

## MEGAFOSILES DE CONIFERAS DEL TRIASICO TARDIO Y DEL CRETACICO TARDIO DE MEXICO Y CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS CONIFERAS MESOZOICAS DE MEXICO

Reinhard Weber\*

### RESUMEN

Colectas realizadas entre 1970 y 1979 en las Formaciones Santa Clara (Triásico Superior, Sonora) y Olmos (Maestrichtiano, Coahuila), permiten incrementar el conocimiento de las coníferas fósiles de México. En el Triásico de Sonora están representadas por los géneros *Elatocladus*, *Podozamites*, (*Pelourdea* y *Desmiophyllum*). En el Cretácico de Coahuila se encontraron *Aachenia knoblochi*, *Brachyphyllum macrocarpum*, *Geinitzia* sp., *Kobalostrobus olmosensis*, *Sequoia cuneata* y *Raritanía* cf. *gracilis*. En la tafloflora del Jurásico Temprano y Medio de México se han encontrado muy pocos megafósiles de coníferas. Las tres taflofloras acompañan yacimientos de carbón, lo cual indica condiciones ambientales semejantes, y reduce la probabilidad de que los fósiles vegetales sean alóctonos. Además, de acuerdo con los datos paleogeográficos disponibles, las tres taflofloras se desarrollaron a poca elevación sobre el nivel del mar, y probablemente en climas calurosos. Se intenta una explicación de la frecuencia relativa y la diversidad de las coníferas en las tres taflofloras.

### ABSTRACT

The megafossils collected between 1970 and 1979 from the Santa Clara Formation (Upper Triassic, Sonora) and the Olmos Formation (Maestrichtian, Coahuila) are enhancing considerably the knowledge of the fossil conifers of Mexico. In the Sonoran Triassic, they are represented by *Elatocladus*, *Podozamites*, (*Pelourdea* and *Desmiophyllum*). In the Coahuilan Cretaceous, *Aachenia knoblochi*, *Brachyphyllum macrocarpum*, *Geinitzia* sp., *Kobalostrobus olmosensis*, *Sequoia cuneata* and *Raritanía* cf. *gracilis* have been found. In the taphoflora of the Early and Middle Jurassic of Mexico, only very few conifer megafossils have been recorded. These three fossil floras are associated with coal beds, which indicate similar sedimentary environments. Under these conditions allochthonous plant fossils are a component of minor importance. In addition, the available paleogeographic information indicates little elevation above sea level, and probably warm climates for the three floras. An attempt is made to explain the relative frequency and diversity of the conifers in the three taphofloras.

### INTRODUCCION

Hace unos 15 años, Florin (1963, 1966) publicó una serie de mapas de distribución mundial de coníferas fósiles y modernas. En cuanto al área que hoy es México, Florin por dos motivos no registró conífera fósil alguna. Primeramente, excluyó toda información paleoxilotómica y palinológica y, en segundo lugar, hizo caso omiso de todo registro dudoso o de muchas formas atribuidas por los autores previos a géneros forma. Una revisión de la literatura revela que todos los registros de coníferas de México anteriores a Florin pertenecen al tipo de información omitida por Florin.

Colectas realizadas en 1970 y 1971 en la Formación Olmos (Maestrichtiano, Coahuila), y entre 1975 y 1979, en la Formación Santa Clara (Triásico Superior, Sonora), llevaron al hallazgo de abundantes coníferas y al reconocimiento de llamativas altas y bajas, ciertamente no casuales, en la distribución cronológica de las coníferas mesozoicas de México, las que requieren de una explicación causal.

Antes de intentar tal explicación, se dará un resumen de los datos previos sobre megafósiles de coníferas del Mesozoico de México y se describen informalmente los hallazgos ya mencionados, en secuencia cronológica.

Los fósiles descritos en este artículo están depositados en el Museo de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM, o se depositarán en el Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias, UNAM, (ejemplares con clave provisional HBC-79).

### TAFLOFLORAS MEXICANAS CON MEGAFOSILES DE CONIFERAS

Aunque las Cordaitales, que están estrechamente relacionadas con las coníferas, y las Voltziales (Lebachioideae) que son las primeras coníferas genuinas, ya existían en el Carbonífero, no es sino en el Pérmico Temprano cuando en México aparecen los primeros vestigios de estas órdenes. La tafloflora de la Formación Matzitz del Estado de Puebla (Silva-Pineda, 1970), de edad pensilvánica tardía, no contiene representantes de las mismas.

La tafloflora leonardiana de la Formación Guacamaya-Carrillo-Bravo (1965), durante sus estudios geológicos en el Estado de Hidalgo, cerca de Tlahualompa-San Mateo descubrió por primera vez restos de una flora fósil en la Formación Guacamaya que, según su fauna, corresponde a Leonardiana. Entre los fósiles vegetales, S. H. Mamay reconoció, como representante de las Cordaitales, a *Cordaites* sp. y de las Voltziales a una *Walchia* dudosa. Estas identificaciones hechas en material muy fragmentario, son tentativas.

\*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México, D.F.

**La tafloflora cárnica de la Formación Santa Clara.**

Esta flora es actualmente el objeto de investigaciones amplias (Weber *et al.*, 1980 a, b). En la publicación paleobotánica más antigua sobre esta formación, Newberry (1876) describió e ilustró a *Palissya?* y *Podozamites crassifolia*, como únicos representantes de las coníferas. Valga añadir que también registró una forma de las Ginkgoales (*Jeanpaulia radiata*). Aguilera y Ordóñez (1893) enlistan las mismas formas y añaden a *Ginkgo?* sp. Los mismos autores (Aguilera y Ordóñez, 1896), en una lista de especies revisada, añadieron a *Palissya* aff. *carolinensis*. Humphreys (1916), con base en material nuevo, volvió a registrar a *Palissya* sp.?. Después, Brown (*in Wilson y Rocha*, 1946) identificó a *Podozamites emmonsii*, *Podozamites longifolius* Emmons y cf. *Podozamites*. Maldonado-Koerdell (1950), sin disponer de material nuevo, catalogó a *Abietites* aff. *A. carolinensis* y *Baiera muensteriana*.

En la colección formada por el autor y colaboradores entre 1975 y 1979 hay numerosos ejemplares de coníferas con hojas aciculares anchas (Figura 1) que varían considerablemente en tamaño y forma y que son, al menos en parte, muy similares al complejo descrito por Emmons (1856) y Fontaine (1883, 1900) con los nombres de *Cycadites longifolius* Emmons 1856, *Podozamites longifolius* Emmons 1856, *Palissya carolinensis* Fontaine 1883, *Abietites carolinensis* (Fontaine) Fontaine 1900 y *Cephalotaxopsis carolinensis* Fontaine 1900. Por motivos que se expondrán más ampliamente en otro lugar, y de acuerdo con Harris (1969) y Miller (1977), estas coníferas se asignan aquí al género *Elatocladus* sensu Harris (1969), el cual según Miller (1977) engloba restos de ejes de coníferas, con hojas en filotaxia helicoidal o, rara vez opuestas, que distan del eje, son largas y aplanadas y muestran una base constricta, formando un peciolo que las une al cojinete foliar. Las hojas tienen una sola vena media.

Los ejemplares de Sonora presentan aspectos muy diversos, al menos en parte debidos a variación en la fosilización. En sedimento fino, pueden estar preservados a manera de impresiones o réplicas de superficie (Figura 1, a, f-h). Entonces se observa que las hojas en su línea media muestran una franja de hasta casi 1.5 mm de anchura, delimitada por dos surcos longitudinales. En sedimento más grueso, las impresiones tienen más bien carácter de proyecciones únicamente de los contornos o también de ciertos elementos internos (Figura 1, b-e). Un ejemplar (Figura 1, e) muestra estrías longitudinales paralelas que muy probablemente son canales de resina, mas no se observa la vena media, como

también en un ejemplar de *Brachyphyllum macrocarpum* de la Formación Olmos (Figura 5, b-c).

Morfológicamente, los ejemplares de Sonora coinciden en los siguientes caracteres: Las hojas son aciculares, lineales o angostamente lanceoladas a elípticas, agudas u obtusas y tienen base fuertemente constricta con peciolo casi imperceptible. Su filotaxia es helicoidal, pero aparenta distiquia. La longitud máxima de las hojas se desconoce, mas posiblemente alcanzaron 10 cm (Figura 1, h). La anchura máxima es de 5 mm, cerca de la base.

