

**Paleontología
de México**

**Plantas vasculares
fósiles**

**Alicia Silva Pineda
Blanca E. Buitrón S.**





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**PALEONTOLOGÍA DE MÉXICO
PLANTAS VASCULARES FÓSILES**

Alicia Silva Pineda
Blanca E. Buitrón S.

División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Departamento de Geología del Petróleo y Geohidrología

SILVA PINEDA, Alicia y Blanca E. Buitrón S.
*Paleontología de México. Plantas vasculares
fósiles*, México, UNAM, Facultad de Ingeniería,
1998, 93 p., ils.

Paleontología de México, plantas vasculares fósiles

Prohibida la reproducción o transmisión total o parcial de esta obra por cualquier medio o sistema electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información), sin consentimiento por escrito del editor.

Derechos reservados.

© 2000, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.

Primera edición, 2000
ISBN 968-36-8587-0

Impreso y hecho en México.

CONTENIDO

PÁG.

PRÓLOGO	i
CAPÍTULO 1. LOS FÓSILES VEGETALES	1
PETRIFICACIÓN	2
IMPRESIÓN	3
MOLDES	3
COMPRESIONES O INCRUSTACIONES	4
CARBONIZACIÓN.....	4
ROCAS QUE CONTIENEN FÓSILES VEGETALES	4
BIBLIOGRAFÍA	6
CAPÍTULO 2. PLANTAS VASCULARES	9
ORGANOGRAFÍA	9
BIBLIOGRAFÍA	12
CAPÍTULO 3. SISTEMÁTICA	13
División Tracheophyta (plantas vasculares)	13
Clase Rhyniopsida (plantas vaculares primitivas).....	13
Clase Psilopsida	13
Clase Zosterophyllopsida.....	14
Clase Lycopside.....	14
Clase Sphenopsida	18
Clase Filicopsida	21
Clase Cycadophyta	28
Clase Coniferopsida.....	40
Clase Gnetopsida	42
Clase Angiospermophyta (plantas con flores)	43
BIBLIOGRAFÍA	45
CAPÍTULO 4. FLORA PALEOZOICA DE MÉXICO	53
Formación Matzitzi	54
Formación Guacamaya	54
Formación Santa Rosa Superior	55
Formación Grupera	56
Formación Paso Hondo	56
Formación Ixtaltepec	57

Formación Olinalá-Los Arcos	57
CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
CAPÍTULO 5. FLORA TRIÁSICA DE MÉXICO	63
Unidades Estratigráficas del Triásico de México que contienen Flora	66
Formación Santa Clara	66
Formación Huizachal	67
Formación Todos Santos	68
BIBLIOGRAFÍA	70
CAPÍTULO 6. FLORA JURÁSICA DE MÉXICO.....	73
Formaciones jurásicas continentales de México que han aportado flora	77
Formación Rosario	77
Conglomerado Cualac.....	77
Grupo Tecocoyunca (formación Tecocoyunca)	78
Formación Tecomazuchil	79
Formación Huayacocotla	79
Formación Todos Santos	80
Formación La Casita	80
BIBLIOGRAFÍA	82
CAPÍTULO 7. FLORA CRETÁCICA DE MÉXICO.....	87
BIBLIOGRAFÍA	89
CAPÍTULO 8. FLORA TERCIARIA DE MÉXICO	91
BIBLIOGRAFÍA	92

PRÓLOGO

Este libro constituye la segunda de cuatro partes que conforman la obra titulada *Paleontología general*, propuesta por la División de Ciencias de la Tierra, con el propósito de apoyar a los planes de estudio de las asignaturas de paleontología, geología histórica, estratigrafía y micropaleontología que cursan los alumnos de la carrera de ingeniero geólogo.

La información que se publica sobre plantas vasculares fósiles de México es relativamente escasa, son pocas las localidades continentales con estos fósiles; debido a los procesos geológicos a que estuvo sujeto el territorio nacional invadido en su totalidad por agua. La información se encuentra en artículos de revistas especializadas y algunas obras monográficas antiguas.

El estudio de las plantas vasculares aporta datos acerca de la distribución de tierras y mares en el pasado geológico, climas que prevalecieron en determinadas épocas, evolución y extinción de los vegetales y en algunas ocasiones la edad de las rocas que los contienen. Una aplicación importante del conocimiento de las plantas fósiles es la explotación de yacimientos de carbón en la región septentrional de la Tierra, debido a la gran acumulación de restos fósiles de vegetales.

La obra comprende ocho capítulos. Los dos primeros contienen aspectos introductorios al estudio de las plantas fósiles; los capítulos tres y cuatro tratan la existencia de los diferentes grupos de plantas, desde su morfología y taxonomía, con ejemplos genéricos y específicos, con ilustraciones la mayoría de fósiles mexicanos. Se determina su distribución en el espacio y tiempo geológico. En los capítulos subsecuentes se resume información de plantas vasculares fósiles de México, en los diferentes periodos de las eras paleozoica, mesozoica y cenozoica. Cada capítulo tiene bibliografía actualizada en el tema, con énfasis en los trabajos sobre México.

Por otra parte, cabe mencionar que se agradecerán los comentarios o sugerencias que los lectores nos hagan llegar para mejorar el contenido de este material.

