. nov. showing the second and third order veins; **C**, extant sample of *G. excelsa* (MEXU herbarium: PV77938, UNAM); **D**, third order venation (arrow) in *G. tizatlanis* sp. nov.; **E**, mixed pecurrent third order venation pattern in *G. tizatlanis* sp. nov.; **F**, shows the position and path of the third order venation (arrow) in *G. excelsa* (MEXU herbarium: PV77938, UNAM), which is similar to fossil sample; **G**, fifth, and sixth order venation pattern in *G. bijuca* (MEXU herbarium: PV165441, UNAM). Scale bars: A,B = 1 cm; C = 1,2 mm; D = 3 mm; E = 1 mm; F = 15 mm; G = 2 mm.

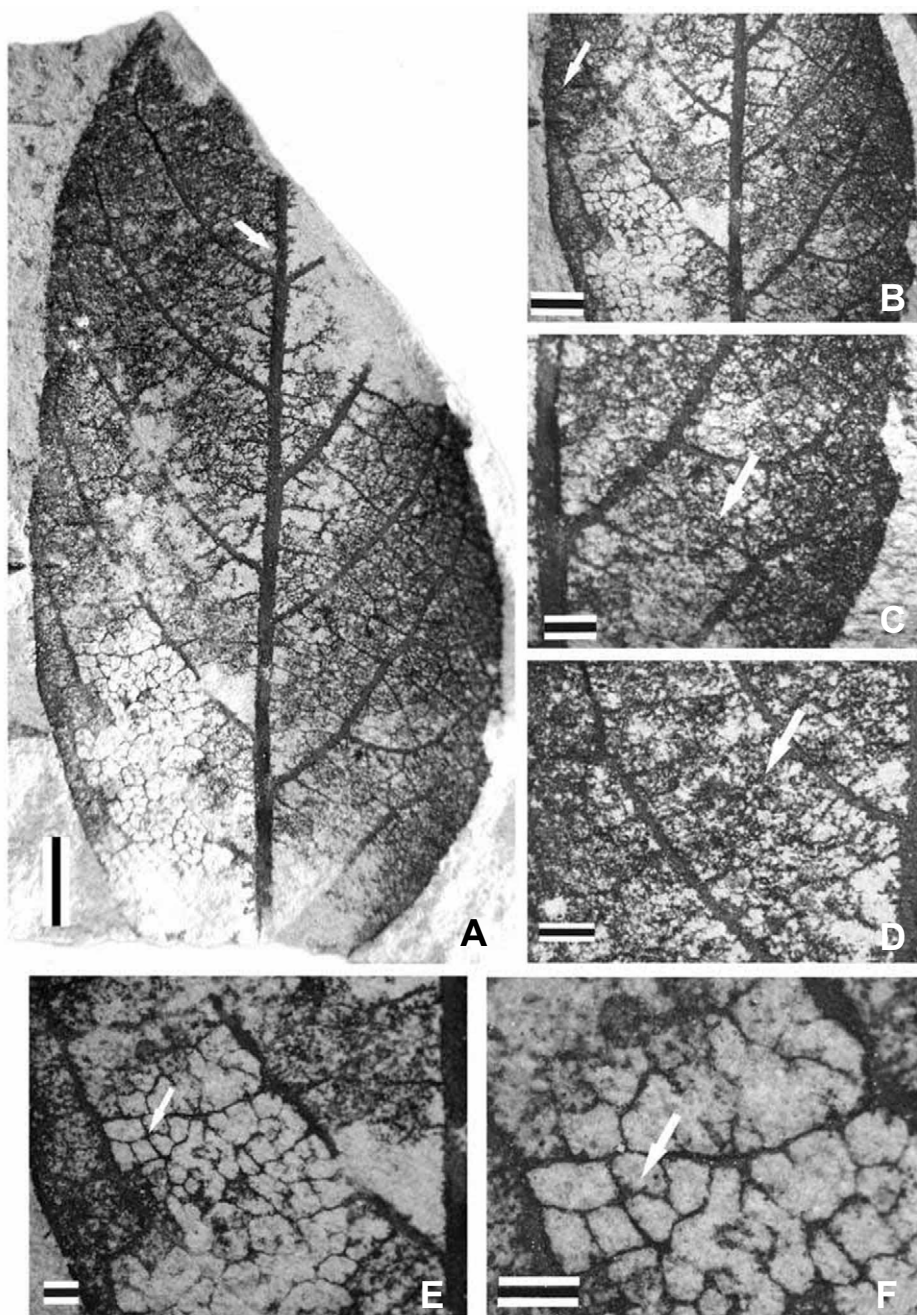


Figura 5. *Petiveria rosamedinasis* sp. nov. (BUAPAL 1701). **A**, venación de primer orden pinnada (flecha) con margen entero; **B**, venación de segundo orden brochidódroma (flecha); **C**, venación de tercer orden percurrente mixta (flecha); **D**, venación de cuarto orden; **E**, venación de cuarto orden poligonal reticulado (flecha); **F**, venación de quinto orden (flecha), mostrando el tipo de areolación y la ausencia de vénulas libres. Escalas: A,B = 4 mm; C,D = 2 mm; E,F = 1 mm.

Figure 5. *Petiveria rosamedinasis* sp. nov. BUAPAL 1701. **A**, pinnate first order venation (arrow) with entire margin; **B**, brochidodromous (arrow) second order venation; **C**, mixed percurrent (arrow) third order venation; **D**, fourth order venation; **E**, venation of fourth order reticulate polygonal (arrow); **F**, fifth order venation (arrow), showing type of areolation and absence of freely ending veins. Scale bars: A,B = 4 mm; C,D = 2 mm; E,F = 1 mm.