Hasta la fecha no se ha intentado distinguir especies en el material de Sonora. Sin embargo, puede tratarse de hasta tres especies. Una de ellas estaría representada por los ejemplares (Figura 1, f-g), con hojas oblongo-elípticas de menos de 2 cm de longitud, que se encontraron en una misma localidad junto con ejemplares de otro tipo (Figura 1, b-c), cuyas hojas son más anchas muy cerca de la base, se tornan angostas paulatinamente hacia el ápice, tienen contorno lineal-triangular y rara vez alcanzan longitudes mayores a 5 cm. El tercer tipo abarca ejemplares grandes (Figura 1, a, d, e, h), similares a los descritos por Emmons (1856) y Fontaine (1883, 1900).

A estos ejemplares de *Elatocladus* no se les dan nombres específicos en este lugar, por estar conservados sin cutícula y porque el material es todavía insuficiente para un estudio biométrico.

De los registros previos del Cárnico de Sonora, a este complejo de coníferas del género *Elatocladus* corresponden *Palissya?* (Newberry, 1876), *Palissya* aff. *carolinensis* (Aguilera y Ordóñez, 1896) o *Abietites* aff. *A. carolinensis* (Maldonado-Koerdell, 1950) y *Podozamites longifolius* (Brown *in Wilson y Rocha*, 1946).

El género *Podozamites* genuino también está representado en el material nuevo de Sonora. Se encontró sólo un ejemplar de *P. emmonsii* (Figura 2, b). Esta especie ya fue registrada por Brown (*in Wilson y Rocha*, 1946). De paso debe mencionarse un tipo de hojas anchas (Figura 2, c-f), el cual provisionalmente se asigna a *Pelourdea* sp. y el hallazgo de muy pocos ejemplares de *Sphenobaiera* (Weber *et al.*, 1980 a, fig. 4, g, h).

En términos generales, las coníferas sensu stricto no están muy diversificadas en la tafloflora de la Formación Santa Clara, pero son frecuentes. Especialmente *Elatocladus* debe haber formado parte importante, quizás localmente dominante, en la vegetación. Asimismo, parece que no pertenecieron a las comunidades de los pantanos de carbón.

Figura 1.- *Elatocladus* (Halle) Harris emend., sp. Formación Santa Clara, Cárnico, Sonora. a: ejemplar con hojas grandes, pares de surcos claramente visibles (HBC-79-1-30b, localidad 79-1); b, c: ejemplares con hojas relativamente cortas, que se angostan paulatinamente hacia el ápice, casi desde la base (b: HBC-79-9-15a, xilol, localidad 79-9; c: HBC-79-8-48b, xilol, localidad 79-8); d: ejemplar del tipo con hojas muy largas, probablemente comparable con los ejemplares de las ilustraciones a, e y h; obsérvense las bases foliares constrictas y decurrentes: peciolo (IGM-PB-WG-75-364, localidad 75-8); e: ejemplar con ¿canales de resina? visibles (IGM-PB-WG-75-421, x 2, xilol, localidad 75-4); f, g: ejemplares con hojas muy pequeñas, con surcos muy marcados y de contorno oblongo-elíptico (f: IGM-PB-WG-75-81, x 2, localidad 75-6; g: IGM-PB-WG-75-82, localidad 75-6); h: el ejemplar más grande hallado hasta la fecha; obsérvense los surcos y las bases foliares constrictas (HBC-79-10-52, localidad 79-10).

Nota: Todas las fotografías fueron tomadas por R. Weber, en cooperación con el Sr. A. Altamira. Si no se especifica el aumento, los fósiles se reproducen a tamaño natural. Los números de las localidades se explican, en cuanto al Triásico de Sonora, en Weber y colaboradores (1980b, tabla 1) y en cuanto al Cretácico de Coahuila, en Weber (1972, p. 9). Todos los ejemplares, excepto los que tienen clave HBC, se encuentran depositados en el Museo de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM. Los ejemplares con clave HBC son propiedad de la Facultad de Ciencias, UNAM. Esta nota se refiere a las explicaciones de todas las figuras en este artículo.

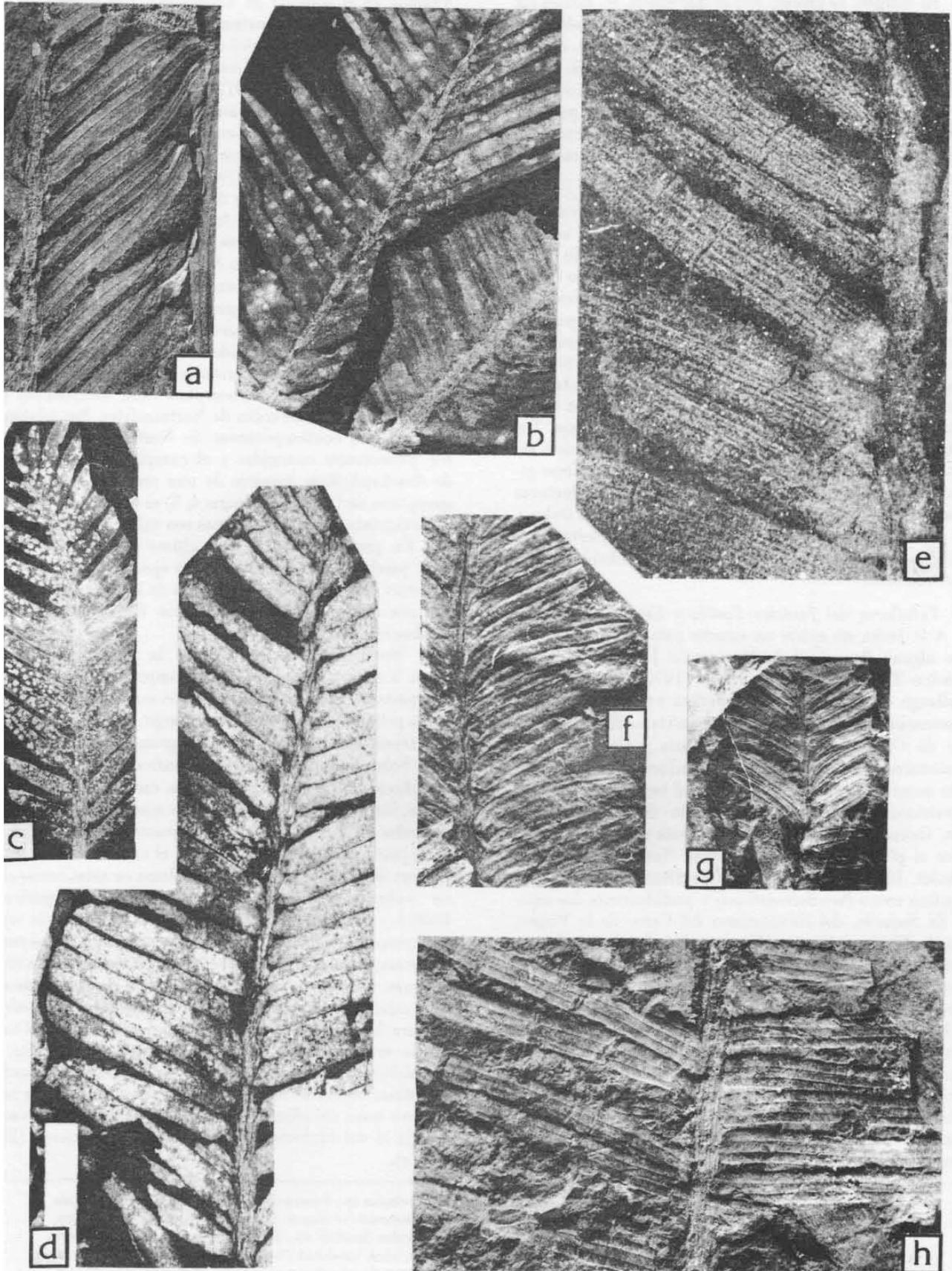


Figura 1.- Explicación en la página 112.

Al margen, es preciso mencionar que R. W. Brown (*in* Mixon *et al.*, 1959) identificó *Cephalotaxopsis carolinensis* Fontaine y dudosos fragmentos de *Podozamites* sp. en material del Cañón de Novillo, Tamaulipas, colectado en la Formación La Boca, la cual atribuyeron al Triásico Superior, con base en éstas y algunas otras formas no pertenecientes a las coníferas. Carrillo-Bravo (1961) colectó fragmentos de madera silificada que fueron identificados como *Dadoxylon* (*Araucarioxylon*) sp., por R. A. Scott.

