

LA VEGETACION MAESTRICHTIANA DE LA FORMACION OLMOS DE COAHUILA, MEXICO *.

Reinhard Weber **

RESUMEN

Se presentan el programa y resultados preliminares de un proyecto de investigación paleobotánica, iniciado en 1970, sobre la Formación Olmos (Maestrichtiano - Cretácico Superior) y sus depósitos de carbón en la región de Sabinas, Estado de Coahuila.

Durante dos temporadas de campo se recolectaron alrededor de 80 forma - especies de macrofósiles vegetales, de los cuales 60 corresponden a dicotiledóneas. Además se encontraron 5 forma - especies de madera silicificada.

Se postula por el origen autóctono del carbón en condiciones predominantemente lagunares y de clima tropical o subtropical.

Asimismo, parece evidente que después de haberse depositado un manto de turba, generalmente doble, sobrevivió la vegetación en áreas insulares, formando bosques sobre suelos limosos inundados permanentemente o con mucha frecuencia. Localmente se presentaron condiciones favorables para el desarrollo de comunidades de plantas flotantes de agua dulce, representadas particularmente por el género *Salvinia*.

* El manuscrito se entregó para publicación el 20 de marzo de 1972.

** Investigador Asociado de Tiempo Completo, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México 20, D.F.

ABSTRACT

The program and preliminary results of a paleobotanical research project on the coal - bearing Upper Cretaceous (Maestrichtian) Olmos Formation (Sabinas region, State of Coahuila) are presented.

During two field-work stays, the author collected 80 form - species of plant megafossils, 60 of which are dicotyledons. Furthermore, 5 form - species of silicified wood were found.

It is postulated autochthonous genesis of the coal in essentially lagoonal conditions and in a tropical or subtropical climate. After the deposition of a generally double seam of peat, some vegetation survived in insular areas, forming forests on a muddy, more or less continuously inundated soil. In the water locally existed favourable conditions for the development of fresh water swimming plant communities, which are particularly represented by the genus *Salvinia*.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Programm und vorläufige Ergebnisse eines paläobotanischen Forschungsprojekts über die kohleführende Formation Olmos (Maestricht-Oberkreide) der Gegend von Sabinas (Coahuila, Mexiko) werden mitgeteilt.

Während zwei Aufenthalten im Feld wurden 80 Formarten von pflanzlichen Megafossilien gesammelt, darunter 60 Dikotylen. Ausserdem fanden sich 5 Formarten von Kieselholz.

Es wird autochthone Entstehung der Kohle unter vorwiegend lagunaren Bedingungen und in tropischem oder subtropischem Klima gefordert. Nach der Ablagerung eines im allgemeinen doppelten Flözes von Torf bestand die Vegetation in inselförmigen Bereichen weiter und bildete Wälder auf schlammigem Boden, der oft oder dauernd überschwemmt wurde. In den Gewässern herrschten stellenweise günstige Bedingungen für die Entwicklung von Schwimmpflanzengesellschaften, die besonders durch die Süßwasser-Gattung *Salvinia* vertreten sind.

1. INTRODUCCION

La existencia de diversos recursos no renovables en la parte nororiental de la República Mexicana ha despertado el interés por la investigación geológica de esta región desde hace mucho tiempo. Los depósitos de carbón bituminoso del Campo Carbonífero de Coahuila* (Lámina 1) han dado origen a una serie considerable de estudios; los más amplios y recientes de los cuales son los trabajos de Robeck, Pesquera y Ulloa (1956), de Rueda - Gaxiola (1967) y de Díaz Cabral (1968). Actualmente se efectúan investigaciones sobre la Geología de dichos depósitos por parte de dos dependencias del Gobierno Mexicano, que son el Consejo de Recursos Naturales No Renovables (C.R.N.N.R.) y la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), que prometen datos valiosos sobre la Estratigrafía detallada y Paleogeografía de las áreas de Sabinas y Piedras Negras. Estos yacimientos de carbón son los más importantes de la República y se explotan en numerosas minas por una industria muy activa.

Sobre la Paleobotánica del Campo Carbonífero de Coahuila y de la Formación Olmos, que contiene los yacimientos, existe poca información, siendo el único estudio extenso la monografía palinológica de Rueda - Gaxiola (1967). Además se encuentran esparcidas en la literatura menciones escasas de plantas fósiles o de madera silicificada, generalmente sin que se indiquen localidades exactas. A pesar de que en la región al norte de Eagle Pass, Texas, La Formación Olmos también contiene carbón explotable, allá tampoco se han realizado estudios paleobotánicos detallados. El único megafósil vegetal clasificado hasta la fecha del área, una hoja de la palmera *Geonimites tenuirachis* Lesquereux,** fue men-

* El término "campo carbonífero" se introduce aquí para substituir el más antiguo "cuenca carbonífera", que puede causar varios errores de interpretación. Se trata de una traducción del término inglés "coal field", formada de acuerdo con el término español "campo petrolero", de uso muy general en la literatura geológica.

** Read y Hickey (1972, p. 129-137) propusieron una clasificación revisada de las hojas fósiles de palmas, en que se suprimió el nombre genérico *Geonimites*. Este nombre se había introducido a la literatura paleobotánica por dos autores independientemente, Visiani (1864) y Lesquereux (1878). Si la clasificación del espécimen de Vaughan por Ward es correcta, se trata de una especie del género *Sabalites* Saporta. Sin embargo no hay manera de revisar la clasificación en base a los datos proporcionados por Vaughan (1900), y el autor considera preferible el uso del nombre antiguo en este lugar. El autor de la especie *Geonimites tenuirachis* no es Ward, como escribe Vaughan, sino Lesquereux (1878).

cionada por Vaughan (1900, p. 23), que se descubrió en una mina hoy día abandonada al norte del Río Bravo. Al mismo fósil alude Burckhardt (1930, p. 256). Las hojas fósiles citadas por Boese y Cavins (1927, p. 45), que se encontraron en una mina de Las Esperanzas, así como las hojas reportadas por Robeck y colegas (1956, p. 34), jamás se han clasificado, lo cual también se refiere a todas las maderas fósiles del área.

La mención en la literatura de plantas fósiles en la Formación Olmos y la existencia de minas de carbón en explotación dieron el estímulo para la iniciación de un proyecto amplio de investigación paleobotánica en el otoño de 1970. El proyecto obedece a la necesidad de aumentar los conocimientos estratigráficos y paleogeográficos referentes a los yacimientos de carbón. Además cabe mencionar, que éste es el primer estudio sobre megafósiles vegetales del Cretácico de México, que podrá integrarse satisfactoriamente con los datos palinológicos, que sobre esta área se han publicado, y con numerosos trabajos paleobotánicos del Cretácico Tardío y Terciario Temprano de los Estados Unidos.

El programa metodológico del proyecto se detalla en la gráfica de la Figura 1.