Se agradece a la Unidad de Apoyo Editorial de la Secretaría General de la Facultad de Ingeniería de la UNAM por la edición de la obra, especialmente a la Mtra. María Cuairán Ruidíaz, jefa del Departamento y a Andrea Ayala Hernández, quienes realizaron la revisión de

estilo; a Angélica Torres Rojas por la digitalización de figuras; a Juan Guillermo Hernández Martínez por la captura del texto, correcciones e inserción de figuras.

También se agradece a las Dras. Refugio Valdéz Gómez y Silvia Rivera Olmos por sus revisiones críticas al contenido de este material, así como al Ing. Delfino Hernández Láscars por habernos proporcionado una parte del material fotográfico que ilustra el contenido del libro.

Alicia Silva Pineda
Blanca E. Buitrón Sánchez

CAPÍTULO 1. LOS FÓSILES VEGETALES

La paleobotánica se encarga del estudio de los vegetales que vivieron sobre la tierra en épocas geológicas pasadas. Para el estudio de esta disciplina se debe tener conocimientos básicos de botánica, principalmente sobre morfología, anatomía y sistemática, así como de geología y estratigrafía, ya que los restos de vegetales fósiles se localizan en estratos de diferentes edades.

Los fósiles se usan para identificar unidades estratigráficas, también se utilizan para establecer correlaciones de rocas sedimentarias que pueden encontrarse a grandes distancias unas de otras; a éstos se les llama fósiles índice. Un buen fósil índice es aquel que es abundante y fácilmente identificado, con una amplia distribución geográfica y un alcance estratigráfico relativamente corto. Las plantas megafósiles usualmente son escasas y difíciles de identificar, tienen un alcance estratigráfico muy amplio y por esta razón son de mínimo uso como fósiles índice.

En el caso de las plantas es de gran importancia la presencia de unidades reproductoras, particularmente de esporas y granos de polen, estructuras que son estudiadas en palinología. Cuando dichas estructuras están presentes en los sedimentos es posible dar la edad relativa y posición de las rocas que las contienen. Pueden tener otras implicaciones importantes como ayudar a conocer el origen y las relaciones entre grupos de plantas, especialmente de gimnospermas y angiospermas.

Estudios paleoflorísticos intervienen en la interpretación de climas del pasado, así como del medio en que la vegetación tuvo su desarrollo. Una flora fósil puede estar constituida por elementos de bosques tropicales con climas cálidos y húmedos, o por una vegetación que floreció en climas templados o fríos, o bien por elementos que crecieron en áreas pantanosas, las cuales dieron origen a los depósitos de carbón.

El conocimiento de la flora del pasado es importante para la estratigrafía, ya que permite precisar qué plantas han sido características en los diferentes periodos de la escala geológica del tiempo. De la misma forma estudios paleobotánicos han permitido descubrir grupos de plantas extintas, las cuales probablemente tuvieron que ver con la aparición de los grupos de vegetales que hoy pueblan la superficie de la Tierra.

Los vegetales antiguos se presentan en forma muy fragmentaria, es decir, que se encuentran únicamente restos o partes de plantas, como troncos, hojas, semillas, frutos o flores, y se les llama fósiles vegetales. El estado fragmentario de los vegetales permite conocerlos sólo

parcialmente, por lo que se debe obtener el mayor provecho posible de los restos de los vegetales colectados. El tamaño de los fragmentos de vegetales fósiles está en relación directa con la distancia que han recorrido desde su lugar de origen hasta el sitio donde quedaron depositados para su fosilización. El material se conserva más fragmentario si ha sido transportado desde una mayor distancia.

En general, los vegetales al morir se desintegran o pierden parte de su organismo por la intervención de agentes destructores, como son la acción física o mecánica, química y biológica. Sin embargo, si los restos vegetales son cubiertos por un sedimento poco permeable quedarán protegidos, por lo que la acción destructora puede detenerse y los vegetales podrán fosilizar.

Los fósiles vegetales son más escasos que los fósiles animales porque su epidermis es blanda y, asimismo, debido a que es en la parte continental donde más abundan y también donde la fosilización es más difícil.

Los principales tipos de fósiles vegetales son: petrificación, impresión, moldes, compresiones o incrustaciones y carbonización.

PETRIFICACIÓN

Los tipos de fosilización más perfectos y frecuentes en los vegetales son las petrificaciones o permineralizaciones (reemplazamiento o recubrimiento por minerales).

La petrificación resulta cuando los restos de vegetales quedan cubiertos por agua con minerales disueltos, los cuales lentamente van reemplazando el material original. El agua donde se depositaron los vegetales debió ser tranquila, es decir, sin turbulencia (actividad mecánica nula) para que la petrificación se lleve a cabo. La petrificación puede ser silíceo o calcárea y constituye un tipo de fósil perfecto que permite observar estructuras originales con todo detalle, ya que no se destruye la forma original de los tejidos sino que se conservan como réplicas exactas del original.

La petrificación por silicificación tiene lugar cuando el material original se reemplaza o recubre por sílice. Este proceso suele preservar perfectamente todas las estructuras del vegetal, incluso las más delicadas, como ocurre con los troncos petrificados de las coníferas y palmáceas fósiles que conservan todos sus detalles histológicos. Las petrificaciones silíceas comprenden principalmente troncos y ramas, a veces de grandes dimensiones. En México es frecuente la presencia de troncos silicificados en formaciones continentales.