*Las tafofloras del Jurásico Temprano y Medio de México.*- Recientemente, Silva-Pineda (1978) publicó una reseña de las floras jurásicas de México. En su enlistado de las especies registradas hasta la fecha, aparecen tan solo *Dadoxylon mexicanum* (Wieland), con el nombre genérico de *Araucarioxylon*, *Brachyphyllum* sp. como *Cheirolepis* sp.? (Figura 2, g), *Podozamites* cf. *lanceolatus* y *Podozamites* sp. como coníferas genuinas, y al margen, *Noeggerathiopsis hislopii*. Sólo esta última especie fue encontrada por Wieland (1914-16) con mayor frecuencia, y parece haber formado parte de la vegetación de pantano de carbón. Todos los demás registros se basan en ejemplares únicos o sumamente escasos. En el Jurásico de México, coníferas genuinas no formaron parte de las comunidades productoras de carbón y además fueron sumamente marginadas. Delevoryas (1971) trató de explicar esta observación ciertamente significativa, como consecuencia de un paleoclima relativamente caluroso.

*Tafofloras del Jurásico Tardío y Cretácico Temprano.*- A la fecha no existe un estudio paleobotánico mayor sobre alguna flora fósil de México del Jurásico Tardío y Cretácico Temprano/medio. Weber (1972) informó sobre el hallazgo de *Pagiophyllum* y madera no identificable en la Formación La Casita (Kimeridgiano/Oxfordiano) del Potrero de Oballos, Coahuila. Ferrusquía y Comas (1980) mencionaron coníferas en rocas de ambiente marino somero sin nombre, probablemente de edad berriásiana tardía a hauteriviana temprana, del Municipio de Huajuapán de León, Oaxaca. El presente autor vio este material que pertenece al género-forma *Pagiophyllum*. Nathorst (*in* Felix y Nathorst, 1899) describió algunas coníferas de Oaxaca, que identificó como *Pseudofrenelopsis* y posiblemente dos especies de *Sequoia*, del Neocomiano del Cerro de la Virgen, cerca de Tlaxiaco, Oaxaca. En un trabajo breve sobre estratos del Cretácico Temprano de Colima, Angermann (1907) mencionó a *Taxodium* y *Frenelopsis*, junto con algunas otras plantas y el amonita *Macroscephites*, de cerca de Jala a 3 km de la estación de ferrocarril Rosario, Colima. Las adscribió tentativamente al Gault. Muestras originales de Angermann, en cuyas etiquetas la misma localidad se llama Rincón del Moreno, Coquimatlán, Colima, se encuentran depositadas en el Museo de Paleontología, Instituto de Geología, UNAM, y ciertamente no incluyen a *Frenelopsis*. Un ejemplar de *Brachyphyllum* sp. se ilustra aquí (Figura 2, h).

Además, en el material de Angermann, hay hojas muy mal preservadas que quizás pertenezcan a *Podozamites*.

*La tafoflora maestrichtiana de la Formación Olmos.*- Esta flora, localizada en Coahuila, se colectó ampliamente en 1970 y 1971 (Weber, 1972). En cuanto a la preservación de los fósiles, a pesar de tratarse de compresiones, no ha sido posible preparar las cutículas. Dos especies de coníferas ya están descritas, *Aachenia knoblochi* (Weber, 1975) y *Kobalostrobus olmosensis* (Serlin *et al.*, 1981). Aquí se presentan algunas ilustraciones de *Aachenia knoblochi*, especie basada en escamas de cono femenino (Figura 3, b-d), de las ramas vegetativas a todo parecer correspondientes (Figura 3, a) y del estróbilo masculino *Kobalostrobus olmosensis* (Figura 3, e-i). Serlin y colaboradores (1981) discutieron posibles relaciones entre estos géneros, mismas que no están demostradas aún. Ambos géneros se colectaron en la mina Nueva Rosita Núm. 5, donde están asociados con *Brachyphyllum macrocarpum* y *Raritaniania* cf. *gracilis*.

*Brachyphyllum macrocarpum* tiene distribución amplia en el Cretácico Tardío de Norteamérica. Sus relaciones con especies contemporáneas de Norteamérica y Europa son pobremente conocidas y el complejo correspondiente de *Brachyphyllum* requiere de una revisión. En todos los ejemplares de Coahuila (Figuras 4, 5) se observa ramificación estrictamente dística y las ramas son subopuestas a subalternas. En general, las ramitas de último orden vecinas se cubren parcialmente; excepto en un ejemplar (Figura 5, d), son muy empinadas. Los contornos de las hojas no se observan con claridad en estos ejemplares. Eran rómbicas y casi totalmente fundidas con los tallos.

Muchos restos vegetales de la mina Nueva Rosita Núm. 5 están preservados como compresiones, pero la mayor parte de ellas muestra corrosión más o menos avanzada de las películas de carbón. Sin embargo, las capas de carbón, que reemplazan órganos vegetales gruesos, no están destruidas. Sobre todo, los ejes bien lignificados descritos junto con *Aachenia* (Weber, 1975) tienen carbón espeso. En contraste, los fósiles de *Brachyphyllum macrocarpum* muestran películas de carbón delgadas y de grosor bastante uniforme. Ni siquiera en los ejes principales el carbón es más grueso (Figura 4). Esto se debe a que el xilema en estas ramas estuvo pobremente desarrollado y débilmente lignificado. Hollick y Jeffrey (1909, lám. 11, figs. 1, 4) ilustraron cortes transversales de *Brachyphyllum macrocarpum*, en los cuales el xilema alcanza poco más del 10% del espesor de la rama. Además, se observa un sistema complejo de canales de resina, embebidos en la corteza. En un ejemplar de Coahuila (Figura 5, b-c), donde la película de carbón está casi totalmente erosionada, se observa este sistema de canales, los que debido a sobreposición aparecen como una red confusa de estrías oscuras. Llamativamente, en este ejemplar no se observa traza del cilindro central. Su estado de preservación semeja al del *Elatocladus* triásico antes mencionado (Figura 1, e).

Figura 2.- a: corteza de conífera, probablemente perteneciente a *Elatocladus* sp., Formación Santa Clara, Cárnico, Sonora (HBC-79-10-115a, x 2, localidad 79-10); b: *Podozamites emmonsii* Newberry, Formación Santa Clara, Cárnico, Sonora (HBC-79-10-35a, xilol, localidad 79-10); c-f: *Pelourdea* Seward, sp., Formación Santa Clara, Cárnico, Sonora; c: el ejemplar más ancho [c, d: HBC-79-01-98a, b, xilol, localidad 79-01; este número de localidad no aparece en la lista de Weber y colaboradores (1980 b); se trata de un estrato específico en la localidad 79-1; e: IGM-PB-WG-75-270/271, localidad 73-3; f: HBC-79-10-23, localidad 79-10]; g: *Brachyphyllum* (Brongniart) Harris emend., original de Díaz Lozano (1916), Formación Huayacocotla, Jurásico Inferior, Puebla (IGM-PB-P-209, localidad Rincón del Moreno, Coquimatlán).