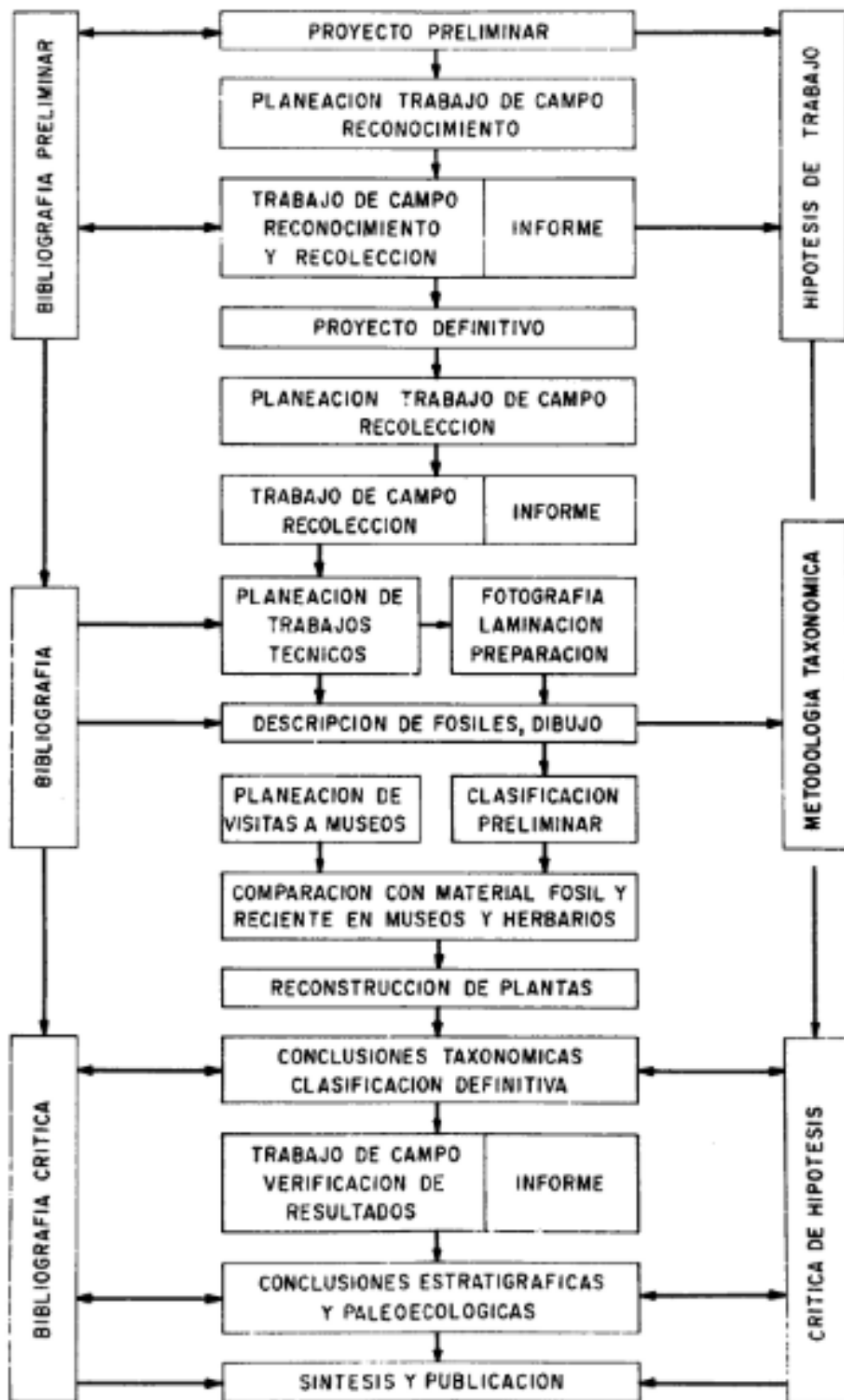
2. EL AREA DE ESTUDIO

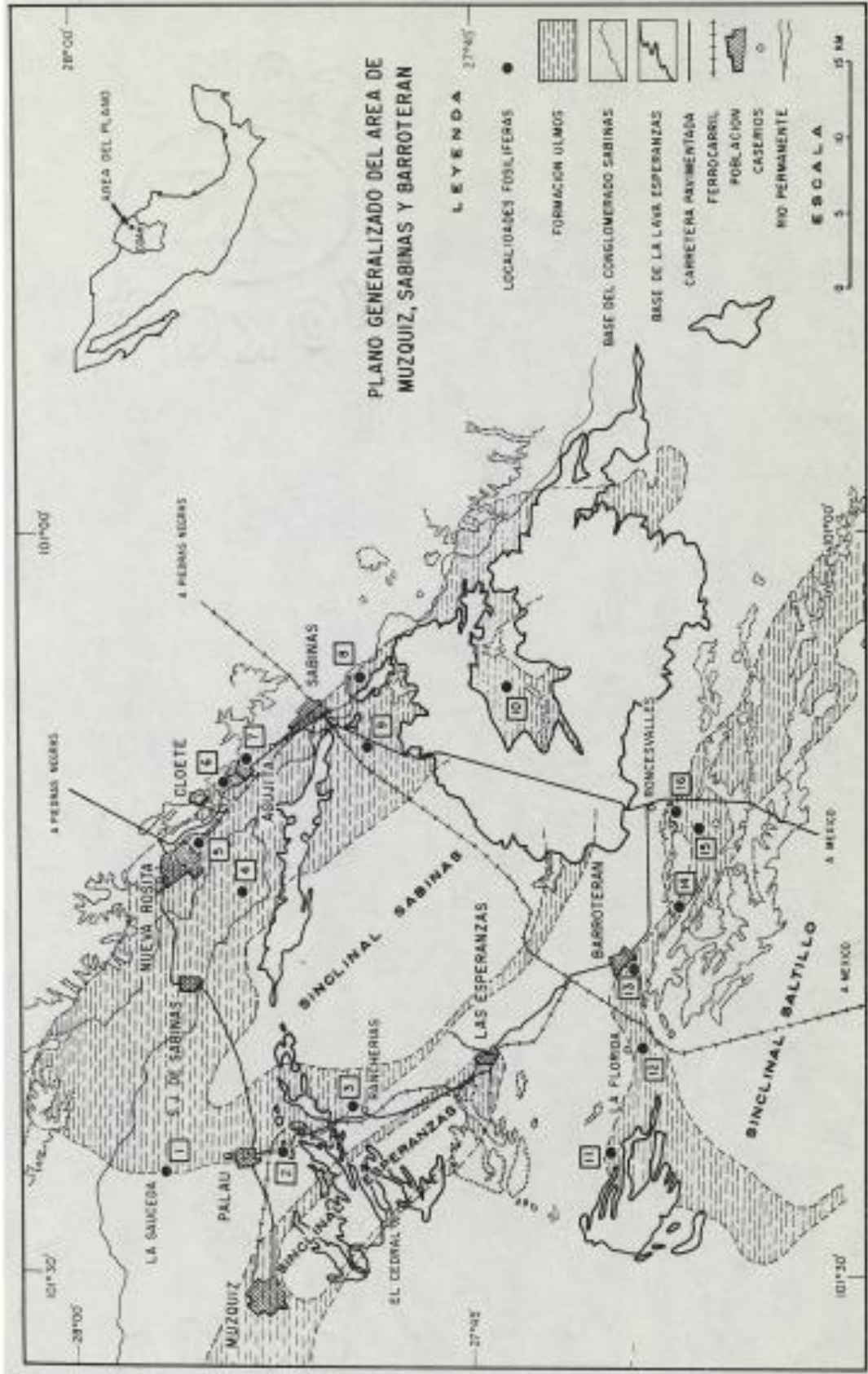
La parte mexicana de los afloramientos de carbón de la Formación Olmos se extiende entre Piedras Negras en el norte hasta Monclova en el sur, y del Sinclinal de Cuatro Ciénegas en el poniente hacia el Sinclinal de San Patricio o Lampazos, en el oriente. Esta área se ubica entre los paralelos 26° y 28° norte y los meridianos 100° y 102° oeste. Hasta la fecha el trabajo de campo se ha restringido a la porción triangular entre Palau, Sabinas y Barroterán, encontrándose ahí el mayor número de minas (Lámina 1). Sin embargo, para el estudio completo se ampliará la región de trabajo.

Fisiográficamente, el área pertenece a la zona de transición entre la Sierra Madre Oriental (al sur y poniente) y la Planicie Costera del Golfo de México (al oriente y norte), presentando una serie de pequeñas sierras angostas y alargadas, anticlinales de rumbo general NNE, separadas por amplias llanuras.

En los ejes de los anticlinales localmente afloran rocas del Jurásico Superior (p. ej. Formación La Casita del Kimeridgiano-Portlandiano), que representan depósitos de ambiente costero. Cabe mencionar, que los Ings. Ojeda R. y Delgado H., y el autor, encontraron en estas rocas del Potrero de Oballos, Sierra de Las Hermanas, algunos restos vegetales mal preservados, asociados con amonitas, especialmente una rama del género *Pagiophyllum* Heer (Coniferophyta) y madera indeterminable.

Las sierras presentan rasgos morfológicos juveniles y están formadas por rocas marinas preferentemente del Cretácico Inferior. En las llanuras o sinclinales se encuentran capas casi exclusivamente clásticas de grano fino a mediano del Cretácico Superior, como la Formación continental y de transición Olmos del Maestrichtiano, que se discute más ampliamente en otro capítulo. La sedimentación marina terminó en el Maestrichtiano con la Formación Escondido, que descansa sobre la Formación Olmos. Dichas capas del Cretácico Superior están selladas en partes amplias por conglomerados de caliza (Congl. Sabinas del Terciario Tardío) y por derrames basálticos (Lava Esperanzas del Cuaternario) que se presentan en forma de lomas de poca elevación, o por aluvión (Lámina 1).





3. TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron dos temporadas de campo, en septiembre y octubre de 1970 y marzo y abril de 1971, de 9 semanas en total.

El primer viaje fue dedicado a reconocimiento general y búsqueda de localidades fosilíferas en la superficie del área triangular arriba esbozada, así como en el interior de las minas de carbón en Barroterán, La Florida, Las Esperanzas, Rancherías, Palaú, Nueva Rosita y Sabinas. En total se visitaron 10 minas. Las localidades con madera silicificada en la superficie son muy numerosas, y en la lista de localidades solamente se mencionan las más ricas. En cambio, en las minas es relativamente difícil encontrar partes fosilíferas, parcialmente debido a la técnica de explotación. En las minas de Las Esperanzas, particularmente la mina "4 1/2", no se extrae todo el carbón, pues por razones de seguridad se conserva una capa del mismo en el cielo de los tiros. Consecuentemente en esas minas no afloran las fangolitas estériles encima del carbón, que son fosilíferas en otras minas.