La petrificación por calcificación también es frecuente en vegetales; entre los ejemplos más comunes se mencionan las bolas de carbón, que consisten en masas de diferentes formas, frecuentemente redondeadas, localizadas en mantos de carbón. Están formadas por carbonatos

de calcio y magnesio, existiendo también piritización. Se les ha encontrado en el hemisferio norte en Europa y Estados Unidos.

Los fósiles conservados con más frecuencia en las bolas de carbón son flores y fructificaciones, algunas veces su estudio revela la existencia de vegetaciones exuberantes que se desarrollaron en climas húmedos durante el Carbonífero. Los carbonatos que forman este tipo de petrificaciones generalmente provienen del agua de mar que cubrió los depósitos con plantas, formando sobre ellas sedimentos marinos, pero pueden provenir de otras fuentes.

La piritización es un proceso de reemplazamiento molecular por pirita o marcasita, como consecuencia de la reacción del ácido sulfhídrico que resulta de la descomposición de los organismos y los compuestos de hierro contenidos en los sedimentos. Los vegetales, especialmente los encontrados en estratos hulleros, en algunas ocasiones, conservan detalles histológicos de una delicadeza sorprendente. Otros minerales que pueden formar petrificaciones de restos de vegetales son los fosfatos y sulfatos.

IMPRESIÓN

Las impresiones son los tipos de fósiles vegetales más comunes. Se forman cuando los sedimentos depositados sobre restos de vegetales se compactan, luego la materia orgánica desaparece al descomponerse, quedando su molde externo. Al compactarse los sedimentos no destruyen los rasgos grabados por el vegetal.

Cuando las estructuras son resistentes como las hojas de los vegetales y las fructificaciones, las impresiones son más fuertes y suelen estar reforzadas por una película de carbón, resultado de la reducción de los compuestos orgánicos.

Estos fósiles son de gran interés porque presentan rasgos morfológicos importantes, como el sistema de venación de las hojas o la forma, que pueden ser caracteres de valor taxonómico. Los primeros paleobotánicos emplearon sólo este tipo de fósiles y desarrollaron un sistema de clasificación artificial. Algunos de estos nombres genéricos se usan en la actualidad.

La impresión de madera, de tallos y de troncos, así como las semillas se conservan bien por el grosor de la cutícula. Los granos de polen y las esporas son estructuras que por su tamaño pequeño se preservan en perfecto estado. Una ciencia relativamente moderna es la palinología que estudia al polen y a las esporas fósiles, que son la clave para saber a qué plantas pertenecieron y cuál era el clima de la región.

MOLDES

Cuando un resto vegetal queda cubierto por sedimento de grano fino, más tarde se descompone y se pierde el material orgánico dejando un espacio en su lugar, este espacio se llena con otros sedimentos y se forma una réplica.

COMPRESIONES O INCRUSTACIONES

Las compresiones son semejantes a las petrificaciones, ya que se forman con el mismo proceso, sólo que en las compresiones no se mantiene la forma original de la planta como en el caso de las petrificaciones, sino que se modifica debido a la presión vertical de los sedimentos, esta deformación es más frecuente en troncos.

La compresión es un proceso de fosilización relativamente común en sedimentos de origen continental o costero, que se presenta en hojas y frondas principalmente de helechos, los cuales se depositan en forma paralela a los planos de estratificación y no se altera su morfología.

CARBONIZACIÓN

La carbonización es el proceso mediante el cual una sustancia orgánica, animal o vegetal rica en carbono como la celulosa y la quitina, se altera durante la fosilización por sucesivas reducciones químicas con desprendimiento de metano, anhídrido carbónico y agua, con la consiguiente concentración de carbono. Este proceso se produjo en los vegetales y afectó a grandes extensiones territoriales con plantas, particularmente durante el período carbonífero (hullero), dando lugar a la formación de depósitos de carbón de piedra.

ROCAS QUE CONTIENEN FÓSILES VEGETALES

La gran mayoría de las plantas fósiles se conservan en rocas sedimentarias, las cuales se originan en un ambiente acuático, por acumulación de partículas de diferentes tamaños provenientes de la erosión de otras rocas, que pueden ser ígneas, metamórficas o sedimentarias. La acción mecánica del viento, del agua, de congelaciones y descongelaciones, movimientos glaciares o erupciones volcánicas, ocasionan dicha acumulación.

Las rocas sedimentarias según el tamaño de sus partículas pueden ser de grano fino (lutitas y limolitas) o de grano grueso (arenisca y conglomerado). Entre las rocas sedimentarias que forman extensos depósitos están la caliza y la dolomita, depositadas en un medio marino y formadas por carbonatos secretados por algas verde-azules y bacterias.

El carbón es un mineral que se utiliza como combustible por lo que tiene una gran importancia económica, según su antigüedad geológica puede ser turba (Actual y Cuaternario), lignito (Mesozoico y Terciario) o antracita (Paleozoico). En secciones delgadas del carbón se observan estructuras vegetativas como fragmentos de madera o de cortezas de tallos, cutículas epidérmicas de hojas, algas, estructuras reproductoras como esporas y granos de polen; estas últimas son muy abundantes en carbón bituminoso. Las estructuras reproductoras han sido objeto de estudios palinológicos, y han aportado datos de suma importancia a la paleobotánica.