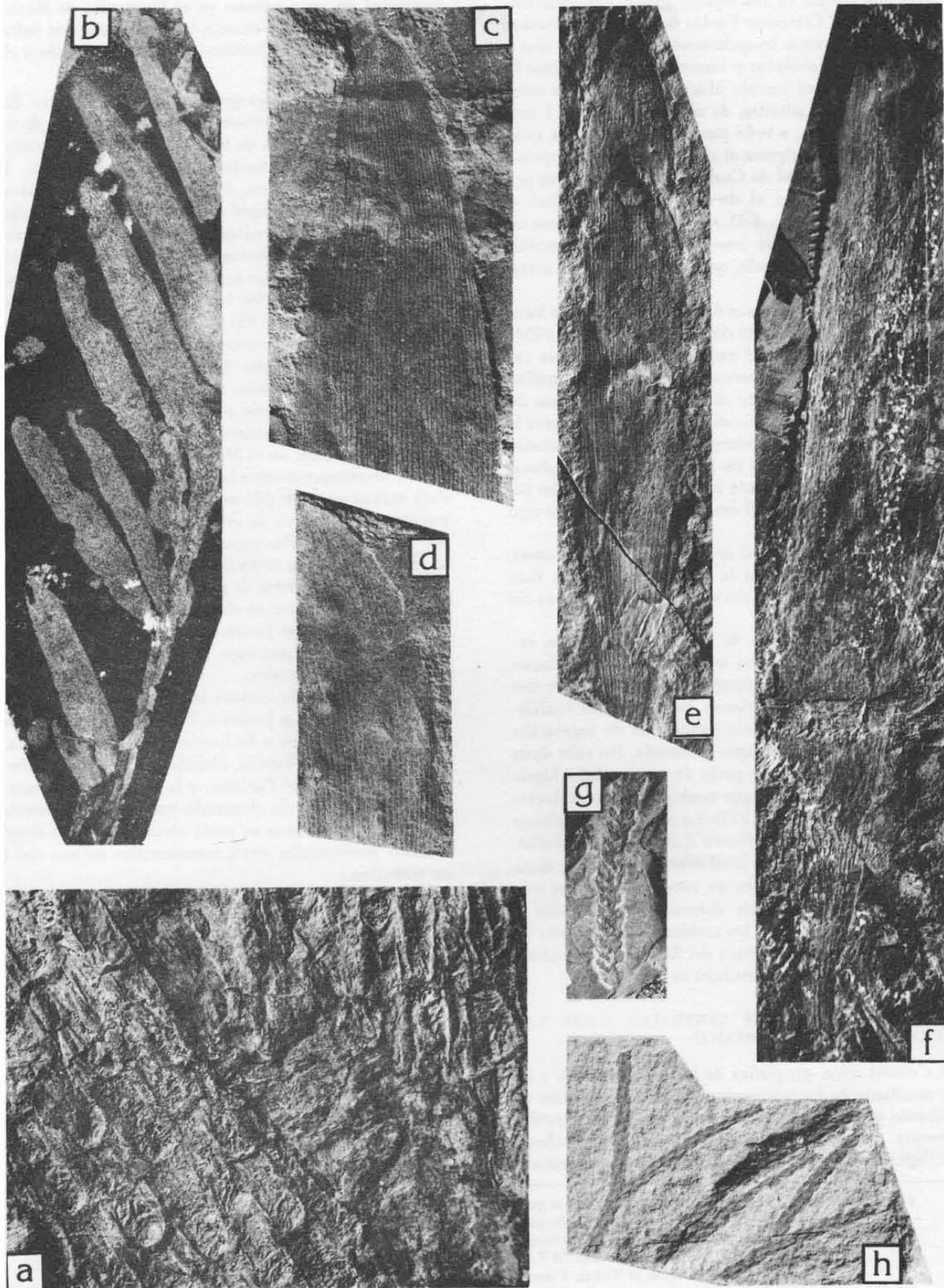


Figura 2.- Explicación en la página 114.

*Raritanian gracilis* es una especie escasa, conocida hasta la fecha sólo del Cretácico Tardío de los Estados Unidos de América. Tiene ramas irregularmente ramificadas, que a primera vista son acanaladas y carecen de hojas (Figura 6, c, d). Sólo rara vez es posible observar las hojas en estos ejemplares. Estas son minutas, de aproximadamente 1 mm de longitud, aciculares, a todo parecer insertadas con toda la anchura de su base adpresa al eje y presentan el aspecto de espinas. En el material de Coahuila, las hojas son un poco más angostas que en el de Kreischerville (Hollick y Jeffrey, 1909, lám. 9, figs. 1-4), mas ese material parece estar mal preservado. No hay base suficiente para describir una especie nueva de Coahuila, que aquí se identifica como *Raritanian cf. gracilis*.

En la mina El Saúz, cerca de Palaú, Coahuila, se localizaron algunos ejemplares de la conífera que Chaney (1951) discutió extensamente con el nombre de *Metasequoia cuneata* (Figura 3, j-l). Recientemente, Parker (1976) utilizó para esta especie nuevamente el nombre más antiguo de *Sequoia cuneata* Newberry. En el material no se observa la ramificación. Las hojas aciculares parecen estar opuestas en distiquia. Las hojas tienen un pecíolo corto, son aplanadas y su longitud se incrementa notablemente desde las bases de las ramas. Alcanzan 2.5 mm de anchura y quizás algo más de 16 mm de longitud.

Un ejemplar de *Geinitzia* sp. fue colectado años atrás, por el Ing. J. Delgado H., en la mina Nueva Rosita. Este ejemplar, en 1971 se encontraba en la colección privada del colector.

Los restos de coníferas de la Formación Olmos, excepto las maderas que aquí no se examinan, se colectaron en estratos inmediatamente suprayacentes a mantos de carbón, en obras mineras subterráneas. En los lugares fosilíferos hay regularmente evidencia inequívoca de vegetación autóctona y de presencia de agua estancada. No cabe duda de que las coníferas formarían parte de comunidades higrófilas o hidrófilas y es posible que también fueran productoras de carbón (Weber, 1972, 1973). La presencia de *Salvinia* y otras hidrófitas en la mina Nueva Rosita Núm. 5 (Weber, 1973, 1976), así como la casi total ausencia de fósiles marinos en la Formación Olmos, hacen muy probable que ésta se depositara en un ambiente dulceacuícola. McBride y Caffey (1979) caracterizaron los ambientes de depósito de la Formación Olmos de la cuenca del Río Escondido como de planicie deltaica, lo cual corrobora lo anterior.

#### ALGUNAS CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS CONIFERAS MESOZOICAS DE MEXICO

La distribución geográfica de los organismos es y ha sido la resultante de las interacciones entre la evolución de ellos mismos y de las limitantes impuestas a la distribución y migración de sus poblaciones por barreras fisiográficas, climatológicas y biológicas. Para entender la distribución y

diversidad de las coníferas en el Mesozoico de México, es necesario analizar brevemente estos aspectos, con énfasis en el Triásico Tardío, el Jurásico Temprano y Medio y el Cretácico Tardío.

*Ubicación paleogeográfica y paleolatitudes.*- En los últimos años varios autores han publicado series de mapas base de la distribución de los continentes en diferentes etapas del Mesozoico (Scotese, 1979; Smith *et al.*, 1981; Howarth, 1981 y Owen, 1981). Las reconstrucciones trazadas por estos investigadores son diferentes, no sólo por discrepancias en las técnicas utilizadas, sino también debido a enfoques teóricos distintos. Smith y colaboradores (1981), por ejemplo, produjeron sus mapas mediante computadora, sin hacer cambios en los contornos actuales de las placas continentales. Owen (1981) favorece la suposición corroborada por sus reconstrucciones, de que el globo terrestre se expandió paulatinamente durante la historia geológica; su mapa base para el Triásico está reconstruido para un globo con el 80% del diámetro actual.

Todas las reconstrucciones coinciden en que México y América Central en el Mesozoico, con sus contornos actuales, no encajaron entre las placas de Norte y Sudamérica. Para solucionar este dilema, se suponen mayores desplazamientos de porciones de esta parte de la corteza continental, a lo largo de fallas transversas, quizás a partir del Jurásico. Dichas hipótesis todavía son, en gran medida, especulativas. Además, los datos de geología de campo son aún insuficientes para conocer en detalle la paleogeografía de México del Triásico y del Jurásico (López-Ramos, 1979). Por lo anterior, hay que restringir la siguiente discusión a unos cuantos puntos generales.

La pieza de la corteza terrestre que hoy es México, durante el Triásico y Jurásico, ha formado parte del borde occidental de Pangea o de Laurasia, y de Norteamérica, durante el Cretácico Tardío. Debido a su yuxtaposición con la placa oceánica del Pacífico, y la subducción de esta última, México nunca ha alcanzado una estabilidad tectónica, al menos en cuanto a su parte occidental, y los desplazamientos horizontales antes mencionados no son del todo improbables.

El área de depósito de la Formación Santa Clara, bajo este punto de vista, es particularmente difícil de entender. Según Silver y Anderson (1974) y Anderson y Silver (1979), durante el Jurásico se extendía a través de Sonora una falla transversa activa, el llamado *Mojave-Sonora Megashear*. Abadie (1981) considera que la Formación Santa Clara se encuentra en el bloque, que a lo largo de esta falla se desplazó de manera sinistral desde unos 800 km más al noroccidente, a su posición actual. Si este bloque fuese realmente aloctono y los demás datos correctos, entonces durante el Triásico Tardío el área de sedimentación de dicha formación se localizaba aproximadamente al poniente del área de la Formación Chinle. Estas dos formaciones contie-

Figura 3.- a: Rama vegetativa, muy probablemente perteneciente a *Aachenia knoblochi* Weber, Formación Olmos, Maestrichtiano, Coahuila (ejemplar no colectado, fotografía tomada en la localidad, x 0.5, negativo Weber 1971-2-8, localidad Weber 1972-4); b-d: *Aachenia knoblochi* Weber, Formación Olmos, Maestrichtiano, Coahuila, localidad Weber, 1972-13A (b: IGM-PB-T-339; c: IGM-PB-T-337; d: IGM-PB-T-338); e-i: *Kobalostrobus olmosensis* Serlin, Delevoryas et Weber, Formación Olmos, Maestrichtiano, Coahuila [los ejemplares no tienen números de colección; las fotografías fueron tomadas antes de que los ejemplares, en 1974, se prestaran a D. L. Dilcher; cf. Serlin, Delevoryas y Weber (1981), localidad Weber 1972-4]; j-l: *Sequoia cuneata* Newberry, Formación Olmos, Maestrichtiano, Coahuila, localidad Weber 1972-1 A (j: IGM-PB-WG-70-775; k: IGM-PB-WG-70-771; l: IGM-PB-WG-70-773).