A continuación se presenta la lista de las localidades. Los nombres en paréntesis indican las cuencas o los sinclinales, en que se ubican las localidades. (Véase también Lámina 1):

- 1.- Palaú (Sabinas), "La Sauceda". Interior de la mina.
 - A.- Cañon 3 Sur, techo.
 - B.- Frente larga, arcilla de color beige intercalada en el manto.
- 2.- Palaú (Sabinas), orilla de la carretera a Las Esperanzas, a 2 Km al sur de Palaú. Superficie. En esta localidad se encontró un esqueleto mal preservado de vertebrado, posiblemente un dinosaurio (Ojeda, 1968, p. 23, 24, fig. 8).
- 3.- Rancherías (Sabinas), Mina "Don Evaristo". Interior.
- 4.- Nueva Rosita (Sabinas), Mina "No. 6". Interior, cielo del Tiro Auxiliar del Cañon General Sur.
- 5.- Nueva Rosita (Sabinas), Cantera cerca del depósito de explosivos. Superficie.
- 6.- Agujita (Sabinas), 2 km NE de la población. Afloramiento del carbón. Superficie.
- 7.- Agujita (Sabinas), limite oriental del pueblo. Afloramiento del carbón. Superficie. Esta localidad se encuentra con el No. 18 en el plano geológico de Robeck et al. (1956, lám. 1).
- 8.- Sabinas/Mina "No. 2". Interior. Arcilla de color beige intercalada en el manto de carbón.
- 9.- Sabinas/orilla de la carretera a Monclova, a 3 km al sur de la ciudad. Superficie.
- 10.- "Ventana" (Sabinas). Superficie. Esta localidad se encuentra en la ventana de la Lava Esperanzas al este de la carretera Sabinas-Monclova.
- 11.- La Florida (Saltillito), Tajo abierto. Fangolita encima del carbón.

12.-

La Florida (Saltillito) , 1 km al S de la población. Superficie.

13.-

Barroterán (Saltillito), Mina "No. 3". Interior.

A. Tiro General, cielo.

B.- Fondo de la mina, cielo.

14.-

Saltillito/tajo abierto.

A.- Fangolita debajo y encima del manto de carbón en explotación.

B.- Superficie.

15.-

El Sauz (Saltillito) , 4 km al sureste de Roncesvalles. Superficie.

16.-

El Sauz (Saltillito) , 2 km al sur de Roncesvalles. Afloramiento del carbón. Superficie.

Las localidades más importantes por la gran abundancia de fósiles, particularmente ramas con hojas, flores y frutos, que se preservaron en forma de compresiones carbonizadas, se citaron en las lista con los números 1 A, 4 y 13 A.

El segundo viaje fue dedicado exclusivamente a trabajos en el interior de las minas "La Saucedá" en Palaú y la "No. 6" en Nueva Rosita, las localidades 1A y 4. Los trabajos de recolección en dichas minas se iniciaron durante la primera temporada de campo y comprendieron 7 semanas en total. Debido a las condiciones petrográficas fue imposible un muestreo completo en las minas. Por razones técnicas, en muchos cañones se quitan las capas estériles del cielo hasta llegar a un estrato de roca masiva y sólida. Debido a este carácter del techo en las dos localidades mencionadas, repetidas veces no fue posible obtener los fósiles. Tampoco pudo aplicarse la técnica de "transfer" con película de laca en el interior de las minas, porque se emplean solventes explosivos. Sin embargo se trató de hacer el registro más completo posible, procediendo de la siguiente manera: en los tiros fosilíferos primero se tomaron fotografías de los fósiles mejor preservados expuestos con anticipación en el cielo, y una vez comprobada la buena calidad de las negativas, se hizo el intento de quitarlos. Luego se tumbaron capas del techo para destapar nuevos planos fosilíferos, y se tomaron fotografías nuevamente. Para estos trabajos fue necesario quitar arcos de ademe varias veces, reponiéndolos después de terminar. Para los trabajos fotográficos se utilizó el siguiente equipo: Cámara ROLLEIFLEX 6 x 6 con objetivo ZEISS TESSAR y un juego de lentes de acercamiento, tripié, flash electrónico METZ MECABLITZ, película AGFA IFF y revelador AGFA RODINAL. De esta manera se cuenta con fotografías de ejemplares buenos de varias especies pobremente o no representadas en la colección.

4. FORMACION OLMOS

La unidad estratigráfica continental y de transición formalmente descrita por Stephenson (1927, p. 14) como Formación Olmos, alcanza en la sección El Cedral medida por Robeck y colegas (1956, p. 81-88, lám. 2) el espesor total de 380 m. Esa sección se encuentra expuesta a media distancia entre Las Esperanzas y Múzquiz al pie de la Sierra de Santa Rosa (Lámina 1). La edad maestrichtiana de la Formación Olmos ha sido determinada indirectamente por la presencia de fósiles marinos fechables en las Formaciones San Miguel y Escondido, que subyacen y suprayacen respectivamente a la Formación Olmos. Según Pessagno (1969, p. 90-94) todas estas formaciones corresponden al Grupo Navarro, y la Formación

Olmos se atribuye al Maestrichtiano Inferior o Medio (Biozona del conjunto de Globotruncana fornicata/stuartiformis, Subzona de Rugotruncana subcircumnodifer y Biozona del conjunto de Globotruncana contusa/stuartiformis, Subzona de Globotruncana gansseri). La palinoflora del carbón que se encuentra intercalado cerca de la base de la Formación, corrobora a grandes rasgos esta determinación de edad; no obstante, cabe mencionar, que según Rueda-Gaxiola (comunicación oral) las palinofloras contemporáneas de Norte América y particularmente las del oriente son bastante diferentes.

Robeck y colegas (1956, p. 31-37) subdividen la Formación Olmos provisionalmente en 5 zonas litoestratigráficas. Para el presente estudio son de mayor importancia solamente la Zona 1 (Zona del carbón) y la Zona 2 (Zona de la arenisca diastratificada).

La Zona 1 tiene en la sección El Cedral 36 m de espesor, encontrándose cerca de su base el llamado doble manto de carbón, el único de importancia económica de la formación. En numerosos barrenos se cortaron encima del doble manto capas de carbón muy delgadas y de poca extensión lateral, que aún no se han estudiado. Los mejores afloramientos del carbón se observan actualmente en la Localidad 11, donde el doble manto se encuentra intercalado por alrededor de 1 a 2 m de roca estéril (Lámina 2).

La Zona 1 consiste, aparte del carbón en fangolitas o limolitas, que hacia la cima por lo común se vuelven más y más ricas en arena fina. Inmediatamente encima del carbón, la zona contiene en varias localidades (Lámina 1, Loc. 6, 7, 16) madera silicificada. En general, esta madera no se presta para estudios histológicos ya que los tejidos están a menudo fuertemente comprimidos, lo cual se debe a que la matriz es de grano muy fino y a la lentitud de la silicificación. Muy notable es el hecho de que el carbón mismo contiene en varias minas troncos mineralizados ("La Saucedá", Mina "No. 6", Nueva Rosita). Para el trabajo subsiguiente, se nombra a este primer nivel de la Formación Olmos con madera, "Horizonte con madera silicificada a", sin que se detalle la relación de este horizonte con el doble manto, porque las muestras de madera se recolectaron en la superficie, desconociéndose el estrato exacto de origen.

En algunos afloramientos, como en los de la Localidad 16 descansan areniscas inmediatamente sobre el carbón, tratándose probablemente de rellenos de canal. Sobre tales estructuras informaron Robeck y colegas (1956, p. 35). interpretando los canales como resultado de la erosión de la superficie de la Zona 1, y los rellenos como material perteneciente a la Zona 2. En el tajo abierto de la Localidad 11, el autor observó en las capas fangolíticas encima del carbón, cuerpos de estratificación cruzada muy potentes, que alcanzan 4m de espesor (Lámina 2, fig. 1). Muy probablemente también representan rellenos de canal, y pertenecen sin duda a la Zona 1. Se permite entonces establecer la conclusión, de que ya durante la sedimentación de las fangolitas de la Zona 1, el ambiente fue deltaico-lagunar. Otras observaciones paleoecológicas de la Zona 1 se expresan en el capítulo respectivo.

La segunda unidad de importancia paleobotánica directa es la Zona 2, constituida por areniscas diastratificadas de grano fino a mediano a veces muy mal clasificadas, que contienen localmente guijarros de fangolita retrabajada y madera silicificada alóctona en abundancia. Debido al medio arenoso la madera generalmente presenta muy poca compresión vertical. Este nivel con madera se denomina "Horizonte con madera silicificada b".

La arenisca se explota en varios lugares como material de construcción, particularmente para el interior de las minas (Localidad 5, Lámina 3). A pesar de la inclinación moderada de las capas en los cuerpos de diastratificación, que por su parte son poco potentes, no es posible decidir

todavía, si las areniscas son sedimentos de barras costeras o de playa, o bien sedimentos fluviales, depositados en los bayous de un delta. Ninguna de estas posibilidades puede descartarse en base a los fósiles encontrados hasta la fecha en la arenisca, como las ostras y los gasterópodos mencionados por Robeck y colegas (1956, p. 36) o el hallazgo del Ing. J. Delgado H., en la Localidad 5, cerca de Nueva Rosita, que consiste en abundantes troncos de madera silicificada, de coníferas y palmeras, perforados intensamente por pelecípodos antes de la fosilización (Lámina 4-6). Los canales son generalmente más o menos rectos y paralelos, entrando perpendicularmente a la madera de la superficie del tronco. En la entrada tienen aproximadamente 1 cm de diámetro, ensanchándose en forma de clava hasta alcanzar en el extremo redondeado alrededor de 3 cm de diámetro máximo. El largo de los canales no excede los 15 cm. El interior de los canales está relleno de matriz de grano variable parcialmente incrustada con minerales de hierro, o con calcita, y las paredes están revestidas con una capa de calcita posiblemente secundaria. Se trata de canales habitacionales de pelecípodos marinos o de agua salobre, probablemente Pholadacea. Ciertos representantes recientes de este grupo pueden colonizar habitats fluviales, subiendo muchos kilómetros río arriba dentro de la parte afectada por las mareas.