La diatomita es otra roca sedimentaria de color blanco, de grano fino y peso ligero, originada por la acumulación de sílice proveniente de vegetales y animales fósiles. Entre los vegetales que intervienen en su formación se tienen principalmente algas unicelulares llamadas diatomeas, abundantes en medios marinos o de agua dulce. Las diatomeas al morir dejan depositadas sus paredes celulares (frústulas), que son altamente resistentes por la presencia de sílice, en la superficie de lagos, mares y océanos, llegando a constituir la tierra de diatomeas, que al consolidarse origina la diatomita.

El ámbar es una roca semipreciosa considerada también como roca sedimentaria. Se origina por la resina de algunos vegetales, que ha sufrido varios cambios químicos durante el proceso de fosilización. La resina antes de fosilizar sirvió como trampa para insectos terrestres y voladores, así como para vegetales, entre ellos algas, flores antiguas, y otras partes de plantas; asimismo, estructuras reproductoras como esporas y granos de polen pudieron quedar incluidas en la resina principalmente del Terciario. La conservación de diferentes partes de organismos tanto de animales como de vegetales en el ámbar, ha sido de gran importancia para estudios sobre evolución.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREWS, H.N. 1961. *Studies in Paleontology*. New York, Wiley and Sons., 487 p.
- ANDREWS, H.N. 1963. "Early seed plants" *Science*, v. 142, p. 925-931.
- ARNOLD, C.A. 1947. *An Introduction to Paleobotany*. MacGraw-Hill, New York, 483 p.
- ARCHANGELSKY, S. 1970. *Fundamentos de paleobotánica*. Serie Técnica y Didáctica no. 11, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad de la Plata, Argentina, 347 p.
- AXELROD, D.I. 1960. "The evolution of flowering plants". In *The Evolution of Life*, ed. S. Tax. Chicago, University of Chicago Press, p. 227-305.
- BIERHORST, D.W. 1971. *Morphology of Vascular Plants*. Macmillan, New York, 560 p.
- BOLD, H.C. 1957. *Morphology of Plants*. Harper and Bros., New York, 669 p.
- CEVALLOS-FERRIZ, S. y SILVA-PINEDA. 1996. Boletín de la Sociedad Botánica de México, v. 58, p. 99-111.
- CRONQUIST, A. 1968. *The Evolution and Clasification of flowering Plants*. Boston Houhton Mifflin, p. 151.
- CRONQUIST, A. 1969. *Introducción a la Botánica*. Compañía Editorial Continental, S.A. (C.E.C.S.A.) México, D.F., 800 p.
- DARRAH, W.C. 1939. *Textbook of Paleobotany*. Appleton-Century, New York, 441 p.
- DARRAH, W.C. 1960. *Principles of Paleobotany*. Toland Press Company, New York, 295 p.
- DELEVORYAS, T. 1968. *Diversificación vegetal*. Compañía Editorial Continental, S.A., (C.E.C.S.A.) México, D.F., 193 p.
- JONES, D.L. 1994. *Cycads of the World*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 312 p.
- MAMAY, S.H. 1976. "Paleozoic origin of the cycads". *United States Geological Survey*. Profesional Paper, no. 934, p. 1-47.
- STEWART, W.N. 1983. *Paleobotany and Evolution of Plants*. Cambridge University Press, 405 p.

WEBER, Reinhard, 1994. *Perfil actual y perspectivas de la paleobotánica en México*. Boletín de la Sociedad Botánica de México, v. 55, p. 141-148.

CAPÍTULO 2. PLANTAS VASCULARES

Las plantas presentan diversos tipos de diferenciación, fundamentalmente son unicelulares y pluricelulares. Las primeras están formadas por una sola célula que desempeña todas las funciones propias de un organismo respiración, nutrición y reproducción; estas células se agrupan para formar colonias pero cada una conserva su individualidad. En las plantas pluricelulares las células están agrupadas y el conjunto de sus funciones tiene como finalidad la vida de todo el organismo. Existen dos tipos de organización en las plantas: las talofitas y las traqueofitas.

Las talofitas están constituidas por un conjunto de células poco diferenciadas que forman pseudotejidos, sin llegar a constituir órganos. En las talofitas quedan incluidas las plantas unicelulares. Algunos autores consideran que estos vegetales pertenecen a los reinos Monera y Protista. Las traqueofitas o plantas vasculares incluyen a vegetales terrestres caracterizados por poseer el cuerpo diferenciado en tres miembros: la raíz, el tallo y las hojas.

Estudios geoquímicos de capas anteriores al Precámbrico han evidenciado que existieron plantas en épocas muy remotas, aun cuando no se ha encontrado alguna estructura vegetal, sino únicamente evidencias indirectas de su existencia. Sin embargo, en depósitos de Noruega se colectaron organismos semejantes a algas con una edad aproximada de cuatro mil millones de años. Las plantas vasculares más antiguas, hasta ahora conocidas, se encuentran en rocas del Silúrico Medio al Devónico y presentan características muy primitivas.