Petiveria L., *Petiveria alliacea* L., *Phytolacca* L., *Phytolacca rugosa* A. Braun & C.D. Bouché, *Phytolacca bogotensis* Kunth, *Phytolacca icosandra* L., *Phytolacca octandra* L., *Phytolacca weberbaueri* Walter, *Rivina humillis* L., *Seguieria aculeata* Jacq., *Seguieria affinis* Hermerl, *Seguieria americana* L., *Seguieria rigida* Walter, *Trichostigma octandrum* Walter,

Trichostigma polyandrum Walter. Como resultado de estas comparaciones se reconoció que el género *Petiveria* es el más semejante al fósil, por presentar el mismo tipo de recorrido de las venas secundarias y la misma distribución de venas secundarias a lo largo de la hoja, un recorrido sinuoso de las venas terciarias, carencia de venas inter-secundarias, el mismo

patrón de venas de cuarto orden y sus recorridos, así como la textura (Figuras 6A-C). Sobre la textura del género *Petiveria*, sus hojas presentan cierta textura de tipo gruesa, corrugado y rígido, que curiosamente presenta el ejemplar fósil, y al igual que en los géneros actuales, al describir sus hojas resulta difícil a primera instancia por el grosor, el distinguir y reconocer las venas de altos órdenes, como las de quinto orden de venación. Cabe señalar que esta característica de no conservar los tipos de venación de alto grado en el fósil de Tlaxcala fue considerada en primera instancia como una mala preservación, debido al tipo de sedimento que compone la roca portadora, pero existen ejemplares conservados en otra textura de roca, más fina, y se observa el mismo fenómeno de no conservar los patrones de venaciones altos, pero sí conserva otras características diagnósticas (Figura 6A). Es importante mencionar que las otras especies que se han recolectado en esta misma roca no presentan esas limitantes de preservación en sus órdenes de venación de primer y segundo orden, por lo que se considera que esta característica sólo se observa en las hojas que poseen una textura rugosa, y donde se reitera que no se observan las venas de cuarto y quinto órdenes tan visibles como se muestra en la foto (Figura 6D). Al comparar el fósil con ejemplares del género *Petiveria*, se observa que comparten caracteres como, el recorrido de las venas secundarias y la distribución de venas secundarias a lo largo de la hoja, un recorrido sinuoso de las venas terciarias, la carencia de venas inter-secundarias, el mismo patrón de venas de cuarto orden y sus recorridos, así como la textura; pero existen caracteres que no comparten la especie actual y el fósil de Tlaxcala como son un margen distinto (entero/eroso), la forma elíptica y asimétrica de la lámina, las venas intersecundarias ausentes por citar algunos. Por lo tanto y con lo mencionado anteriormente, se propone una nueva especie para el género *Petiveria*, llamada *Petiveria rosamedinasis* sp. nov.

FABIDAE EUROSIDAS I APG, 2009

Orden MALPIGHIALES de Jussieu ex Berchtold & Presl,
1820

Familia SALICACEAE Mirbel, 1815

cf. *Salix* sp.
(Figuras 7A-E; 8A-F)

Material estudiado. BUAPAL 1131.

Procedencia geográfica. San Esteban Tizatlán, Tlaxcala.

Procedencia estratigráfica. San Esteban Tizatlán, Mioceno.

Descripción. Impresión de hoja incompleta y plegada sobre sí misma, el lado derecho se encuentra en buen estado (Figura 7A). Hoja de lámina simétrica, forma lanceolada con margen entero, área aproximada 10.42 cm², tamaño micrófilo, base de forma cuneada y ápice agudo. Posee un ángulo basal de 64° y un ángulo apical de 32°. Venación primer orden pinnado (Figura 7A), venación segundo orden de tipo broquidódromo débil (Figuras 7A-B), sin presencia de venas intersecundarias, espacio entre venas secundarias asimétrico, sus ángulos son agudos, incrementándose hacia la base; venación de tercer orden percurrente mixto, incrementándose hacia la base,

venación de cuarto orden percurrente (Figuras 7C-E).

Discusión. Los caracteres observados en este ejemplar fósil permiten asociarlo con las familias: Theaceae, Cannaceae, Euphorbiaceae, Portulacaceae, Costaceae, Proteaceae, Marantaceae, Araceae y Salicaceae. Al revisar los ejemplares de los herbarios y comparándolos con nuestro ejemplar fósil, observamos que el tipo de venación secundaria de tipo broquidódromo débil excluyó a familias como Proteaceae, Portulacaceae, Costaceae, Euphorbiaceae y Theaceae, quedando sólo cuatro familias. Cuando se incluyó el espacio regular entre venas secundarias, así como el recorrido de las mismas hacia los márgenes desde la vena media, que van de entre 32° a 64°, las familias Araceae, Costaceae, y Marantaceae también pueden ser descartadas porque poseen un espacio entre venas secundarias constante y los ángulos de las venas son mayores a 75°. Esto permitiría limitar las comparaciones del fósil con Salicaceae. Esta familia consiste en dos géneros, *Salix* L. y *Populus* L. *Salix* presenta hojas lanceoladas con venación primaria pinnada y venación secundaria broquidódromo débil, mientras que *Populus* posee láminas ovadas a deltoideas con venas secundarias subactinódroma, broquidódromas, semicraspedódromas o eucamptódromas, características que permiten diferenciarlo rápidamente del taxón fósil. Para la identificación, se hizo la comparación con los ejemplares herborizados de las especies de *Salix alba* L., *Salix bauplandiana* Kunth (Figuras 8A-E), *Salix integra* Thunb., *Salix jaliscana* Jones, *Salix nigra* Marshall, *Salix reinii* (Franch, 1875), *Salix reticulata* L., *Salix paradoxa* Kunth, obteniendo una mayor similitud con *S. bauplandiana* (Figuras 8A-F). Los caracteres similares hallados son: el tipo de margen, los recorridos y distribución de las venas secundarias, los recorridos de las venas de tercer orden y la forma de la lámina pero, aun con estas similitudes, el fósil cuenta con una serie de los caracteres posibles de hallar en varias especies del género *Salix*, por lo que en este trabajo esta forma foliar es asignada a cf. *Salix* sp.