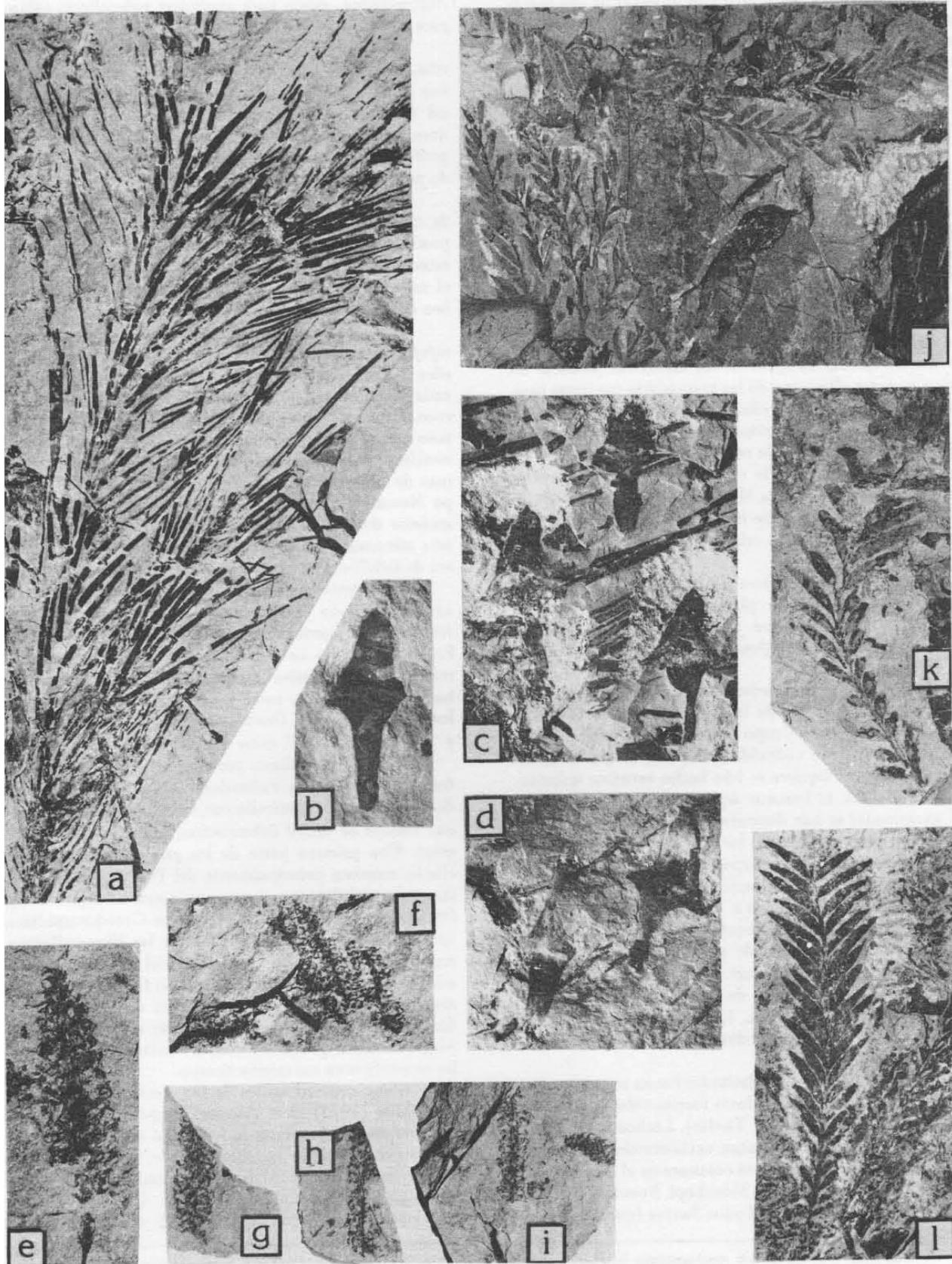


Figura 3.- Explicación en la página 116.

nen tafofloras marcadamente distintas lo cual, bajo las suposiciones anteriores, sería difícil de explicar de una manera plausible. Particularmente también en cuanto a sus coníferas, las Tafofloras Santa Clara y Chinle contrastan claramente. Tomando en consideración lo anterior, es muy inseguro asignar una paleolatitud definida a la Tafoflora Santa Clara. De acuerdo con las reconstrucciones citadas anteriormente, ésta puede haber sido entre los 5 y 30° N.

Los aulacógenos en que se depositaron los sedimentos continentales del Supergrupo Newark, del oriente de Estados Unidos de América (Cornet, 1977), parecen comprobar que desde principios del Triásico Tardío se dieron las primeras fosas tectónicas (*rift*), cerca de donde en el Jurásico se separarían las placas de África y Sudamérica, de la de Norteamérica. Recientemente se ha postulado que la Formación Huayacocotla, del oriente de México, y que tiene edad jurásica temprana, también se depositó en un aulacógeno (Schmidt-Effing, 1976). En esta formación se encuentran los restos más antiguos de las tafofloras jurásicas de México y, entre ellos, una de las poquísimas coníferas jurásicas de México, *Brachyphyllum* sp. Al Jurásico Medio, cuyas tafofloras se conocen principalmente de los Estados de Puebla y Oaxaca, de acuerdo con las reconstrucciones de los mapas base mencionadas, le corresponde una paleolatitud de entre 5 y 15° N, para la Mixteca Alta. Las causas tectónicas de la sedimentación de las rocas continentales con dicha tafoflora y la extensión original de estos depósitos todavía se desconocen.

Finalmente, la tafoflora de la Formación Olmos se sepultó en sedimentos de planicie deltaica, en el borde oriental de la tierra firme norteamericana (McBride y Caffey, 1979), y le corresponde una paleolatitud de entre 15 y 35° N.

*Ambientes de sedimentación y altitud.*- Aunque la situación paleogeográfica de la Formación Santa Clara del Triásico Superior y del Grupo Consuelo del Jurásico Medio todavía es muy poco conocida, y a pesar de que en la secuencia jurásica ni siquiera se han hecho estudios sedimentológicos iniciales, es bastante seguro que las tres tafofloras aquí examinadas se han depositado a poca elevación sobre el nivel del mar. Asimismo, los megafósiles con bastante certeza representan la vegetación de esta misma altitud, ya que las tafofloras de la Formación Santa Clara, en parte la del Jurásico Medio de Oaxaca y la de la Formación Olmos, se han colectado preferentemente en estratos con mantos de carbón, donde el aporte de megafósiles alóctonos probablemente era poco significativo. Además, las tres floras se componen principalmente de restos foliares, frecuentemente muy bien preservados, lo cual apoya lo anterior, aunque en los tres casos, la sedimentación fue predominantemente fluvial.

*Paleoclimas.*- Las paleolatitudes hacen sospechar que los paleoclimas para las tres floras fueron calurosos (quizás subtropical para el Cretácico Tardío). Lechos rojos, según Schwarzbach (1974) se depositan exclusivamente en climas cálidos y son lo suficientemente comunes en el Triásico (Supergrupo Newark, Formación Moenkopi, Formación Huizachal) y Jurásico [Formación Todos Santos (quizás en parte

triásica), Formación Tecomazúchil y Arenisca Navajo] de Norteamérica, como para atestiguar paleoclimas calurosos para este lapso en México.

Al finalizar el Cretácico, en el sur de México y el Caribe, se dio un desarrollo explosivo de los rudistas, junto con otros organismos arrecifales, indicando un clima tropical (Alencáster, 1977). En la región de Coahuila, situada unos 1,000 km más al norte, donde en el mismo tiempo predominó sedimentación terrígena, pudo haber prevalecido un clima caluroso.

En cuanto a la humedad del clima, los yacimientos de carbón de las tres formaciones mexicanas en discusión posiblemente no son indicadores muy confiables, pues estos yacimientos están geográficamente aislados (menos en el caso de la Formación Olmos) y quizás, más bien, se deben a condiciones locales de drenaje deficiente.