Las plantas terrestres en algunas ocasiones soportan condiciones ambientales severas e inhóspitas, y en otras son muy sensibles a los factores ambientales, por lo que hay grupos de plantas completamente extintos mientras que otros se encuentran en vías de extinción. En la actualidad existen grupos de plantas que son más abundantes e importantes que en el pasado, ya que se han adaptado a casi todos los medios como sucede con las angiospermas, que a partir del Cretácico fueron abundantes. Durante el Terciario existió una explosión de estos vegetales y actualmente es un grupo completamente dominante.

ORGANOGRAFÍA

Las estructuras que constituyen el aparato vegetativo de las plantas vasculares son de tres tipos: un eje cilíndrico normalmente aéreo que es el tallo, órganos aplanados que son las hojas y un órgano cilíndrico subterráneo que es la raíz.

El tallo y la raíz son susceptibles de ramificar. La presencia de la raíz y un tallo implica la existencia de tubos llamados vasos conductores que permiten la circulación de líquidos por todas partes de la planta. Las plantas que presentan raíces y vasos se llaman traqueofitas.

La raíz constituye la extremidad inferior de los vegetales vasculares, situada normalmente por debajo del suelo, hacia donde se dirige, por lo que se dice que tiene geotropismo positivo. La raíz principal es de forma cilíndrica, aunque puede variar; de trecho en trecho emite raíces secundarias, las cuales también se ramifican. La raíz principal termina en un cono de color oscuro llamado cofia que da protección al meristemo apical de la raíz a medida que ésta se abre paso por el suelo. El meristemo apical produce nuevas células destinadas a formar parte de los tejidos primarios de la raíz.

La raíz es un órgano vegetativo que desempeña varias funciones importantes: se encarga de sostener a la planta en el suelo y es la primera parte de los vegetales jóvenes que establece contacto íntimo con el medio ambiente, permitiendo llevar elementos indispensables para la vida de la planta, como son agua y minerales solubles que absorbe del suelo. Las células epidérmicas forman protuberancias llamadas pelos absorbentes, con lo que aumentan la superficie de absorción. Las raíces pueden constituir órganos de reserva; en forma de tubérculos, se denominan tuberosas y se caracterizan por tener un volumen importante, en este caso la raíz primaria es dominante, se forma la raíz axonomorfa carnosa y se describe como sistema radical axonomorfo, por ejemplo la raíz de la zanahoria. Cuando las raíces secundarias son dominantes forman la raíz fibrosa carnosa y el sistema radical fibroso, por ejemplo la raíz de la dalia. Frecuentemente se forman pequeñas raíces en la parte alta del tallo constituyendo las raíces adventicias, como en el caso de la hiedra a la que le sirven para trepar en superficies verticales.

El tallo es la parte ascendente del cuerpo de los vegetales vasculares y tiene geotropismo negativo. Su forma generalmente es cilíndrica, presenta ramas y hojas; de las hojas modificadas resultan las estructuras reproductoras. Su crecimiento es vertical aunque puede inclinarse hacia cualquier punto del horizonte, puede ser simple o ramificado.

Por su consistencia son herbáceos o leñosos. Los tallos herbáceos tienen poca consistencia, ya que en ellos, todos los tejidos son primarios. Se piensa que el patrón de los tallos herbáceos se ha derivado evolutivamente del patrón de los leñosos, por reducción en la cantidad del tejido producido. Los tallos leñosos son duros, tienen tejido primario y secundario y se les llama arbustos o árboles.

Los tallos de árboles se ramifican a cierta altura y pueden alcanzar grandes dimensiones, algunos llegan a medir hasta 110 metros de altura, como es el caso del *Eucaliptus australiens*.

Existen tallos especializados como los tallos de las cactáceas que tienen hojas reducidas a espinas y almacenan grandes cantidades de agua, debido al clima desértico donde se

encuentran. Otro tipo son los tallos rastreros, los cuales son delgados y se desplazan en la superficie de la tierra formando raíces adventicias en las que crecen tallos erectos, llamados estolones. Los rizomas constituyen otro tipo de tallos carnosos subterráneos de donde nacen las hojas, generalmente reducidas y sin clorofila, como pequeñas escamas; algunos rizomas tienen partes engrosadas que se llaman tubérculos; el tubérculo de la papa es un tallo subterráneo que se desarrolla por medio de una yema rameal y forma un brote en crecimiento. Finalmente, los tallos trepadores, como su nombre lo indica, son aquellos que suben sobre otras plantas, rocas o paredes; tienen la tendencia de crecer erectos, pero no tienen la suficiente fuerza para hacerlo sin ayuda. Las plantas con tallos de este tipo se llaman enredaderas o lianas.

Las hojas son expansiones laterales del tallo o de sus ramas. Su crecimiento es limitado, su forma habitualmente es laminar y de simetría bilateral. Las hojas son casi siempre de color verde y su coloración se debe a un pigmento llamado clorofila que permite asimilar el gas carbónico contenido en el aire, algunas veces están desprovistas de ella.