CONSIDERACIONES FINALES

La presencia de los géneros *Guarea*, *Petiveria* y *Salix* para la localidad de Tizatlán son de gran importancia para el conocimiento de la paleodiversidad del estado de Tlaxcala y de México en general. Aunque ya se conocían estas familias en otras localidades mexicanas del Cretácico tardío y Paleogeno, la presencia de estos grupos en sedimentos del Mioceno en el centro de México refuerza las hipótesis del gran papel biológico que tuvo esta región para la distribución, dispersión y diversificación de la flora boreo-tropical que hasta hace algunas décadas se desconocía.

El registro fósil de la familia Salicaceae (sauces) en México se encuentra representada por al menos 10 especies. Se han reportado improntas de hojas de *Salix* y *Populus*, recolectados en la localidad de Los Ahuehuetes (Ramírez & Cevallos-Ferriz, 2000b), de estos mismo géneros, se han reportado con base en polen (Ramírez-Arriaga *et al.*, 2006) del Oligoceno de la misma región, indicando que la familia, y en especial el género *Salix*, tiene presencia y diversidad de

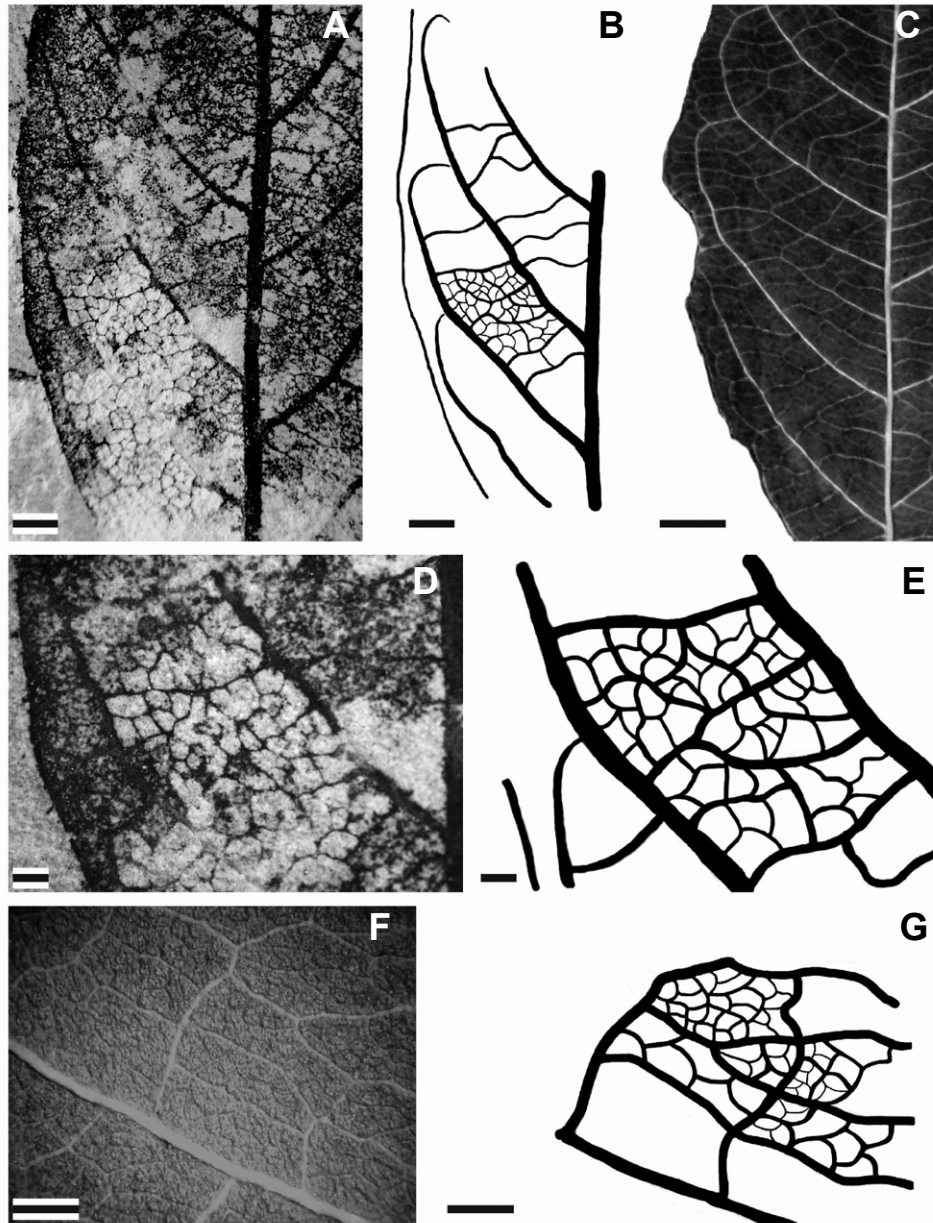


Figura 6. *Petiveria rosamedinasis* sp. nov. BUAPAL 1701. **A**, ejemplar fósil, mostrando el tipo de conservación y la venación de segundo y tercer orden; **B**, dibujo del ejemplar tipo, se observan los diferentes órdenes de venación, la flecha marca el recorrido de las venas de tercer orden; **C**, *Petiveria alliseae* (herbario MEXU: PV448901, UNAM) mostrando el recorrido de la venación de segundo orden de tipo brochidódroma; **D**, venación de quinto y sexto orden; **E**, dibujo mostrando la venación de cuarto y quinto orden; **F**, venación de cuarto y quinto orden poligonal reticulada, se observa la textura arenosa de *Petiveria alliseae* (herbario MEXU: PV448901, UNAM); **G**, dibujo de la venación de la Figura 6F. Escalas: A,B = 4 mm; C = 8 mm; D,E = 1 mm; F,G = 1,5 mm.