*Razones de la distribución de las coníferas en las tres tafofloras.*- Según Delevoryas (1971), la escasez de megafósiles de coníferas en el Jurásico de México puede ser explicada como un reflejo de un paleoclima relativamente caluroso. Este paleoclima de hecho pudo haber sido más caluroso que el que reinaba en el Cárnico de Sonora, donde las coníferas fueron bastante importantes. Al parecer, las formas de *Elatocladus* del Cárnico de Sonora y del Supergrupo Newark de Carolina del Norte, no existieron en Norteamérica durante el Jurásico Temprano y Medio, aunque esta afirmación es un tanto especulativa debido a la escasez de tafofloras de esta edad en este continente.

El registro fósil de las coníferas en el sentido más amplio (excepto el palinológico) se inicia en el Carbonífero con las Cordaitales y las Voltziales (*Lebachioideae*). En tanto que las *Lebachioideae* se extinguieron en el Pérmico, las Cordaitales posiblemente están representadas hasta el Mesozoico, entre las formas foliares atribuidas a los géneros forma *Desmiophyllum*, *Yuccites*, *Pelourdea* y "*Noeggerathiopsis*", entre otros.

Durante el Triásico predominaron las llamadas coníferas de transición o Voltziales, con las Voltziaceae, Cycadocarpidiaceae e Hirmerellaceae, entre otras. Las Voltziaceae, una familia de difícil delimitación, se originaron en el Pérmico. Una primera parte de los géneros pertenecientes a ella se conocen principalmente del Pérmico y de la parte temprana del Triásico, y escasean a mediados del Triásico. Otra parte de ellas, por ejemplo las Cycadocarpidiaceae, aparecen desde el Triásico Medio y las Hirmerellaceae se registraron sólo a partir de finales del Triásico. La impresión de que las Voltziales fueron poco frecuentes en el Triásico Medio quizás se deba a la escasez de tafofloras de esta fase, al menos en el hemisferio norte o Laurasia. Sin embargo, también puede ser real, a consecuencia del auge de las cicadofitas en ese mismo tiempo.

Como representantes de las coníferas modernas, según Miller (1977) en el Triásico Temprano aparecieron las Podocarpaceae, que hasta la fecha son elementos principalmente del hemisferio sur. Ciertamente, su diversidad en ese tiempo fue mínima y Alvin y colaboradores (1967) aún las registraron sólo a partir del Jurásico. Las Araucariaceae y las Cupressaceae, según Miller (1977), estuvieron presentes

Figura 4.- *Brachyphyllum macrocarpum* Newberry, Formación Olmos, Maestrichtiano, Coahuila, localidad Weber 1972-4. (la fotografía fue tomada en la localidad, una pequeña parte del fósil se recogió y tiene el número: IGM-PB-WG-30).



Figura 4.- Explicación en la página 118.

en el Triásico Tardío. Alvin y colaboradores, sin embargo, mencionan las Cupressaceae sólo a partir del Jurásico. Posiblemente las Pinaceae se originaron también en el Triásico, pero los fósiles respectivos son muy diferentes de las Pinaceae actuales y su asignación es dudosa. Los demás grupos de coníferas modernas aparecen en el registro fósil más tarde, generalmente en el Jurásico.

Aunque en el registro fósil de las coníferas de todo el Mesozoico existen numerosas formas de órganos aislados *incertae sedis*, y a pesar de que el conocimiento actual de la vegetación jurásica de Norteamérica es sumamente deficiente, se propone el siguiente razonamiento:

Las Voltziales existentes en el Pérmico bajo climas diversos, inclusive los calurosos, durante el Triásico Medio y Tardío temprano sufrieron una baja en diversidad. Esencialmente a partir del Triásico Tardío medio, la diversidad y frecuencia de la misma orden volvieron a aumentar, particularmente en climas no tropicales. Al mismo tiempo, principalmente en climas relativamente templados, también vinieron diversificándose y paulatinamente incrementaron su frecuencia las coníferas modernas.

La escasez de las coníferas en el Jurásico Temprano y Medio de México puede ser una consecuencia, por un lado de la baja de la diversidad de las Voltziales, particularmente en el Triásico Medio y, por otro una respuesta a los climas calurosos que reinaban en el Jurásico y que junto con la competición de las cicadofitas ni permitieron el reestablecimiento de las Voltziales ni la penetración de otros grupos de coníferas que se originaron desde el Triásico Tardío.

A pesar del poco conocimiento que se tiene en la actualidad de las taofloras del Jurásico Tardío y Cretácico Temprano de México, se puede afirmar que en esta etapa de la historia de la vegetación del País, las coníferas deben haber jugado un papel más importante que en el Jurásico Temprano y Medio.

Desde el Cenomaniano, pero más llamativamente en el Aptiano-Albiano, se desarrollaron a manera de radiación adaptativa las angiospermas. Al mismo tiempo, las cicadofitas sufrieron una decadencia marcada. En Norteamérica, pero de manera similar en Europa, las coníferas tuvieron la posibilidad de ocupar parte de los nichos ecológicos, hidrófilos e higrófilos tropicales a subtropicales previamente ocupados por las cicadofitas, en competición exitosa con las angiospermas tempranas. Algunas de las taofloras representativas de esta fase de radiación temprana de las angiospermas [e.g. del Grupo Potomac de los Estados Unidos de América (Fontaine, 1889) y de Peruc, Checoslovaquia (Velenovský y Viniklár, 1926-1930)], muestran una sorprendente diversidad en coníferas, y otras, más tardías, como la de Kreischer-ville, EUA, o de la Formación Olmos, Coahuila, contienen formas con caracteres vegetativos lujosos, tales como *Aachenia* (y las ramas correspondientes, de Coahuila), *Androvettia* y *Raritania*. Al mismo tiempo, las formas muy conspicuas de *Brachyphyllum*, tales como *B. macrocarpum* que tuvieron similares en el Jurásico, muestran un auge. En el Terciario, estas coníferas de ambientes higrófilos a hidrófilos y de climas favorables a calurosos, fueron desplazadas

por las angiospermas. Hoy día, existen tan solo unas cuantas coníferas en tales ambientes, como *Taxodium* y *Glyptostrobus*. Ferguson (1967) expresó la observación anterior de la siguiente forma:

"One might expect... that on the sudden expansion of the angiosperms at the beginning of the Upper Cretaceous... there might have been somewhat of a diminution in the number of conifer taxa. The number of described taxa, -however, anything but diminishes- in fact, it seems to increase somewhat".

Niklas y colaboradores (1980) proponen que el Cretácico medio a Tardío fue una fase de diversidad de plantas terrestres relativamente elevada. Las interrogantes de si el aumento en la diversidad de las coníferas en el Cretácico y el casi simultáneo máximo de diversidad en las plantas terrestres en general, son directamente proporcionales, o si realmente en ese tiempo las coníferas tuvieron un auge peculiar con propia dinámica, tendrán que analizarse con base en comparaciones paleoflorísticas globales.

#### AGRADECIMIENTOS

Demasiadas personas intervinieron para facilitar el trabajo de campo correspondiente a este artículo, por lo cual no es posible proporcionar todos los nombres en este lugar. En distintas fases del estudio de los fósiles ayudaron los Dres. T. Delevoryas, R. C. Hope y Ch. N. Miller, Jr. Se agradecen sus consejos, mas no se les responsabiliza por algún error o por lo preliminar de las identificaciones, misma que recae totalmente en el autor. Además, se agradece al Sr. Armando Altamira la ayuda prestada para la elaboración de las fotografías.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abadie, V. H. III, 1981, Geology of Mesozoic section, southern Sierra de Moradillas, Sonora, Mexico: Geol. Soc. America, Abstr. with Progr., v. 13, p. 41, (resumen).
- Aguilera, J. G., y Ordóñez, Ezequiel, 1893, Datos para la geología de México: México, D.F., 88 p.
- 1896, Bosquejo geológico de México: Inst. Geol. México, Bol. 4-6, 267 p.
- Alencáster, Gloria, 1977, Distribución de faunas marinas del sur de México y norte de América Central durante el Cretácico: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 101, p. 47-65.
- Alvin, K. L., Barnard, P.D.W., Harris, T.M., Hughes, N.F., Wagner, R. H., y Wesley, Alan, 1967, Gymnospermophyta: in: The Fossil Record. London, Geol. Soc. London, p. 247-268.
- Anderson, T. H., y Silver, L. T., 1979, The role of the Mojave-Sonora Megasear in the tectonic evolution of northern Sonora: San Diego, Geol. Soc. America, Annual Meeting, Guide Book Field Trip 27, p. 59-68.
- Angermann, Ernesto, 1907, Notas geológicas sobre el Cre-

Figura 5.- *Brachyphyllum macrocarpum* Newberry, Formación Olmos, Maestrichtiano, Coahuila (a: IGM-PB-WG-70-687, localidad Weber 1972-13B; b, c: IGM-PB-WG-71-32, localidad Weber 1972-4; b: x 2); d: ejemplar con ramas llamativamente separadas (no colectado, fotografía tomada en la localidad, negativo Weber 1971-4-1, localidad Weber 1972-4).