En la misma localidad el autor encontró impresiones de troncos en arenisca sin tejido vegetal preservado, que se parecen mucho a especímenes citados en trabajos anteriores, entre ellos Berry (1922, p. 222, lám. 47, fig. 4, 5) y que se han clasificado como del género *Feistmantelia* Ward. Berry subraya, que se trata más bien de un tipo de preservación, que de una estructura específica vegetal. Los ejemplares de la Localidad 5 muestran huellas alargadas y elevadas sin orden regular, de forma elíptica, de 1.5 - 2 cm. de largo y de ancho muy variable. Probablemente se trata de impresiones de troncos perforados semejantes a los arriba descritos (Lámina 6, fig. 2).

Según Delgado (comunicación oral), existe cerca de la cima de la Formación Olmos otro nivel con madera, que no observó el autor, pero que denomina "Horizonte con madera silicificada c"

5. LAS PLANTAS FOSILES

LA MADERA SILICIFICADA. En las localidades 2, 5, 6, 7, 9, 10, 15 y 16 se recolectaron alrededor de 600 muestras de madera fósil. Con excepción de muy pocas muestras, se trata de madera de coníferas que debido a su contenido de resina, se presta mejor que la madera de las angiospermas, para la fosilización, y las muestras pertenecen casi exclusivamente a una sola especie de tipo moderno. Hasta la fecha se ha encontrado solo una muestra con punteadura araucarínica, típica del género *Dadoxylon* Endlicher. Además se cuenta con varias muestras de madera de palmas que se atribuyen al género *Palmoxylon* Schenk y una madera de las dicotiledóneas, perteneciente al género *Laurinoxylon* Felix. La mayor parte de las maderas muestran huellas más o menos fuertes de ataque por hongos, que tuvo lugar antes de la fosilización.

LAS PLANTAS FOSILES DE LA ZONA DE CARBÓN. la mayor parte de la colección reunida en el interior de las minas (Localidad 1, 4, 8 y 13) consiste en compresiones o impresiones de ramas, hojas, flores o frutos, que generalmente permiten la preparación de las cutículas. Sin embargo, éstas en parte están destruidas por la cristalización de calcita en los fósiles. Los moldes de calcita a menudo tienen hasta 3 mm de grueso y muestran una estructura cristalina vertical perpendicular al plano del fósil respectivo, lo cual indica el crecimiento vertical de los moldes antes de la construcción de las minas. La presión de cristalización explica la destrucción de las estructuras finas vegetales preservadas en estos casos solamente en forma de polvo de carbón.

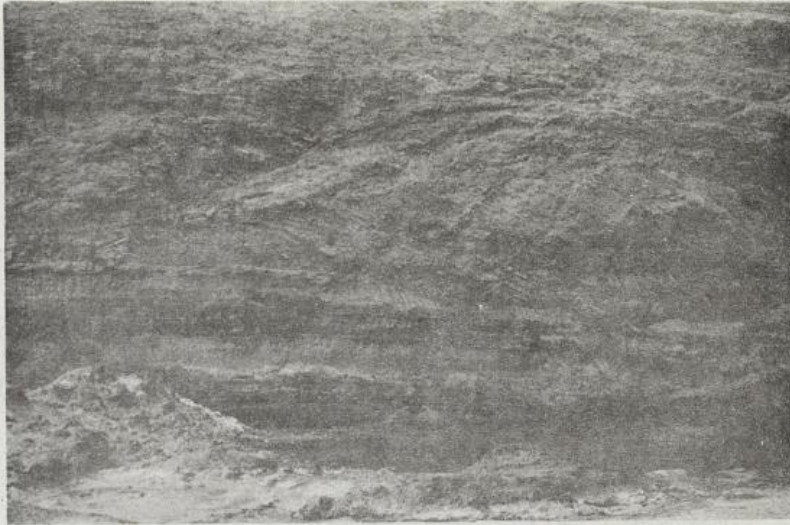


Fig. 1.- Tajo abierto "La Florida". Afloramiento de las capas con carbón (mitad inferior de la fotografía) y de cuerpos de diastratificación en la fangolita suprayacente. Localidad 11.



Fig. 2.- Tajo abierto "La Florida". El manto de carbón en explotación, de aproximadamente 1 m. de potencia, separado por 2 m. de roca estéril de otro manto delgado. Localidad 11.

FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)

LA ZONA 1, O ZONA DEL CARBON

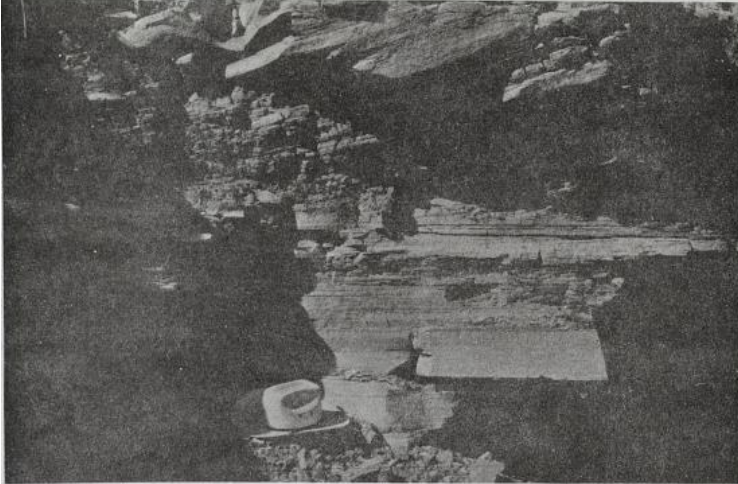


Fig. 1.- Afloramiento de la arenisca diastratificada cerca de Nueva Rosita, Horizonte con madera silicificada b. Localidad 5.

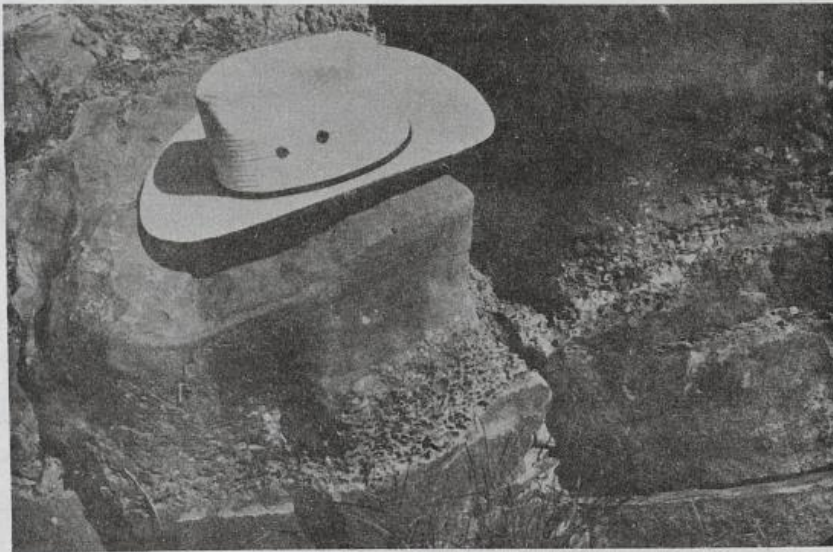


Fig. 2.- Capa de la arenisca diastratificada con fangolita re TRABAJADA, parcialmente intemperizada. Localidad 5.

FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)

ZONA 2 0 DE LA ARENISCA DIASTRATIFICADA

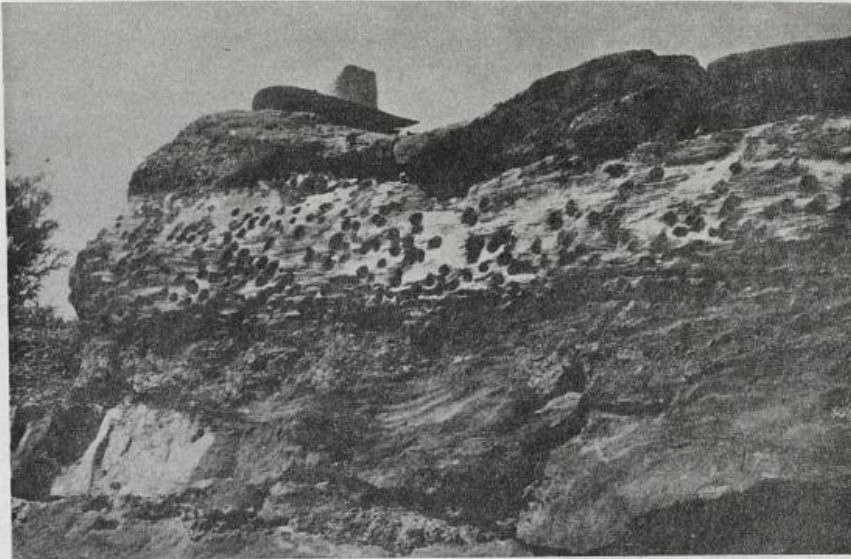


Fig. 1.- Tronco de ca. 30 cm de grueso y más de 1.50 m de largo, en la arenisca diastratificada, cerca de Nueva Rosita. La madera pertenece a una conífera. Localidad 5.