Figure 6. *Petiveria rosamedinasis* sp. nov. **A**, fossil exemplar, showing the type of preservation and second and third order venation; **B**, drawing of the fossil type, showing general pattern venation, the arrow shows third order of veins; **C**, *Petiveria alliseae* (MEXU herbarium: PV448901, UNAM) showing the brochidodromous second order venation; **D**, fifth and sixth order venation; **E**, draw showing fourth and fifth order venation; **F**, reticulate polygonal fourth and fifth order venation, it shows the sand texture of *P. alliseae*; **G**, drawing of *P. alliseae*. Scale bars: A,B = 4 mm; C = 8 mm; D,E = 1 mm; F,G = 1,5 mm.

especies en México desde hace aproximadamente 50 Ma. Además, ecológicamente la Familia Salicaceae nos aporta información sobre el ambiente. Actualmente esta familia se encuentra en zonas con clima templado, en bosques caducifolios y subperennifolios, asociados comúnmente a cuerpos de agua, por lo que su registro en Tlaxcala, amplía

y refuerza hipótesis previas sobre el posible panorama de la vegetación que componía este sitio hace 20 millones de años. Por otra parte, la presencia de la familia Phytolaccaceae corrobora la importancia del grupo y su continuidad en el registro fósil de México, ya que es un grupo que se encuentra documentado desde el Cretácico tardío hasta la actualidad

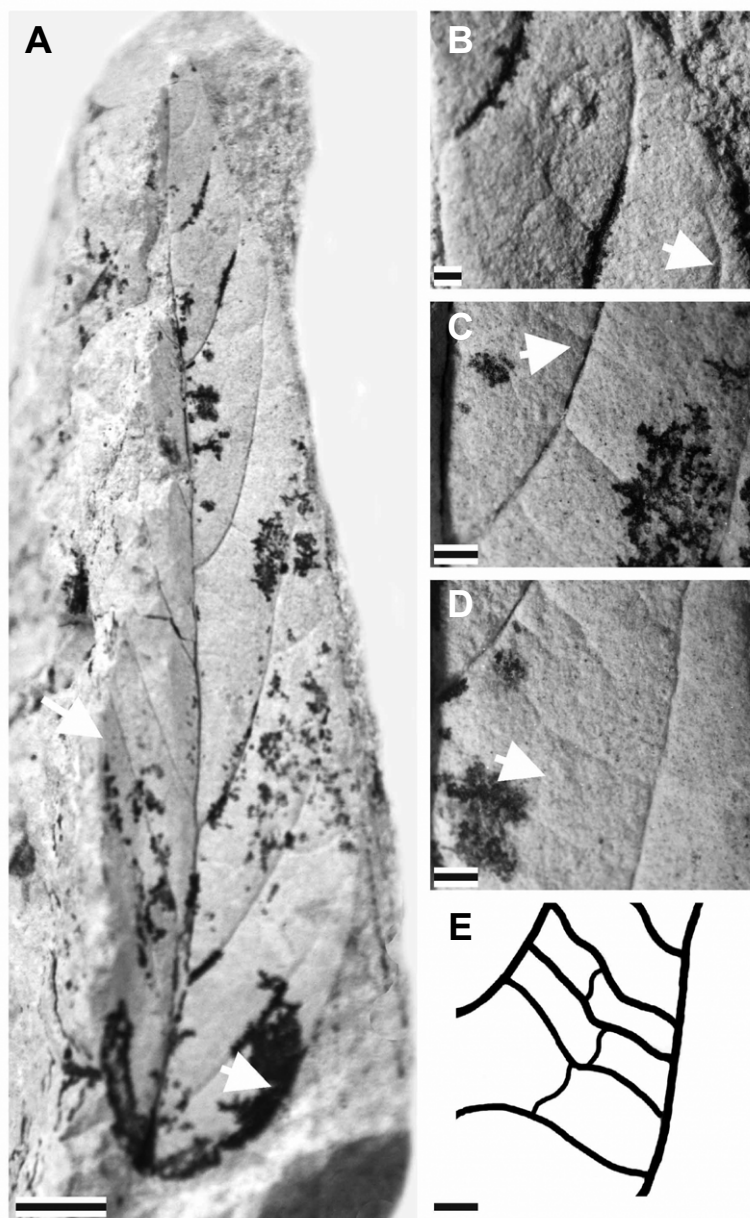


Figura 7. cf. *Salix* sp. BUAPAL 1331. **A**, lámina lanceolada con margen entero (flecha) y venación de primer orden pinada. Ausencia de la venación intersecundaria; **B**, venación broquidodromo debil (flecha); **C**, venación de tercer orden percurrente (flecha); **D**, detalle mostrando las venas de cuarto orden (flecha); **E**, dibujo de la Figura 7D que muestra la disposición de las venas de tercer y cuarto orden. Escalas: A = 1 cm; B-E = 1,5 mm.