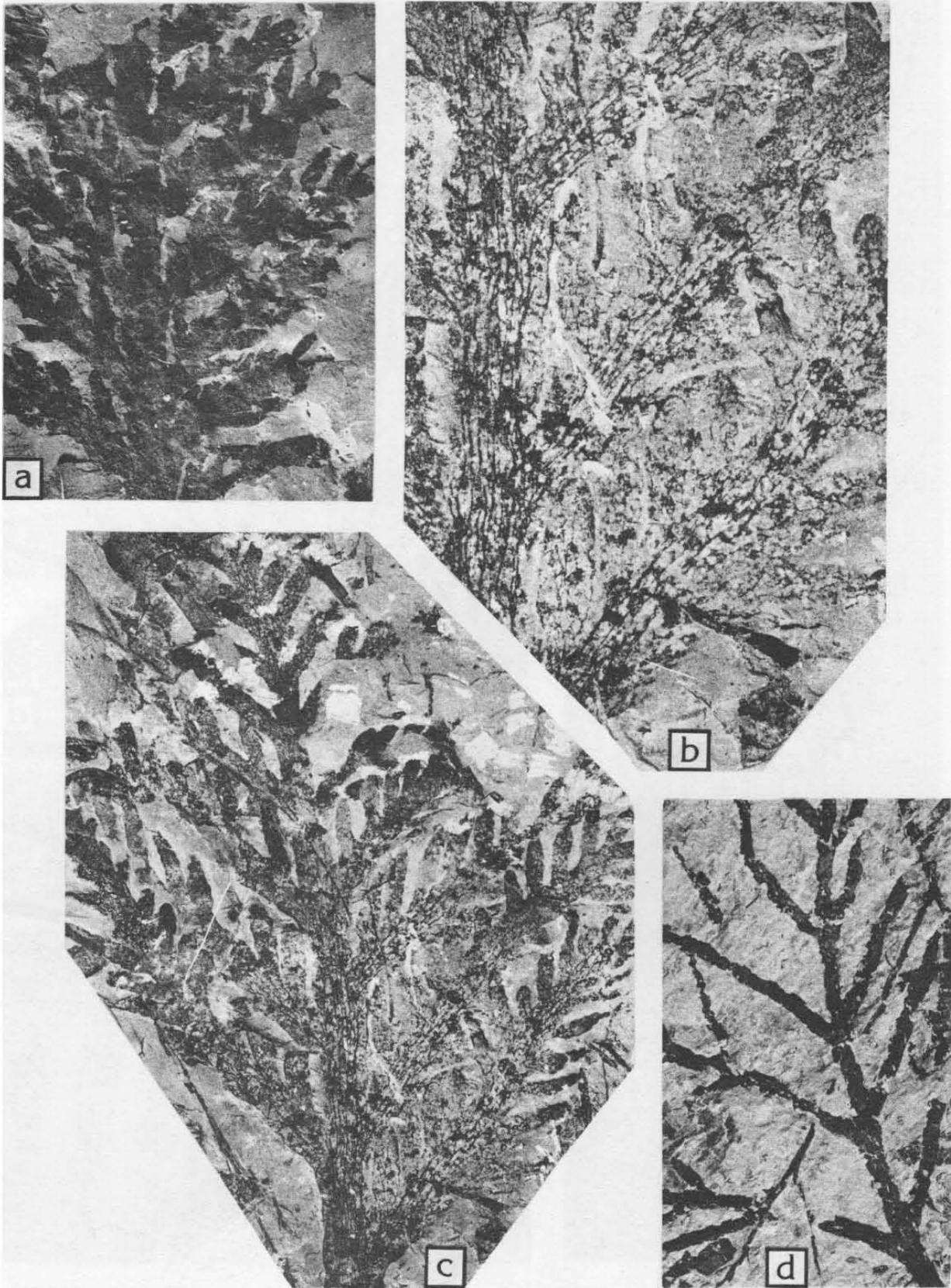


Figura 5.- Explicación en la página 120.

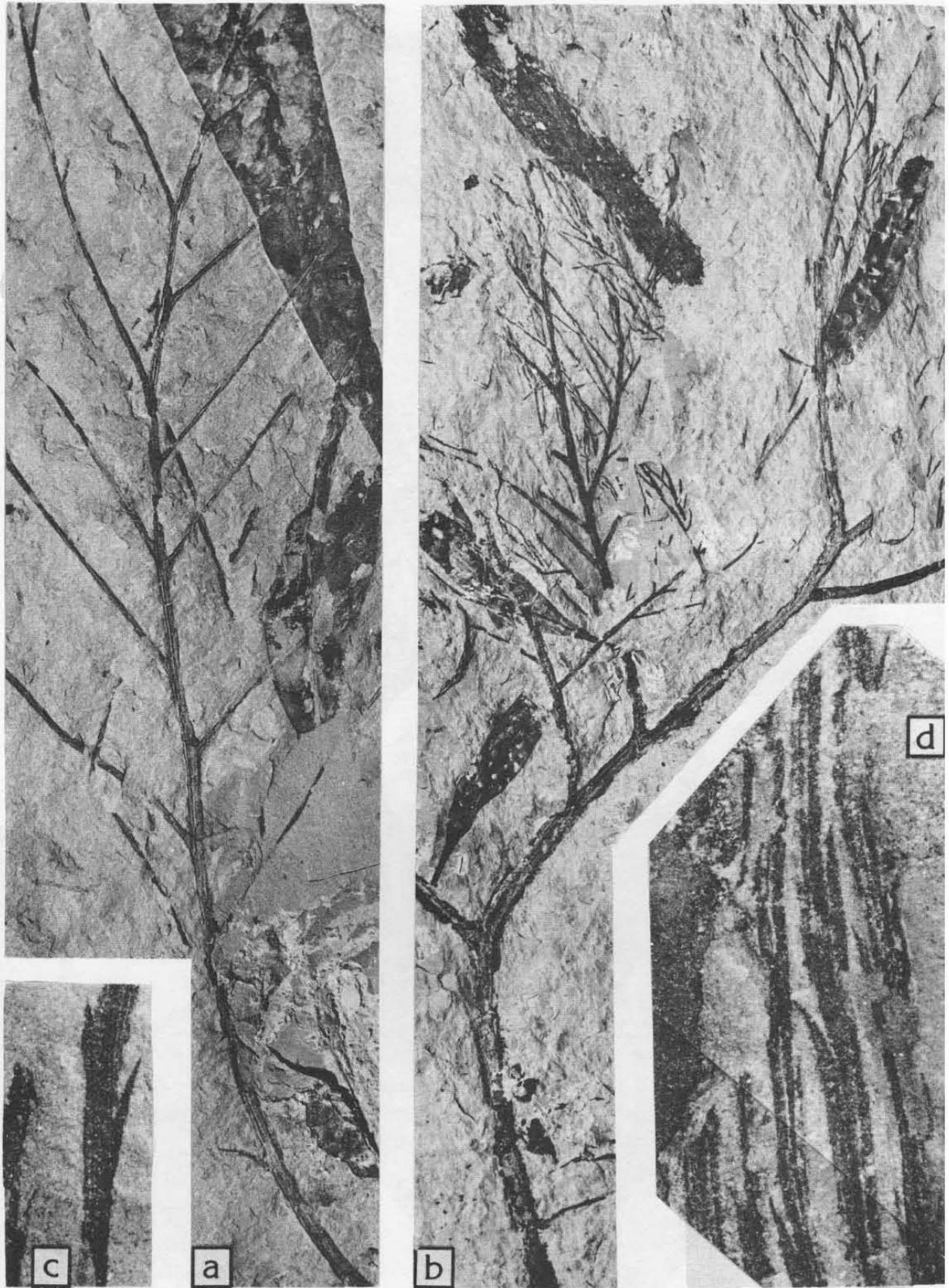


Figura 6.- *Raritania* cf. *gracilis* (Newberry) Hollick et Jeffrey, Formación Olmos, Maestrichtiano, Coahuila, localidad Weber 1972-4 (a, b: ejemplares muy grandes no colectados; fotografías tomadas en la localidad; a: negativo Weber 1971-8-1; b: negativo Weber 1971-18-10, x 0.35; c, d: x 10; c: IGM-PB-WG-71-47; d: IGM-PB-WG-71-48).