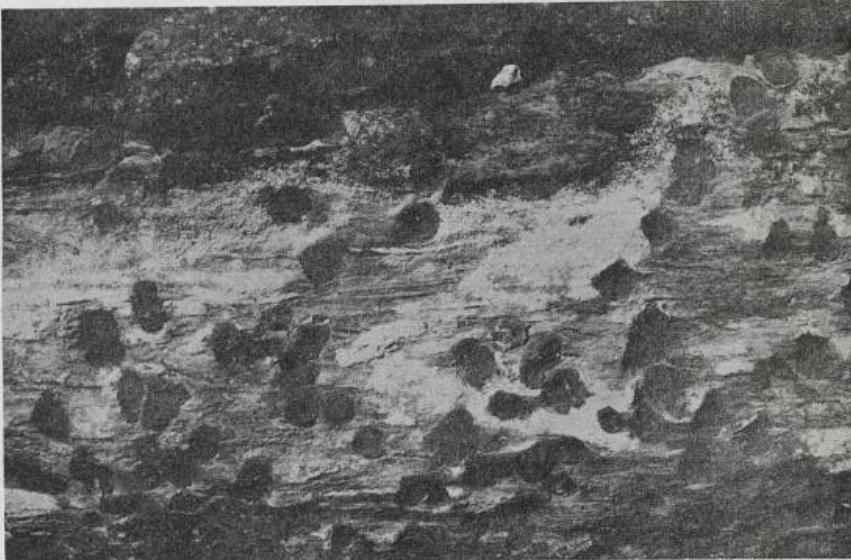


Fig. 2.- Detalle de la Fig. 1.

MADERA SILICIFICADA PERFORADA
POR PELECIPODOS.
FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)

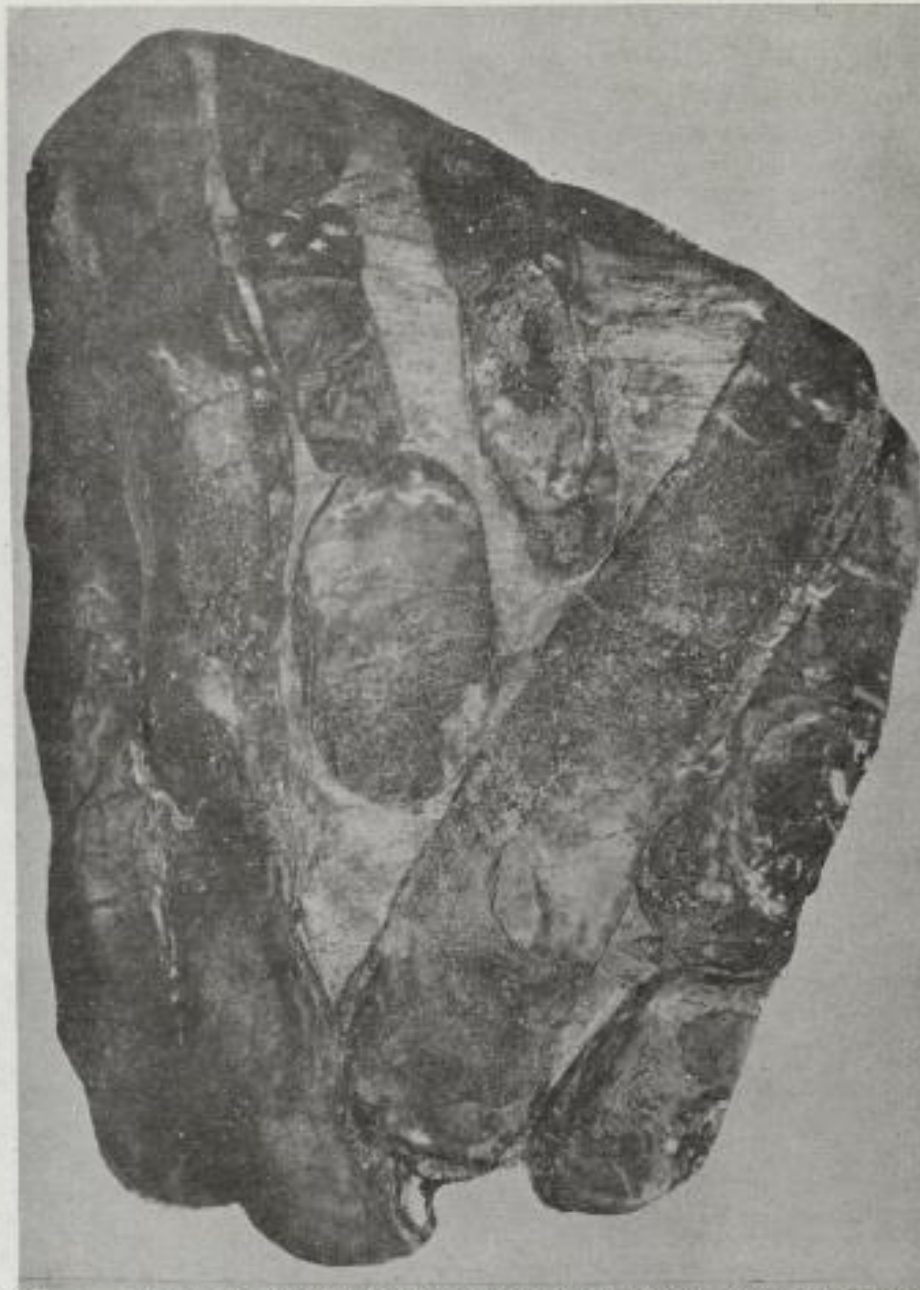


Fig. 1.- Trozo de madera mostrando cortes longitudinales de varios canales de forma de clava y el relleno arcillo-arenoso. Ligeramente reducido. Localidad 5.

CANALES HABITACIONALES DE PELECIPODOS

**(PHOLADIDAE ?) EN MADERA FOSIL.
FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)**

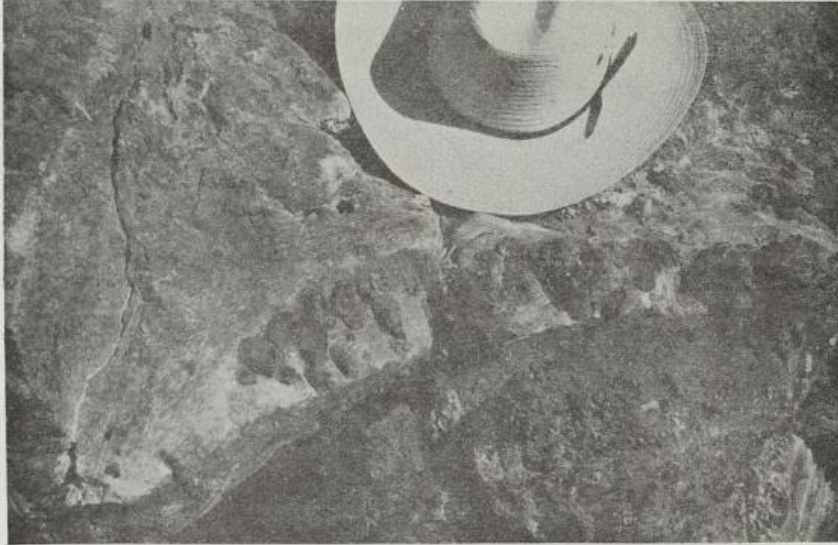


Fig. 1.- Tronco de palmera, con canales habitacionales de pelecipodos. Localidad 5.



Fig. 2.- Impresión de madera en arenisca del tipo Feistmantelia Ward. Probablemente se trata de una impresión de madera perforada por pelecipodos. Localidad 5.

HUELLA DE VIDA

FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)

ZONA 2

A continuación se agrupan provisionalmente en el sistema filético los fósiles de las localidades mencionadas, incluyendo también aquellas especies, que solamente están representadas por fotografías (véase capítulo 3), con excepción de las maderas:

Pteridophyta: 7 (ó 9) forma - especies.
Coniferophyta: 6 (ó 7) forma - especies.
Monocotyledoneae: 4 especies, entre ellas 3 órgano - especies de Palmae.
Dicotyledoneae: aproximadamente 60 forma - especies, preferentemente hojas.

Además se encontraron muy pobremente representadas y dudosas:

Bryophyta: 1 especie.
Cycadophyta: 1 especie.

El estudio taxonómico de los fósiles se hará posteriormente y requerirá más tiempo; en esta comunicación se proporcionan solamente algunos nombres y ejemplos para concretar los datos de la lista.

Entre las pteridofitas, el género más importante es *Salvinia* (Lámina 7, fig. 1), del cual se halló una especie representada por numerosos ejemplares completos, con los esporocarpos de los cuales podrán extraerse las esporas. Megafósiles del género representado todavía en la flora reciente, se conocen según Boureau (1970, p. 396) con seguridad a partir del Eoceno. La especie de Coahuila pertenece a los restos seguros más antiguos del género. Su significado paleoecológico se detalla en el próximo capítulo.