Figure 7. cf. *Salix* sp. BUAPAL 1331. **A**, lanceolate blade with entire margin (arrow), and pinnate first order venation. Absence of the intersecondary veins; **B**, brochidodromo debil eucamptodromous venation (arrow); **C**, percurrent third order venation (arrow); **D**, detail showing fourth order of veins; **E**, drawing of Figure 7D showing the third and fourth order veins. Scale bars: A = 1 cm; B-E = 1,5 mm.

(Cevallos-Ferriz *et al.*, 2008). La presencia de género *Guarea* en Tlaxcala amplía el registro de la familia Meliaceae y del género para el Mioceno de México, tanto temporal como geográficamente. Ya que para el registro fósil de macrofósiles en México sólo se han reportado hojas de *Cedrela* del Mioceno de Oaxaca, flores de *Swietenia* encapsuladas en ámbar del Oligoceno-Mioceno en Chiapas (Castañeda-Posadas & Cevallos-Ferriz, 2007) y maderas del género *Cedrela* en el Mioceno del Estado de Tlaxcala (Castañeda-Posadas *et*

al., 2009). Respecto al registro palinológico, la familia está representada por los géneros *Cedrela*, *Guarea* y *Thiquillia*, registrados en sedimentos del Oligoceno de Puebla, y Oligoceno-Mioceno y Plioceno de Chiapas (Graham, 1999; Ramírez-Arriaga *et al.*, 2006). Es así que el reconocimiento del género *Guarea* reafirma su presencia en esta parte de América del Norte. La familia Meliaceae actualmente tiene una distribución pantropical, se desarrolla en selvas altas perennifolias, bosques mesófilo y selvas subperennifolias, por