Las hojas completas se componen de base foliar, peciolo y limbo. La base foliar une a la hoja con el tallo, el peciolo une al limbo con la base foliar y el limbo es la parte ensanchada de la hoja. Las hojas son simples cuando el limbo es reducido a una sola lámina y es compuesto cuando se forma por varias láminas, llamadas foliolos. La lámina está atravesada por un sistema de venas. La parte central de la hoja está comúnmente ocupada por un haz vascular que es el nervio medio, a partir del cual salen pequeños nervios o venas secundarias. El nervio medio se continúa con el cilindro vascular del tallo, formando de esta manera el tejido vascular de la hoja que consiste de xilema primario y floema primario.

Existen hojas especializadas que son a menudo muy distintas de las hojas ordinarias, ya que pueden desempeñar funciones adicionales a la fotosíntesis o reemplazarla. Las hojas especializadas sirven con frecuencia como órganos de almacenamiento, mecanismos de protección o soporte y como estructuras reproductoras.

Las hojas de algunas especies adaptadas a hábitats secos muestran comúnmente diversas modificaciones xeromórficas que tienden a conservar agua. En estas formas la cutícula es gruesa, los estomas se encuentran hundidos en la superficie foliar y las hojas son gruesas y carnosas, ya que almacenan un gran volumen de agua en sus células. Las escamas carnosas del bulbo de la cebolla almacenan agua y alimento que es utilizado por el tallo en floración. Las espinas constituyen hojas modificadas. Los foliolos de algunas plantas como en el guisante forman los zarcillos que son útiles en el sostén de la planta. Algunos miembros de la familia Crasulácea se propagan vegetativamente con sólo poner una hoja en el suelo de la cual brotan raíces que dan origen a una planta.

Una de las especializaciones de hojas más interesante es la de las hojas de plantas insectívoras. El género más conocido es *Drosera*, que presenta hojas verdes y fotosintéticas, y completan el suministro alimenticio usual, capturando, digiriendo y absorbiendo partes del cuerpo de algunos insectos, los cuales son digeridos por enzimas secretadas por las células de la hoja. Estas hojas tienen un gran número de pelos glandulares que se curvan sobre el insecto y lo cubren con una secreción musilaginosa digestiva.

BIBLIOGRAFÍA

ANDREWS, H.N. 1961. *Studies in Paleobotany*. New York, Wiley and Sons, 487 p.

ANDREWS, H.N. 1963. "Early seed plants". *Science, USA*, v. 142, p. 925-931.

ARNOLD, C.A. 1947. *An Introduction to Paleobotany*. MacGraw-Hill, New York, 483 p.

ARCHANGELKY, S. 1970. *Fundamentos de paleobotánica*. (Serie Técnica y Didáctica n. 11) Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad de la Plata, Argentina, 347 p.

AXELROD, D.I. 1960. "The evolution of flowering plants". In *The Evolution of Life*, ed. S. Tax. Chicago, University of Chicago Press, p. 227-305.

BIERHORST, D.W. 1971. *Morphology of Vascular Plants*. Macmillan, New York, 560 p.

BOLD, H.C. 1957. *Morphology of Plants*. Harper and Bros., New York, 669 p.

CRONQUIST, A. 1969. *Introducción a la botánica*. Compañía Editorial Continental, S.A. (C.E.C.S.A.) México, D.F., 800 p.

CRONQUIST, A. 1968. *The Evolution and Clasification of flowering Plants*. Boston Houghton Mifflin, p. 151.

DARRAH, W.C. 1939. *Textbook of Paleobotany*. Appleton-Century, New York, 441 p.

DARRAH, W.C. 1960. *Principles of Paleobotany*. Toland Press Company, New York, 295 p.

DELEVORYAS, T. 1968. *Diversificación vegetal*. Compañía Editorial Continental, S.A., (C.E.C.S.A.) México, D.F., 193 p.

JONES, D.L. 1994. *Cycads of the World*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 312 p.

MAMAY, S.H. 1976. "Paleozoic origin of the cycads". *United States Geological Survey. Profesional Paper*, no. 934, p. 1-47.

STEWART, W.N. 1983. *Paleobotany and Evolution of Plants*. Cambridge University Press, 405 p.

G

CAPÍTULO 3. SISTEMÁTICA

División Tracheophyta (plantas vasculares)

Clase Rhyniopsida (plantas vasculares primitivas)

Las Rhyniales incluyen a las plantas que existieron en el Silúrico y Devónico. Son plantas herbáceas; el tallo es un eje dicotómicamente ramificado, y sin hojas. Las estructuras reproductoras o esporangios se encuentran en la parte terminal de las ramas y son de forma elipsoidal con numerosas isosporas. Entre ellas se citan los géneros *Rhynia*, *Horneophyton*, *Cooksonia* y *Renalia*.

Rhynia es el género más importante de Rhyniopsida por su aspecto primitivo, el cual llena los requisitos de un prototipo ancestral de las plantas vasculares. El tallo es un eje ramificado dicotómicamente, con un rizoma horizontal provisto de rizoides y ramas aéreas. Carece de hojas y los esporangios nacen en los ápices de las ramas. Los tallos son protostélicos con el xilema central rodeado de un floema rudimentario. Una de las especies más representativas es *Rhynia major*.

Horneophyton es otro fósil característico de los yacimientos Rhynie Chert, en Escocia, aunque es similar en hábito a *Rhynia*. Presenta el eje subterráneo, tuberoso (corto y engrosado), sin sistema vascular y los esporangios comúnmente divididos en la base por una columela.