Entre las coníferas solamente se menciona *Brachyphyllum Brongniart*, forma-género muy común en el Cretácico Superior y representado en la colección por *B. macrocarpum* Berry.

De las monocotiledóneas se encontraron el género *Pistia* (Araceae) y hojas de Palmae, del tipo de los órgano-géneros *Sabalites* Saporta y *Phoenicites* Brongn. Cabe mencionar, que una inflorescencia muy bien preservada probablemente también pertenece a esta familia.

La clasificación de las dicotiledóneas dará oportunidad para introducir una reforma intensa del procedimiento taxonómico de costumbre en la Paleobotánica de dicho grupo. Se tratará del diseño de una Taxonomía completamente artificial, una Parataxonomía de las hojas, que se considera necesaria para suprimir la carga enorme de comparaciones erróneas con géneros actuales en la nomenclatura clásica de las dicotiledóneas fósiles. Asimismo proporcionará al procedimiento taxonómico mayor independencia de la filosofía filogenética ex post facto implicada en el sistema de las formas actuales. Esos problemas se discuten en forma más amplia en otro lugar.

Entre las hojas de dicotiledóneas, no obstante, hay algunas que a primera vista permiten comparaciones morfológicas con hojas de géneros actuales, que a continuación se enumeran:

Magnoliaceae: *Liriodendron*.
Lauraceae: *Sassafras*.
Moraceae: *Artocarpus*.
Betulaceae: *Betula*.
Rhamnaceae: *Zizyphus*.

Además existen representantes de los siguientes órganos-géneros descritos con anterioridad, considerándose erróneas las relaciones filéticas supuestas por los autores:

Liriodendropsis Newberry.
Maniholites Berry.

6. PALEOECOLOGIA DE LA ZONA DEL CARBÓN

EL DOBLE MANTO. Las ideas sobre el origen del carbón de Coahuila aún están poco desarrolladas. Las siguientes observaciones corroboran de manera directa que el doble manto es de origen autóctono o subautóctono, alterando las conclusiones hasta la fecha tentativas en algunos aspectos.

En las Localidades 11 y 14 A se encuentra cortado el muro del manto de carbón que generalmente muestra huellas de raíces (Lámina 7, fig. 2). En varios casos dichas raíces entretejen tan intensamente la roca, que la estratificación original del sedimento, conservada aún en lugares muy cercanos, está completamente borrada. Ese fenómeno muy común en muchos campos carboníferos demuestra que el carbón se depositó por lo menos parcialmente in situ, por la vegetación.

LOS SEDIMENTOS ENCIMA DEL CARBÓN. Se observaron huellas de raíces en capas fangolíticas hasta 2 m encima del carbón, particularmente en la Localidad 11, donde están mezcladas en la roca con restos mal preservados de hojas destruidas por la acción de las mismas raíces. También hay raíces en muestras de fangolita muy carbonosa, casi negra, recolectadas en el terreno de la mina "No. 2" en Barroterán. Conforme a observaciones en el interior de la mina subterránea "La Florida" esta roca constituye el contacto de las capas estériles suprayacentes con el manto, y contiene en ambas localidades el mismo tipo de frutos.

CONOS DE DESPRENDIMIENTO. En varias minas del área, la roca del techo está muy fracturada, y se presentan numerosos relieves planchados. Este fenómeno no solo se debe a fallas posteriores, sino también a la compactación penecontemporánea dispereja del sedimento. Particularmente en la Localidad 3 a menudo ocurren derrumbes, cayéndose los llamados tapones y resultando huecos en el techo de los cañones, las llamadas campanas de los mineros. En la mina "Don Evaristo" el mismo día de la visita del autor se había caído un "tapón", obstruyendo así el trabajo de los mineros. El "tapón" fue de forma bastante regular de una campana verticalmente comprimida de aproximadamente 2 m. de diámetro, notándose en su cima un círculo carbonoso de unos 20 cm de diámetro, aparentemente la huella de un árbol in situ. Tales "tapones" pueden llamarse conos de desprendimiento, conforme a su origen, que se ilustra en una serie de figuras (Lámina 8). La primera muestra un árbol vivo creciendo en una capa delgada de limo sobre turba. Las raíces todavía están en la superficie del suelo. La fig. 2 enseña el aumento del sedimento, acompañado todavía por crecimiento del árbol. En la fase 3 ya se ha acumulado tanto sedimento, que las raíces resultaron sepultadas a demasiada profundidad y el árbol se asfixió. Posiblemente ya en esta fase empezó la compactación dispereja del sedimento alrededor del árbol debido al halo más resistente en su base, reforzado por raíces. Sin embargo, es poco probable, que se haya formado un reliz cónico de mayor escala, antes de sepultarse completamente el tronco, que funcionó entonces como impedimento de la compactación de los sedimentos subsecuentemente acumulados (Fig. 4). Las Fig. 5 y 6 enseñan el cono de desprendimiento en su estado actual. Después de cierto tiempo, el tronco perdió su dureza por descomposición de la madera, y debido a la presión creciente del medio, también sufrió compresión vertical, reduciéndose su altura. Durante este proceso, terminado en la fase de la Fig. 5, se rellenó el interior del tronco con matriz limosa, que por supuesto penetró de arriba, comprimiendo la madera reblandecida. La madera se transformó primero en turba, y después en carbón, el cual aparece en el corte horizontal del cono como un contorno carbonoso. En la Fig. 6 se aisló la porción que forma el "tapón", que se cae al quitarse el apoyo por la extracción del carbón.

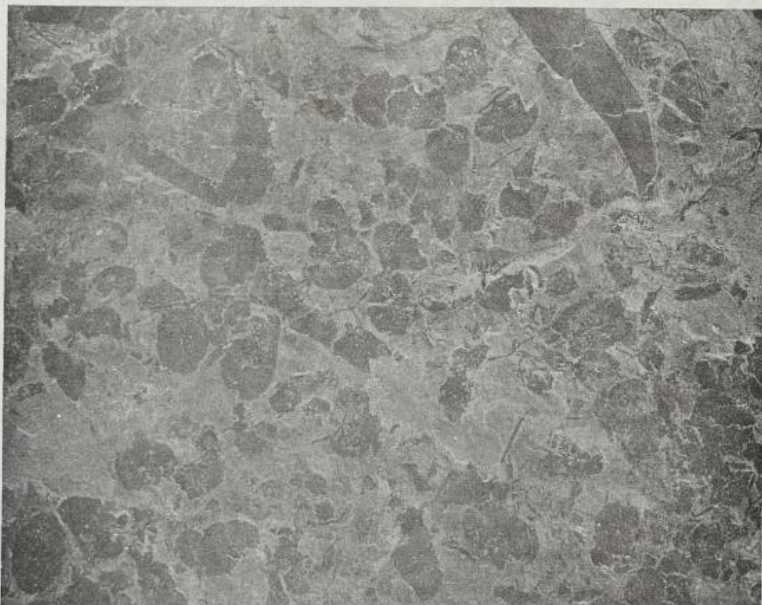


Fig. 1.- Salvinia, hojas y tallos. Tamaño natural. Localidad 4.

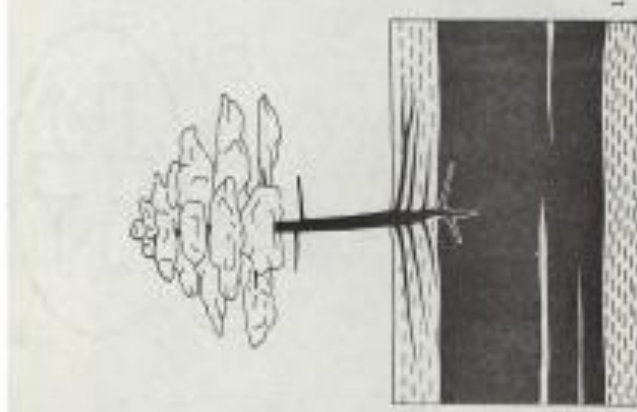


Fig. 2.- Raíces del muro del manto de carbón explorado en el tajo abierto "Saltillito". Tamaño natural. Localidad 14.