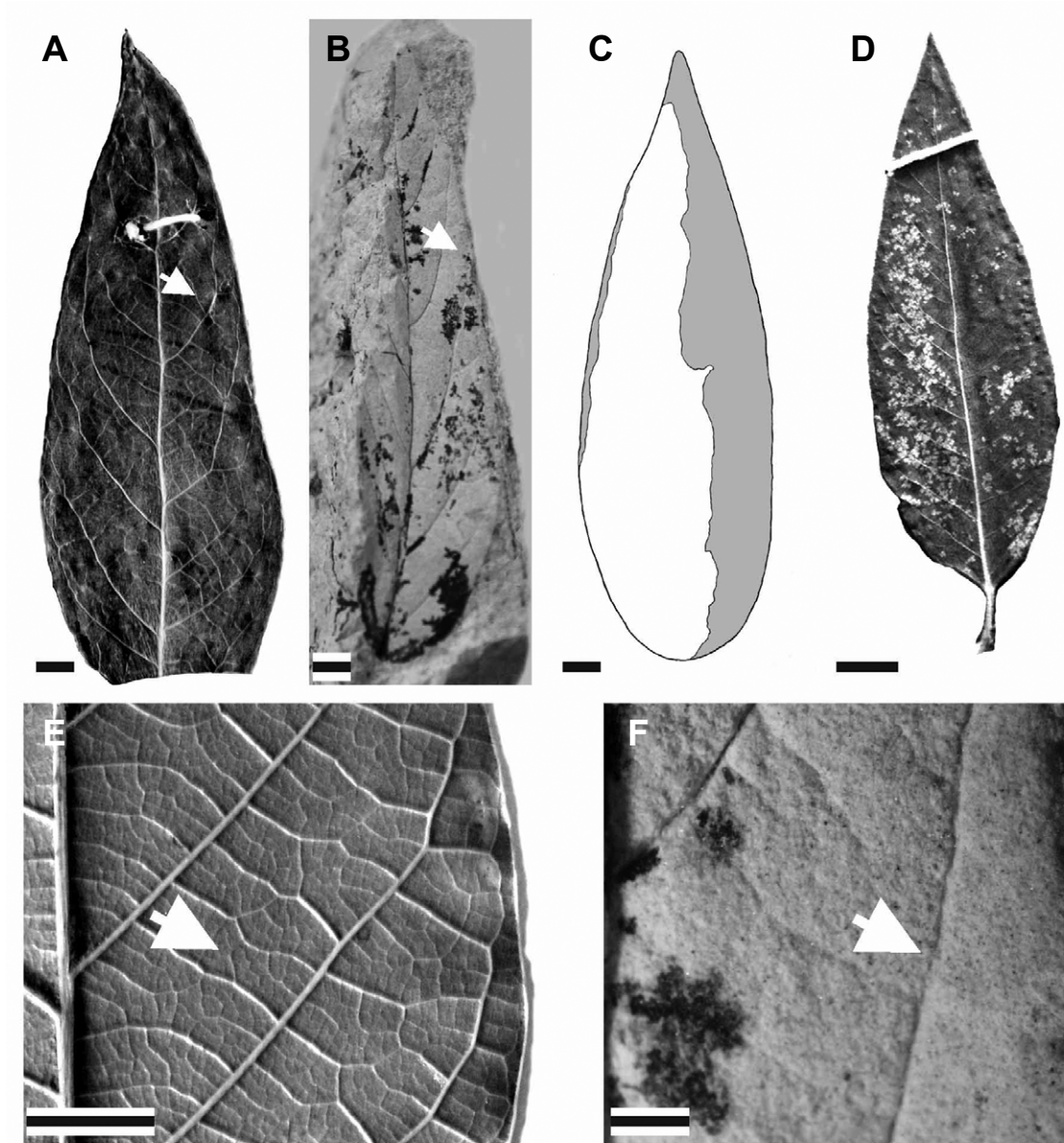


Figura 8. *Salix bonplandiana* actual (Herbario MEXU: PV1154292, UNAM) y el fósil de cf. *Salix* sp. **A**, venación de segundo orden broquidodromo debil de *S. bonplandiana* (Herbario MEXU: PV115429292, UNAM); **B**, fósil de cf. *Salix* sp., mostrando la venación secundaria (flecha); **C**, dibujo del fósil, mostrando la forma de la hoja para la comparación con *Salix bonplandiana*; **D**, lámina lanceolada de *Salix bonplandiana* (herbario MEXU: PV1154292, UNAM); **E**, venación de tercer orden, percurrente mixto de *S. bonplandiana* (herbario MEXU: PV1154292, UNAM); **F**, ejemplar fósil mostrando la venación de tercer orden. Escalas: A-D = 10 mm; E = 2 mm; F = 1,7 mm.

Figure 8. Recent *Salix bonplandiana* (MEXU herbarium: PV1154292, UNAM) and fossil cf. *Salix* sp. **A**, brochodromous debil second order venation of *S. bonplandiana* (MEXU herbarium, UNAM); **B**, fossil of cf. *Salix* sp., showing the secondary venation (arrow); **C**, drawing of the fossil for leaf comparison with *S. bonplandiana*; **D**, lanceolate blade of *S. bonplandiana* (MEXU herbarium: PV1154292, UNAM); **E**, mixed percurrent third order venation in *S. bonplandiana* (MEXU herbarium: PV1154292, UNAM); **F**, fossil sample showing third order venation. Scale bars: A-D = 10 mm; E = 2 mm; F = 1,7 mm.

lo que su presencia en Tlaxcala permite reconocer condiciones ambientales donde se desarrollaron los sedimentos portadores.

Las hojas fósiles descritas en este trabajo amplían el conocimiento sobre las floras que se desarrollaron en el centro de México durante el Mioceno. Resulta interesante notar, haciendo inferencias ambientales con algunas metodologías paleobotánicas, como la distribución de sus representantes actuales, las especies registradas en este trabajo inferen

condiciones climáticas con una temperatura cálida y una precipitación abundante o constante. Estos datos coinciden con propuestas previas que describen en la zona de Panotla, Tlaxcala, una comunidad vegetal parecida a una selva alta o mediana perennifolia, que prosperó a alturas menores que los 900 msnm, con una humedad de aprox. 2.000 mm y temperatura entre 20° y 25° (Castañeda-Posadas, 2007; Bretón-Bermúdez, 2012; Castañeda-Posadas *et al.*, 2009).

Estos registros, mas búsqueda de nuevos taxones fósiles en la parte central de México, brindará mayor conocimiento sobre los tipos de vegetación y posibles ambientes que se desarrollaban en esta zona antes del surgimiento de la franja del Eje Neovolcánico y de los cambios climáticos del Pleistoceno, lo cual nos lleve a interpretar y fortalecer las teorías que se plantean sobre el origen de la vegetación de México (Castañeda-Posadas & Cevallos-Ferriz, 2007; Castañeda-Posadas *et al.*, 2009; Martínez-Cabrera *et al.*, 2006).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Herbario Nacional - UNAM (MEXU) (en especial a H. Flores-Olvera) y al Herbario del Jardín Botánico de la BUAP (en especial a M. Rodríguez-Acosta), el habernos facilitado la revisión del material herborizado de sus colecciones. Al H. Martínez-Cabrera, por sus valiosos comentarios. A las autoridades de San Esteban Tizatlán por permitir el acceso a su comunidad. M. Alcayde del Instituto de Geología, UNAM, por la revisión y mejora del manuscrito. Este trabajo fue financiado por el “Programa de Apoyo a los nuevos PTC” de PROMEP otorgado a CCP.