Cooksonia comprende plantas vasculares primitivas con gran semejanza a *Rhynia*. Tiene un eje vascular central compuesto por traqueidas anulares. El tallo es pequeño de pocos centímetros de alto, ramificado dicotómicamente, desnudo y con esporangios terminales reniformes.

Renalia es un género nuevo de Rhyniopsida del Devónico Inferior que se caracteriza por tener el eje pequeño, de 20 cm de alto, dividido más o menos en forma dicotómica, con ramas cortas terminadas en esporangios redondos o reniformes.

Clase Psilopsida

Las psilofitas son plantas vasculares, provistas de rizoma ya que no tienen raíces. El esporofito consiste en un tallo ramificado dicotómicamente desnudo o con espinas. En las formas actuales

el gametofito y el esporofito maduros son fisiológicamente independientes entre sí; los anteridios y arquegonios que constituyen las estructuras reproductoras son multicelulares. Originalmente se citaron dos órdenes: Psilophytales y Psilotales; el primero comprende los fósiles y el segundo es el único grupo que tiene representantes vivientes; consta de dos géneros: *Psilotum* y *Tmesipteris*. Estos géneros tienen características primitivas como Rhyniopsida. Estudios recientes muestran un gran parecido entre *Psilotum* y *Stromatopteris* género de un helecho, sin embargo se señala que el helecho es leptosporangiado y tiene raíz, mientras que *Psilotum* es eusporangiado y no tiene raíz.

La primera psilofita estudiada fue *Psilophyton*, género semejante a *Psilotum*, el cual se descubrió en rocas del Devónico Medio, cerca de Aberdeen, Escocia en los yacimientos del Rhynie. El género *Psilophyton* ha sido redefinido y parece difícil conservar el nombre de este género. Los rizomas atribuidos originalmente a *Psilophyton* se han identificado como *Taeniocrada*, los ejes espinosos, como esporangios laterales del tipo de licopodios han sido transferidos a las Zosterophyllales.

Clase Zosterophyllopsida

La clase Zosterophyllopsida comprende fósiles que se pueden interpretar como ancestros de la clase Lycopsidea, entre ellos el género *Zosterophyllum*, planta herbácea con rizoma rastrero y ramificado; el tallo es erecto, simple o ramificado dicotómicamente. Esporangios reniformes, agrupados en racimos en la parte terminal de las ramas. Fósil característico del Silúrico Superior al Devónico Inferior. Algunos autores consideraron este género dentro de la clase Psilopsida, actualmente pertenece a la clase Zosterophyllopsida.

El orden Asteroxylales comprende plantas que se consideran transicionales entre las clases Zosterophyllopsida y Lycopsidea. El género *Asteroxylon* es un fósil de tallos con ramas dicotómicas, cubierto por pequeñas hojas rudimentarias, como escamas y desprovistas de venas. El rizoma es rastrero y carece de rizoides, se ramifica repetidamente hacia abajo, indudablemente funcionó como órgano de fijación y absorción, pero difícilmente se pueden considerar como raíces.

Asteroxylon es un fósil conocido de los yacimientos de Rhynie Chert en Escocia y en depósitos del Devónico de Alemania. Esta planta es más compleja que *Rhynia* y *Horneophyton*, y se ha considerado dentro de la clase Lycopodiopsida por algunos autores, ya que parece ser la unión entre las zosterofiláceas y los licopodios.

Clase Lycopsidea

Es un grupo que en la actualidad está relativamente poco representado, mientras que en el pasado geológico fue abundante, en especial durante el período Carbonífero, donde alcanzó su

floreamiento, llegando a ser árboles de tallas gigantescas que formaron verdaderos bosques durante este periodo.

Los licopodios son las plantas más evolucionadas de la clase, están provistas de raíces, tallos y hojas. El esporofito es conspicuo y el gametofito pequeño y a menudo subterráneo. Las hojas pueden estar insertadas en los tallos tanto en forma espiralada como verticilada. Hojas estériles y fértiles similares, que a menudo se encuentran formando estróbilos. La clase Lycopsidea consta de seis órdenes: Lycopodiales, Selaginellales, Lepidodendrales, Protolepidodendrales, Lepidocarpaceas e Isoetales, con varios géneros.

El orden Lycopodiales se conoce desde el Paleozoico y tiene representantes actuales. El género más representativo es *Lycopodium*. Se caracteriza por ser una planta herbácea con tallos rastreros o erguidos con divisiones dicotómicas, hojas dispuestas en el tallo en forma espiralada.

Lycopodium comprende cerca de 600 especies. Las raíces se dividen dicotómicamente. Entre las hojas o en los extremos de las ramas se forman los estróbilos que son hojas modificadas. Se han citado impresiones y compresiones de vegetales herbáceos muy semejantes a las formas actuales de *Lycopodium*. Se conocen desde el Carbonífero, principalmente en el hemisferio norte, con el nombre genérico de *Lycopodites*.

Del orden Selaginellales se conoce la familia Selaginellaceae desde el Carbonífero. El género *Selaginella* es una planta herbácea, rastrera, con raíces y tallos divididos dicotómicamente, hojas fértiles agrupadas en estróbilos, generalmente dispuestas en la parte terminal de las ramas. El único género moderno de Selaginellales es *Selaginella* con 500 especies aproximadamente, la mayor parte de ellas se encuentran en regiones tropicales y húmedas. Los restos fósiles semejantes a este género se conocen como *Selaginellites* a partir del Carbonífero.