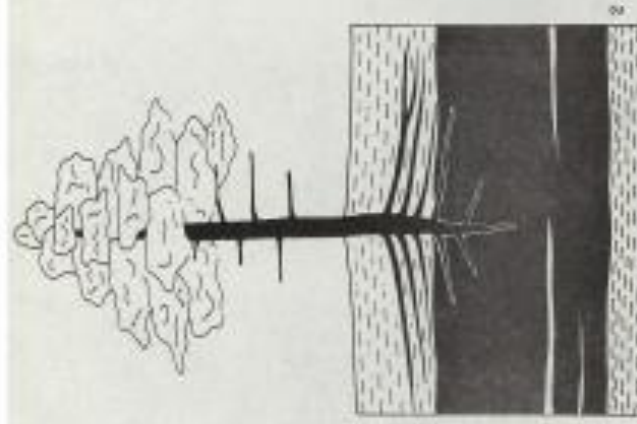
FOSILES VEGETALES

FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)

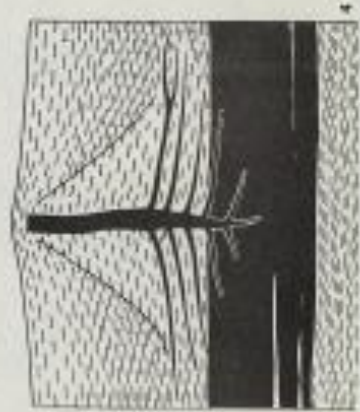
ZONA 1



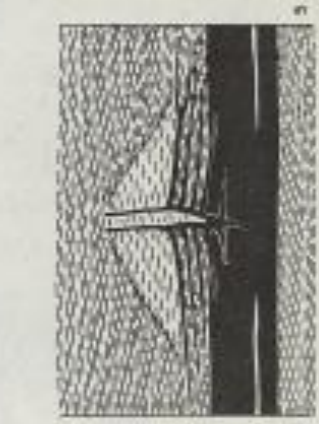
1



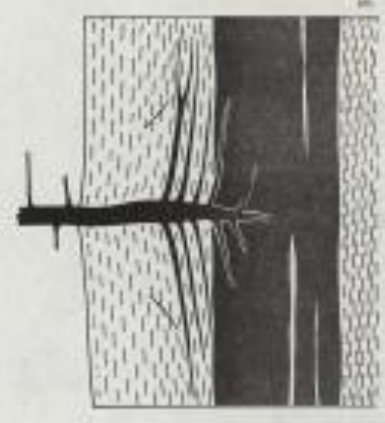
2



3



4



5

- LIMO SIN COMPACTACION
- LIMO COMPACTADO
- Ø LIMOLITA
- TURBA O CARBON



6

DESARROLLO DE UN CONO DE DESPRENDIMIENTO



Fig. 1.- Cono de desprendimiento, cara inferior con raíces y corte horizontal de tronco. (x 2/3). Localidad 4.

FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)

Es preciso mencionar que el reliz, que rodea los árboles *in situ*, no siempre tiene la forma ideal cónica de la Lámina, particularmente si corta la capa atravesada por las fuertes raíces secundarias horizontales (véase también Lámina 12). Sin embargo se observa generalmente, que entre el árbol y el reliz permanecen zonas cuneiformes de compactación por lo menos temporalmente reducida.

En la Localidad 4 se encontró un cono de desprendimiento pequeño de forma aproximadamente ideal, viéndose en ambas caras la huella del árbol. La cara inferior (Lámina 9, con escala de 5 cm ligeramente reducida) enseña el corte horizontal y transversal de la base del tronco con compresiones de raíces secundarias, que se extienden radialmente hacia fuera. Por lo tanto, esta cara del cono representa el suelo en que germinó y creció el árbol. En la cara superior (Lámina 10) el contorno del árbol se presenta bastante más amplio. Debido al reliz cónico que rodea el árbol, no es fácil observar el sedimento fuera del tronco en el corte horizontal. No obstante es obvio, que en este nivel hay pocas raíces, y probablemente ya se trata de sedimento depositado encima del suelo en que originalmente germinó el árbol.

SISTEMAS DE RAICES. En los techos de los tiros fosilíferos de las Localidades 1A y 4 se notan huellas de árboles *in situ*, cortados en diferentes niveles, así como amplios sistemas de raíces, que se extienden horizontalmente en los planos expuestos de la roca estéril. En particular los de la Localidad 4, en la mina "No. 6" en Nueva Rosita, son sumamente sugestivos por su gran tamaño y espléndida preservación (Lámina 11, 12). Las bases de los troncos, generalmente en un nivel un poco más alto que las raíces, se notan en forma de contornos carbonosos o de halos de alteración de la roca en el centro, del cual salen radialmente raíces secundarias a veces muy largas. La más larga que se observó, alcanza casi 5 m de largo. La descripción general siguiente, se refiere a la mayor parte de los sistemas. Algunos sistemas especiales, como el descrito arriba de las Láminas 9 y 10 aquí y ya no se toman en consideración.

Las raíces secundarias principales están poco ramificadas. En condiciones buenas de preservación se observan a lo largo de estas, numerosas raíces terciarias en forma de rayas carbonosas (Lámina 12, parte inferior de la fig.), que alcanzan 0.5 cm de ancho. Mientras que las raíces principales, como se mencionó arriba, se esparcen en un plano más o menos horizontal, las terciarias rodean a aquellas en todos los sentidos, lo cual pudo observarse en el sistema de la Lámina 12. Una de las raíces principales de este sistema llega hasta la pared lateral del socavón, donde la roca subyacente está cortada verticalmente. En este corte se notan las raíces terciarias saliendo radialmente en forma de un abanico y llenando toda la capa.

Cabe mencionar, que en la Localidad 14 B se encontró en los estratos encima del manto de carbón una base silicificada de árbol *in situ*, y además en la Localidad 11 un tronco en posición vertical en el corte del tajo abierto. Este último se presentó completamente convertido en carbón y rodeado por un reliz cónico, también cortado verticalmente.

Casi todas las observaciones expuestas se refieren a los sedimentos cercanos al contacto superior del carbón, por lo que corresponden a lugares, en que sobrevivía la vegetación después del depósito del manto principal de turba. Estos sedimentos, poco variables en grandes extensiones, normalmente presentan estratificación horizontal, y están constituidos por material detritico de grano fino en secuencias de espesor considerable. (Véase también el capítulo sobre la Formación Olmos). La ausencia de arenisca inmediatamente sobre el carbón en las localidades mencionadas en este capítulo demuestra la sedimentación en un cuerpo de agua estancada o de corrientes lentas, y el elemento detritico aparentemente fue de importancia subordinada. Por lo tanto dicha

vegetación debe haberse desarrollado en condiciones predominantemente lagunares, y no cabe duda, que se trató de bosques relativamente cerrados durante el depósito de la turba, e interrumpidos por grandes extensiones de agua abierta durante la sedimentación de las fangolitas de la Zona 1 de la Formación Olmos.

Esta interpretación también se corrobora por el hábito de los sistemas de raíces descritos. En ambientes pantanosos o lagunares los árboles tienen la tendencia de desarrollar raíces horizontales y superficiales rectas, siendo de poca importancia la raíz primaria vertical. Las terciarias suelen ser relativamente gruesas y tienen aerénquima, puesto que solamente así puede sobrevivir el árbol en el medio pobre en oxígeno.

EL MOSAICO DE LA VEGETACION. El lente fosilífero de la Localidad 4 se encuentra en un frente de explotación, por lo cual aún se desconoce su extensión horizontal completa. No obstante, puede asegurarse, que se trata de un área reducida, puesto que la roca del techo en la mina "No. 6" normalmente no contiene fósiles. Según Delgado (comunicación oral) durante la explotación de dicha mina se han descubierto varias áreas aisladas ricas en microfósiles vegetales, que hoy día son inaccesibles. Por las siguientes razones en general es poco probable, que se trate de lugares donde la corriente del agua concentró fragmentos alóctonos de plantas. En uno de estos lentes fosilíferos observó Delgado una palmera entera, con numerosas hojas que, tomando en consideración el ambiente de sedimentación antes caracterizado, probablemente se sepultó in situ. También en el lente fosilífero estudiado por el autor (Localidad 4), los fósiles son autóctonos, como lo demuestran los sistemas de raíces. Las condiciones predominantes en la parte de la laguna, donde hoy se trabaja la mina de Nueva Rosita no favorecieron el transporte de fragmentos vegetales en gran escala, concluyéndose que la ausencia de fósiles en el techo de la mayor parte de los cañones se debe a la ausencia de vegetación durante la sedimentación. Las áreas fosilíferas representan pequeñas islas arboladas seguramente muy poco elevadas sobre el nivel general de la laguna, rodeadas por el agua abierta.

El bosque de dichas islas fue cerrado y rico en especies. Entre los árboles hubo lugares con suelo seco, donde crecieron plantas herbáceas pobremente representadas en la colección por algunos helechos. Esta capa herbácea del interior de los bosques probablemente nunca estuvo bien desarrollada debido a la falta de luz y las inundaciones regulares del suelo. Los helechos se interpretan como plantas del suelo, en base a comparaciones con la vegetación en regiones tropicales y subtropicales actuales. Esta interpretación se respalda por la siguiente observación: en las arcillas de color beige intercaladas en el manto de carbón de varias minas (Localidades 1 B, 8) solamente se encontraron helechos. Dichas arcillas probablemente se depositaron muy rápidamente como resultado de lluvias intensas en la tierra firme colindante, sepultándose in situ la vegetación herbácea de helechos.

Indudablemente la vegetación de esas islas presentó un aspecto considerablemente diferente de las selvas costeras actuales, particularmente debido al papel muy importante de las coníferas, hoy día extintas sin excepción.