REFERENCIAS

- APG III (Angiosperm Phylogeny Group III). 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **161**:105-121. doi:10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x
- Bretón-Bermúdez, C. 2012. *Identificación de maderas fósiles de Panotla, Tlaxcala, México*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Tesis de Licenciatura, 50 p.
- Castañeda-Posadas, C. 2007. *Modelo paleoclimático basado en los caracteres anatómicos de la madera de las rocas miocénicas de las regiones de Panotla, Tlaxcala y Chajul, Chiapas*. Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Maestría, 170 p.
- Castañeda-Posadas, C. & Cevallos-Ferriz, S.R.S. 2007. *Swietenia* (Meliaceae) flower in Late Oligocene-Early Miocene amber from Simojovel de Allende, Chiapas, Mexico. *American Journal of Botany*, **94**:1821-1827. doi:10.3732/ajb.94.11.1821
- Castañeda-Posadas, C.; Calvillo-Canadell, L. & Cevallos-Ferriz, S.R.S. 2009. Woods from Miocene sediments in Panotla, Tlaxcala, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **156**:494-506. doi:10.1016/j.revpalbo.2009.04.013
- Cevallos-Ferriz, S.R.S.; Castañeda-Posadas, C.; Calvillo-Canadell, L. & Alcátara-Sánchez, L.A. 2009. Platanaceae en el Mioceno de Tlaxcala. In: XI CONGRESO NACIONAL DE PALEONTOLOGÍA, 11, 2009. *Resúmenes*, Juriquilla, UNAM, p. 15.
- Cevallos-Ferriz, S.R.S.; Estrada-Ruiz, E. & Pérez-Hernández, B. 2008. Phytolaccaceae infructescence from Cerro del Pueblo Formation, Upper Cretaceous (Late Campanian), Coahuila, Mexico. *American Journal of Botany*, **95**:77-83. doi: 10.3732/ajb.95.1.77
- Chase, M.W. & Reveal, J.L. 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **161**:122-127. doi:10.1111/j.1095-8339.2009.01002.x
- Ellis, B.; Daly, D.C.; Hickey, L.J.; Johnson, K.R.; Mitchell, J.D.; Wilf, P. & Wing, S.L. 2009. *Manual of Leaf Architecture*. New York, Cornell University Press, 190 p.
- 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*. Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis de Doctorado, 251 p.
- Estrada-Ruiz, E.; Upchurch, G.R. Jr.; Wolfe, J. & 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 America. *Systematic Botany*, **36**:337-351. doi:10.1600/036364411X569525
- Graham, A. 1999. Studies in Neotropical Paleobotany. XIII. An Oligo-Miocene palynofloras from Simojovel (Chiapas, Mexico). *American Journal of Botany*, **86**:17-31. doi:10.2307/2656951
- Guenther, E.W. & Bunde, H. 1973. *Investigaciones geológicas y paleontológicas en México durante los años de 1965 y 1969*. Puebla, Fundación Alemana para la Investigación Científica, p. 19-20 (Comunicaciones 7).
- Hickey, L. 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*, **60**:17-33. doi:10.2307/2441319
- Hickey, L. & Wolfe, J. 1975. The bases of angiosperm phylogeny-Vegetative morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **62**:538-589. doi:10.2307/2395267
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1981. *Síntesis geográfica de Tlaxcala*. México, SSP, 14-16 p.
- Leaf Architecture Working Group. 1999. *Manual of leaf architecture: morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms*. Washington D.C., Smithsonian Institution, 65 p.
- Magallón-Puebla, S. & Cevallos-Ferriz, S.R.S. 1994. Latest occurrence of the extinct genus *Cedrelospermum* (Ulmaceae) in North America: *Cedrelospermum manchesteri* from Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **81**:115-128. doi:10.1016/0034-6667(94)90102-3
- Martínez-Cabrera, H.I.; Cevallos-Ferriz, S.R.S. & Poole, I. 2006. Fossil woods from Early Miocene sediments of the El Cien Formation, Baja California Sur, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **138**:141-163. doi:10.1016/j.revpalbo.2006.01.001
- Moreno, N. 1984. *Glosario Botánico Ilustrado*. México, Continental, 267 p.
- Ohngemach, D. & Straka, H. 1978. *La historia de la vegetación en la región Puebla, Tlaxcala durante el Cuaternario tardío*. Puebla, Fundación Alemana para la Investigación Científica, p. 189-204 (Comunicaciones 15).
- Ortega-Gutiérrez, F.; Mitre-Salazar, L.M.; Alaniz-Álvarez, S.; Roldán-Quintana, J.; Aranda Gómez, J.J.; Nieto-Samaniego, A.F. & Morán-Zenteno, D.J. 1991. Geological provinces of Mexico - a new proposal and bases for their definition. In: CONVENCIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN GEOLÓGICA Y CONGRESO MEXICANO DE MINERALOGÍA, 1, 1991. *Memoria*, Pachuca, UNAM, p. 143-144.
- Ramírez, J.L. & Cevallos-Ferriz, S.R.S. 2000a. Leaves of Berberidaceae (*Berberis* and *Mahonia*) from Oligocene sediments, near Tepexi de Rodríguez, Puebla. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **110**:247-257. doi:10.1016/S0034-6667(00)00015-4
- Ramírez, J.L. & Cevallos-Ferriz, S.R.S. 2000b. Leaves of Salicaceae (*Salix* and *Populus*) from Oligocene sediments near Tepexi de Rodríguez, Puebla. *International Journal of Plant Sciences*, **161**:521-534. doi:10.1086/314260