- tácico en el Estado de Colima: Inst. Geol. México, Parergones, v. 2, p. 29-35.
- Carrillo-Bravo, José, 1961, Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamps.: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 13, p. 1-98.
- 1965, Estudio Geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 17, p. 73-96.
- Chaney, R. W., 1951, A revision of fossil *Sequoia* and *Taxodium* in western North America, based on the recent discovery of *Metasequoia*: Transact. Amer. Philos. Soc., v. 40, p. 171-263.
- Cornet, Bruce, 1977, The palynostratigraphy and age of the Newark Supergroup: University Park, Pennsylvania State University, disertación doctoral, 505 p., (inédita).
- Delevoryas, Theodore, 1971, Biotic provinces and the Jurassic-Cretaceous floral transition: N.-Am. Paleont. Convention, Proceed., pte. L, p. 1660-1674.
- Emmons, Ebenezer, 1856, Geological report of the Midland Counties of North Carolina: N. Carolina Geological Survey, 347 p.
- Felix, Johannes, y Nathorst, A. G., 1899, Versteinerungen aus dem mexikanischen Staat Oaxaca: in: Felix, J., y Lenk, H., eds., Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexico. Leipzig. Verl. Felix, Theil II, p. 41-54.
- Ferguson, D. K., 1967, On the phytogeography of Coniferales in the European Cenozoic: Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecology, v. 3, p. 73-110.
- Ferrusquía-Villafranca, Ismael, y Comas, Oscar, 1980, Reptiles marinos mesozoicos en el sureste de México y su significado geológico-paleontológico: México, D.F., Soc. Geol. Mexicana, Convención Geol. Nal., 5, Resúmenes, p. 104, (resumen).
- Florin, Rudolf, 1963, The distribution of conifer and taxad genera in time and space: Acta Horti Bergiani, v. 20, p. 122-312.
- 1966, The distribution of conifer and taxad genera in time and space; additions and corrections: Acta Horti Bergiani, v. 20, p. 319-325.
- Fontaine, W. M., 1883, Contributions to the knowledge of the older Mesozoic flora of Virginia: U. S. Geol. Survey, Monogr. 6, 144 p.
- 1889, The Potomac or younger Mesozoic flora; Parts I and II: U. S. Geol. Survey, Monogr. XV, 377 p. y atlas.
- 1900, Notes on fossil plants collected by Dr. Ebenezer Emmons from the older Mesozoic rocks of North Carolina: in: Ward, L. F., ed., Status of the Mesozoic floras of the United States: U. S. Geol. Survey, Ann. Rept. 20, p. 277-315.
- Harris, T. M., 1969, Naming a fossil conifer: Bot. Soc. Bengal, J. Sen Mem. Volume, p. 243-252.
- Hollick, Arthur, y Jeffrey, E. Ch., 1909, Studies of Cretaceous coniferous remains from Kreischerville, New York: Mem. New York Bot. Garden, v. 3, 138 p.
- Howarth, M. K., 1981, Paleogeography of the Mesozoic: in: Cocks, L.R.M., ed., The evolving Earth. Cambridge, British Museum (Nat. Hist.) and Cambridge Univ. Press, p. 197-220.
- Humphreys, E. W., 1916, Triassic plants from Sonora, Mexico, including a *Neocalamites* not previously reported from North America: Mem. New York Bot. Garden, v. 6, p. 75-78.
- López-Ramos, Ernesto, 1979, Geología de México: México, D.F., t. 3, 446 p.
- Maldonado-Koerdell, Manuel, 1950, Los estudios paleobotánicos en México con un catálogo de sus plantas fósiles: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Bol. 55, 72 p.
- McBride, E. F., y Caffey, K. C., 1979, Geologic report on Upper Cretaceous coal-bearing rocks, Rio Escondido basin, Coahuila, Mexico: Bol. Soc. Geol. Mexicana, v. 40, p. 21-47.
- Miller, Ch. N., Jr., 1977, Mesozoic conifers: Bot. Rev., v. 43, p. 217-280.
- Mixon, R. B., Murray, G. E., y Díaz-G., Teodoro, 1959, Age and correlation of Huizachal Group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 43, p. 757-771.
- Newberry, J. S., 1876, Descriptions of fossils: in: Macomb, J. N., Report of the exploring expedition from Santa Fe, New Mexico to the junction of the Grand and Green Rivers... in 1859, Washington, D.C., U.S. Army Eng. Dept. Geol. Rept., p. 137-148.
- Niklas, K. J., Tiffney, B. H., y Knoll, A. H., 1980, Apparent changes in the diversity of fossil plants: in: Hecht, J. K., Steere, W.C., y Wallace, B., eds., Evolutionary biology. Nueva York, Plenum Publ. Co., v. 12, p. 1-89.
- Owen, H. G., 1981, Constant dimensions or an expanding Earth?: in: Cocks, L.R.M., ed., The evolving Earth. Cambridge, British Museum (Nat. Hist.) and Cambridge University Press, p. 147-192.
- Parker, L. R., 1976, The paleoecology and flora of the Blackhawk Formation (Upper Cretaceous) from Central Utah: East Lansing, Michigan State Univ., disertación doctoral, 238 p., (inédita).
- Schmidt-Effing, Reinhard, 1976, Daten zur Entstehungsgeschichte von Golf, Karibik und Atlantik im Mesozoikum (Vorl. Mitt.): Münster. Forsch. Geol. Paläont., v. 38-39, p. 201-217.
- Schwarzbach, Martin, 1974, Das Klima der Vorzeit: Stuttgart, F. Enke, 380 p.
- Scotese, C. R., 1979, Continental Drift: Chicago, Univ. Chicago, Dept. Geophys., serie de mapas paleográficos sin paginación, 2a ed., (inédita).
- Serlin, B. S., Delevoryas, Theodore, y Weber, Reinhard, 1981, A new conifer pollen cone from the Upper Cretaceous of Coahuila, Mexico: Rev. Paleobot. Palyn., v. 31, p. 241-248.
- Silva-Pineda, Alicia, 1978, Paleobotánica del Jurásico de México: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 44, p. 1-16.
- Silver, L. T., y Anderson, T. H., 1974, Possible left-lateral early to mid-Mesozoic disruption of the south-western North American craton margin: Geol. Soc. America, Abstr. with Progr., v. 6, p. 955-956.
- Smith, A. G., 1975, Continental distributions before and after Permian times: in: Motz, L., ed., Rediscovery of the Earth, New York, Van Nostrand-Reinhold, p. 205-220.

- Smith, A.G., Hurley, A.M., y Briden, J.C., 1981, Phanerozoic paleocontinental world maps: Cambridge Univ. Press, 102 p.
- Velenovský, J., y Viniklař, L., 1926, 1927, 1929, 1931, Flora Cretacea Bohemiae; Neue Beiträge zur böhmischen Kreideflora, Teil I-IV: Rozpr. Státn. Geol. Ust. Českosl. Rep. v. I, II, III, V, 57, 54, 33, 112 p.
- Weber, Reinhard, 1972, La vegetación maestrichtiana de la Formación Olmos de Coahuila: Bol. Soc. Geol. Mexicana, v. 33, p. 5-19.
- 1973, *Salvinia coahuilensis* nov. sp. del Cretácico Superior de México: Ameghiniana, v. 10, p. 173-190.
- 1975, *Achenia knoblochi* n. sp., an interesting conifer from the Upper Cretaceous Olmos Formation of northeastern Mexico: Palaeontographica, Abt. B., v. 152, p. 76-83.
- 1976, *Dorfiella auriculata*, f. gen. nov. sp. nov.; un género nuevo de helechos acuáticos del Cretácico Superior de México: Bol. Asoc. Latinoam. Paleobotánica Palinología, v. 3, p. 1-13.
- Weber, Reinhard, Zambrano-García, Angel, y Amozurrutia-Silva, Flor, 1980a (1982), Nuevas contribuciones al conocimiento de la Taoflora de la Formación Santa Clara (Triásico Tardío) de Sonora: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 4, p. 125-137.**
- Weber, Reinhard, Trejo-Cruz, Ricardo, Torres-Romo, Alfonso, y García-Padilla, Antonio, 1980b (1982), Hipótesis de trabajo acerca de la paleoecología de comunidades de la Taoflora Santa Clara del Triásico Tardío de Sonora: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 4, p. 138-154.**
- Wieland, G. R., 1914-16, La flora liásica de la Mixteca Alta: Inst. Geol. México, Bol. 165, p. 31, atlas + 165 p.**
- Wilson, I. V., y Rocha, V. S., 1946, Los yacimientos de carbón de la región de Santa Clara, Municipio de San Javier, Estado de Sonora: Comité Dir. Invest. Recursos Minerales (México), Bol. 9, 108 p.**