PLANTAS FLOTANTES DE AGUA DULCE. En la misma Localidad 4, donde se encuentran los sistemas de raíces ilustrados, se descubrió una capa con una comunidad vegetal muy característica, que permite detallar las ideas sobre la vegetación. Dicha capa pudo destaparse en una extensión de 20 m aproximadamente. Aparte de fragmentos grandes de árboles, ramas y particularmente hojas (hojas de palmeras hasta de 2 m de largo) están acumulados en ella numerosos restos de plantas herbáceas acuáticas, mereciendo especial interés entre ellas el género *Salvinia*. (Lámina 7, fig. 1).



Fig. 1.- Cono de desprendimiento. Cara superior con huella de tronco y reliz cónico. (X 2/3). Localidad 4.

FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)



Fig. 1.- Sistema de raíces en el cielo de tiro fosilifero de la mina "No. 6", Nueva Rosita. La foto se tomó casi verticalmente desde el piso del cañón, y abarca una parte de aproximadamente 2 x 1.5 m. del techo. Localidad 4.

FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)



Fig. 1.- Sistema de 4 raíces secundarias y otras terciarias en la parte inferior de la fotografía. La foto se tomó verticalmente desde el suelo del socavón; la marca de gis tiene 10 cm de largo. Mina "No. 6", Nueva Rosita. Localidad 4.
FORMACION OLMOS (MAESTRICHTIANO)

El género *Salvinia* hoy día distribuido preferentemente en países tropicales, no se encuentra normalmente en agua salobre o marina. Las otras herbáceas de esta capa, pese a no haberse clasificado aún, pueden determinarse como plantas acuáticas debido a la presencia de las raíces plumosas, que hoy día se observan comúnmente en las plantas flotantes.

Los tallos de las plantas acuáticas actuales generalmente son blandos, debido a la reducción del xilema y del esclerénquima. En los fósiles mencionados los tallos también muestran estos rasgos ecomorfológicos, a lo cual se debe su pobre preservación. En varios tallos se observa un haz vascular como raya oscura, que en relación con el ancho del tallo es muy delgado, lo que indica, que en la corteza había una capa de aerénquima de espesor considerable. La raya no siempre se encuentra estrictamente en el centro del tallo, que permite la conclusión, que la capa de aerénquima se descomponía durante la vida de la planta o después de su muerte, y que el haz se acomodaba libremente dentro del tubo formado por las capas exteriores más resistentes de la corteza. Este fenómeno se observa comúnmente en órganos sumergidos de plantas acuáticas, y se conoce en Paleobotánica en forma semejante en los apéndices de *Stigmaria* y las raíces de Calamites del Paleozoico y de Neocalamites del Mesozoico, que son plantas de ambiente pantanoso.

En términos generales, el tipo de plantas flotantes descrito, pertenece a la unidad sinecológica del macropleuston, que en la actualidad, según Hayek (1926), está estrictamente restringida a agua dulce tranquila. En aguas abiertas normalmente no se encuentran tales comunidades, debido a la acción del aire y del oleaje. Desde luego, es posible que de vez en vez se arrastren plantas del macropleuston a otros ambientes acuáticos; sin embargo, la gran cantidad de fósiles en la localidad demuestra que hubo condiciones óptimas para el desarrollo de dichas plantas en este lugar.

Resumiendo, sobre la comunidad de plantas flotantes se concluye lo siguiente. Dentro de los bosques o en sus límites había charcas de agua dulce y suficiente acceso de luz que permitieron el desarrollo de comunidades de plantas flotantes. En condiciones normales las plantas acuáticas de este tipo se descomponen rápidamente después de su muerte. Se considera probable, que la comunidad descrita se fosilizó debido a un período de sequía, durante el cual se retiró el agua de esa parte de la laguna, seguido de inmediato por nueva acumulación de sedimento.

EL PALEOCLIMA. Con respecto al paleoclima durante el depósito del doble manto y de los sedimentos suprayacentes aún no hay datos detallados. Sin embargo, el análisis ecomorfológico preliminar de las hojas de Dicotyledoneae ya permite algunas inferencias. Este método, desarrollado por Bailey y Sinnott (1915), parcialmente se basa en la representación proporcional de especies con margen entero dentro del número total de especies de hojas en una vegetación determinada. Debido al estado poco avanzado de la clasificación de la colección aún no se dispone del número de especies definitivo como base del cálculo. En este lugar solamente se comunica, que el porcentaje de las hojas de margen entero en el cálculo definitivo se encontrará entre los 75 y 80 por ciento. Este valor coincide mejor con los de Bailey y Sinnott (1915, p. 832) calculados para la vegetación de la India occidental y Nicaragua (76%), Egipto (77%), Africa Central suroriental (78%) y Brasil (79%), e indica clima tropical o subtropical.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus sinceros agradecimientos a todas aquellas personas e instituciones, que con su apoyo y ayuda colaboraron en la realización de este proyecto.

Particularmente se agradece al Ing. Diego A. Córdoba, Director del Instituto de Geología, por la autorización del programa, así como por las facilidades brindadas para efectuar el trabajo.

El trabajo en las minas de carbón fue posible gracias a los permisos de los Ings. L. C. Woodul y E. A. Serna de la ASARCO Mexicana, S.A., H. H. Pape, U. Deveze T. y J. Heitz Meyer de A.H.M.S.A. y Compañías asociadas y A. Backhoff de la Hullera Mexicana, S.A., a quienes especialmente hay que agradecer por alojamiento y alimentación en las Casas de Huéspedes de las Compañías respectivas, y por haber proporcionado al autor acompañantes y ayudantes para los trabajos en el interior de las minas.

Además, hay que dar las gracias al Ing. E.A. Serna de la planta Nueva Rosita de ASARCO Mexicana, S.A., por varios fósiles muy valiosos de la mina "No. 6", que fueron obsequiados al Instituto de Geología de la U.N.A.M.

Al Ing. J. Delgado H., de la Comisión de Fomento Minero en Sabinas, se dan las gracias más cumplidas por sus valiosos consejos así como por el permiso de publicar los datos sobre la madera fósil perforada por Pelecípodos de la localidad 5. Se agradece a los señores Dr. R. G. Bromley, del Instituto de Mineralogía y Geología, Universidad de Copenhague, Prof. Dr. W. Häntzschel, de Hamburgo y Prof. Dr. K. Mägdefrau, del Instituto de Biología, Universidad de Tübingen, sus comunicaciones referentes a estos fósiles.

Los Dres. Gloria Alencáster, Zoltan de Cserna e Ismael Ferrusquía, del Instituto de Geología, leyeron el manuscrito e hicieron comentarios y sugerencias, mismas que agradece el autor.

LITERATURA CITADA

- Bailey, I. W. y Sinnott, E. W. 1915.
A Botanical Index of Cretaceous and Tertiary Climates. Science, n. ser., vol. 41, p. 831-834.
- Berry, E. W.
The flora of the Cheyenne Sandstone of Kansas. U. S. Geol. Survey Prof. Papers 129-I (Shorter contributions to general geology, 1921), p. 199-231, lám. 46-61.
- Bose, E. y Cavins, O. A., 1927.
The Cretaceous and Tertiary of southern Texas and northern Mexico. Texas Univ. Bull. No. 2748, p. 7-142.
- Boureau, E., 1970.
Traité de Paléobotanique. Vol. IV, 1, . p., 378 fig. Paris, Masson.
- Burckhardt, C., 1930.
Etude synthétique sur le Mésozoïque mexicain. Seconde partie. Mém.Soc. Paléont. Suisse, vol. 50, p. 125-280, 33 fig., 7 tab.
- DíazCabral, E., 1968.
Informe final de la exploración efectuada en la Zona Carbonífera de Piedras Negras, Coahuila, en los años 1966 a 1968. Comisión Federal de Electricidad. Sección de Geología, Residencia de Estudios Carboníferos del Noreste. Informe 462, 21 p., anexos, 4 fig., 9 planos . No publicado.
- Hayek, A., 1926.
Allgemeine Pflanzengeographie. 409 p., 2 lám.
- Ojeda R., J., 1968.
Sabinas Coal Region Guidebook. GSA Field Trip No. 1: Geology of the Sabinas Coal Basin, Coahuila. Geol. Soc. America.
Pessagno, E. A. Jr. 1969.
Upper Cretaceous Stratigraphy of the Western Gulf Coast Area of Mexico, Texas and Arkansas. Geol. Soc. America, Memoir 111, 139 p., 60 lám. en bolsa.
- Read, R. W. y Hickey, L., 1972
A revised classification of fossil palm and palm-like leaves. Taxon, vol. 21, p. 129-137, 1 fig.
- Robeck, R. C., Pesquera V., R. y Ulloa A., S., 1956.
Geología y depósitos de carbón de la región de Sabinas, Estado de Coahuila. XX Congreso Geológico Internacional, México, 109 p., 2 fig., 9 tab., 13 lám.
- Rueda-Gaxiola, J., 1967.
Contribution a l'étude palynologique et pétrographique du charbon crétacé du Bassin de Sabinas. Coahuila. Mexique. Tesis de doctorado. Fac. Ciencias Univ. Lille. 3 vol., 408 p., bibliog., 31 fig., 20 lám., planos
- Vaughan, T. W., 1900.
Reconnaissance in the Rio Grande coal fields of Texas. U. S. Geol. Surv. Bull. 164, 100 p., tab., 9 fig., 11 lám.