- Ramírez, J.L. & Cevallos-Ferriz, S.R.S. 2002. A diverse assemblage of Anacardiaceae from Oligocene sediments, Tepexi de Rodríguez, Puebla, Mexico. *American Journal of Botany*, **82**:534-544. doi:10.3732/ajb.89.3.535
- Ramírez-Arriaga, E.; Prámparo, M.B.; Martínez-Hernández, E. & Valiente-Baunet, A. 2006. Palynology of the Paleogene Cuayuca Formation (stratotype sections), southern Mexico: chronostratigraphical and palaeocological implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **141**:259-275. doi:10.1016/j.revpalbo.2006.04.006
- Velasco de León, P. & Cevallos-Ferriz, S.R.S. 2000. Leaves of *Cercocarpus mixteca* n. sp. (Rosaceae) from Oligocene sediments, near Tepexi de Rodríguez, Puebla. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **111**:285-294. doi:10.1016/S0034-6667(00)00029-4
- Velasco de León, P.; Cevallos-Ferriz, S.R.S. & Silva-Pineda, A. 1998. Leaves of *Karwinskia axamilpense* sp. nov. (Rhamnaceae) from Oligocene sediments, near Tepexi de Rodríguez, Puebla, México. *Canadian Journal of Botany*, **76**:410-419. doi:10.1139/b97-186
- Velasco de León, P. & Ortiz-Martínez, E.L. 2010. Nuevas especies de *Quercus* (Fagaceae) en el Plioceno de Santa María Amajac, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, **27**:264-277.
- Vilaclara, G.; Martínez-Mekler, G.; Cuna, E. & Ugalde, E. 2010. Diatom-inferred palaeoenvironmental changes of a Pliocene lake disturbed by volcanic activity. *Journal of Paleolimnology*, **44**:203-215. doi:10.1007/s10933-009-9397-5
- von Erffa, A.; Hilger, W.; Knoblich, K. & Weyl, R. 1976. *Geología de la Cuenca Alta de Puebla-Tlaxcala y sus contornos*. Puebla, Fundación Alemana para la Investigación Científica, p. 99-118 (Comunicaciones 13).
- Webb, L.J. 1959. A physiognomic classification of Australian rain forests. *Journal of Ecology*, **47**:551-570. doi:10.2307/2257290.
- Weber, R. 1972. La vegetación maestrichtiana de la Formación Olmos de Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, **33**:5-19.
- Weber, R. 1978. Some aspects of the Upper Cretaceous angiosperm flora of Coahuila, Mexico. *Curier Forschungs-Institut Senckenberg*, **30**:38-46.

Received in May, 2013; accepted in July, 2014.

Apéndice 1. Ejemplares de herbario revisados.**Appendix 1.** Revised herbarium specimens.

Ejemplares de comparación de la familia Meliaceae	
Nombre del ejemplar	Numero de catalogo
<i>Cedrela lilo</i>	Missouri Botanical Garden MO:2027713
<i>Cedrela angustifolia</i>	Missouri Botanical Garden MO:1677895
<i>Cedrela odorata</i>	IBUNAM:MEXU:PV235595
<i>Cedrela fissilis</i>	Missouri Botanical Garden MO:2172180
<i>Cabralea canjerana</i>	Missouri Botanical Garden MO:752920
<i>Carapa guinaguensis</i>	IBUNAM:MEXU:92397
<i>Carapa magistocarpa</i>	IBUNAM:MEXU:632164
<i>Melia azedarach</i>	IBUNAM:MEXU:PV1154528
<i>Swietenia macrophylla</i>	IBUNAM:MEXU:1244243
<i>Trichilia cuneata</i>	IBUNAM:MEXU:PV779691
<i>Trichilia glabra</i>	IBUNAM:MEXU:281126
<i>Guarea bijuga</i>	IBUNAM:MEXU:PV165441
<i>Guarea excelsa</i>	IBUNAM:MEXU:PV77938
<i>Guarea grandifolia</i>	IBUNAM:MEXU:PV143028
<i>Guarea glabra</i>	IBUNAM:MEXU:PV152248
<i>Guarea macrophylla</i>	Missouri Botanical Graden MO:2136241
<i>Guarea tuerckheimii</i>	IBUNAM:MEXU:PV142987
Ejemplares de comparación de la familia Phytolaccaceae	
Nombre del ejemplar	Numero de catalogo
<i>Achatocarpus pubescens</i>	Missouri Botanical Garden MO:1771568
<i>Flueckigera peruviana</i>	Missouri Botanical Garden MO:2150628
<i>Gallasea integrifolia</i>	IBUNAM:MEXU:1264042
<i>Petiveria alliacea</i>	IBUNAM:MEXU:PV448901
<i>Phytolacca rugosa</i>	IBUNAM:MEXU:PVsn21005
<i>Phytolacca bogotensis</i>	IBUNAM:MEXU:670029
<i>Phytolacca icosandra</i>	IBUNAM:MEXU:PVsn13546
<i>Phytolacca octandra</i>	IBUNAM:MEXU:PV1154067
<i>Phytolacca weberbaueri</i>	IBUNAM:MEXU:875524
<i>Rivina humillis</i>	IBUNAM:MEXU:767260
<i>Seguieria aculeata</i>	IBUNAM:MEXU:PVsn1042
<i>Seguieria affinis</i>	Missouri Botanical Garden MO:778004
<i>Seguieria americana</i>	Missouri Botanical Garden MO:1716572
<i>Trichostigma octandrum</i>	IBUNAM:MEXU:981750
<i>Trichostigma polyandrum</i>	IBUNAM:MEXU:1343244
Ejemplares de comparación de la familia Salicaceae	
Numero de catalogo	Numero de catalogo
<i>Salix alba</i>	IBUNAM:MEXU:812316

Apéndice 1. Continuación.**Appendix 1.** Continuation.

Ejemplares de comparación de la familia Salicaceae	
<i>Salix bauplandiana</i>	IBUNAM:MEXU:PV1154292
<i>Salix integra</i>	IBUNAM:MEXU:1018491
<i>Salix jaliscana</i>	Missouri Botanical Garden MO:485026
<i>Salix nigra</i>	IBUNAM:MEXU:211190
<i>Salix reinii</i>	IBUNAM:MEXU:1037055
<i>Salix paradoxa</i>	Missouri Botanical Garden MO:1986182
<i>Salix humboldtiana</i>	IBUNAM:MEXU:PVsn13293
<i>Salix babylonica</i>	IBUNAM:MEXU:1348659