El orden Protolepidodendrales existió sólo en el Devónico y Carbonífero. Son plantas que alcanzan medio metro de altura con tallos cubiertos por hojas rudimentarias en forma de espinas.

El género más representativo es *Protolepidodendron*, característico del Devónico Inferior y Medio, con los tallos en parte rastreros y en parte erguidos, no muy altos, alcanzan hasta medio metro de altura. Los esporangios se encuentran en las axilas de las ramas y las hojas. Las hojas son bifurcadas en sus ápices.

Baragwanathia es una de las primeras plantas terrestres que había sido datada del Silúrico, posteriormente se le ha considerado del Devónico Inferior de Australia. Los tallos de esta planta alcanzaron alrededor de 60 cm de largo, cubiertos de hojas alargadas y delgadas, dispuestas en espiral. Los esporangios situados en las axilas de las hojas tienen isosporas. La posición sistemática de *Baragwanathia* es aún poco precisa, pero se considera dentro de las lepidofitas primitivas.

El orden de las Lepidodendrales es un grupo de gran importancia. Consta de vegetales fósiles conocidos desde el Devónico Superior hasta el Pérmico, alcanzando su florecimiento durante el Carbonífero. Los esporofitos de estas plantas son arborescentes, los tallos con crecimiento secundario, y divisiones dicotómicas. Los rizomas o tallos subterráneos están muy desarrollados y dicotómicamente divididos. Las hojas son lineales con un nervio central. Este orden comprende varios géneros bien estudiados correspondientes a cuatro familias; Lepidodendraceae, Sigillariaceae, Botrodendraceae y Pleuromeiaceae.

El género *Lepidodendron* se caracteriza por presentar la corteza del tallo ornamentada con las cicatrices dejadas por las bases de las hojas, las cuales están dispuestas en espiral; las cicatrices son de forma romboidal o alargadas en el sentido longitudinal del tallo, a estas marcas se les llama cojinetes foliares. Las hojas de *Lepidodendron* son largas y angostas, algunas veces alcanzan hasta 15 cm de largo y con una sola vena central. La superficie del tallo cubierta por las cicatrices dejadas por las hojas, que se desprendían después de alcanzar su madurez, indica la posición que éstas tenían.

En México se han encontrado ejemplares fósiles de Lepidodendrales en estratos del Paleozoico Superior de la región de Tehuacán, Puebla; en la Formación Matzitzi, de donde se conocen numerosas impresiones de troncos que fueron determinados como *Lepidodendron* y *Sigillaria*, véase figuras 3.1, 3.2. De estratos del Pérmico del estado de Guerrero se citaron raíces de Lepidodendrales.

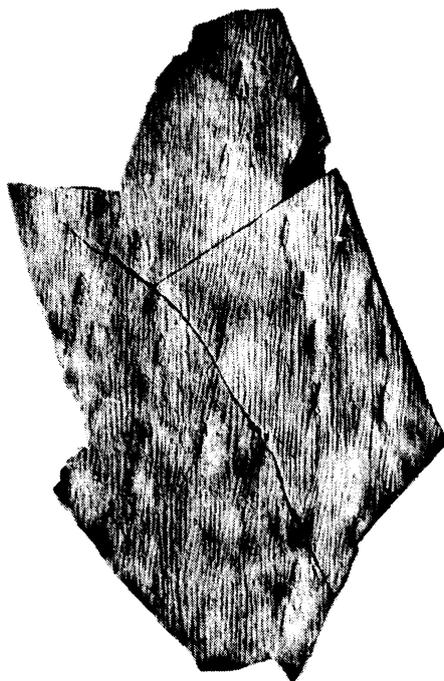


Figura 3.1 Fragmento de corteza de una lepidodendral mostrando las marcas de las hojas, proveniente de la Formación Matzitzi (Paleozoico Superior) del estado de Puebla (tomado de Silva-Pineda, 1970)

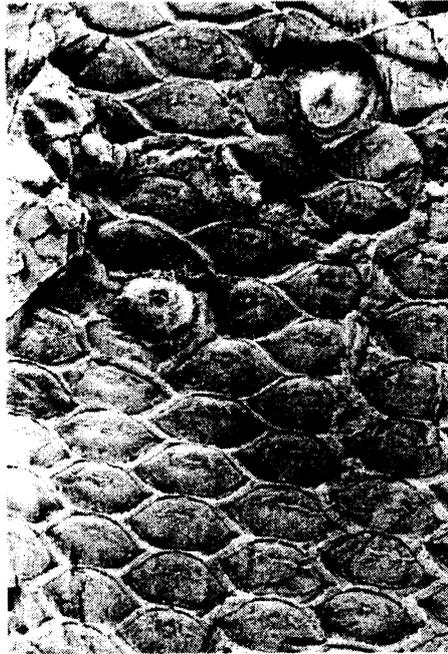


Figura 3.2 Fragmento de corteza de una lepidodendral, *Sigillaria* sp., mostrando las cicatrices dejadas por la base de las hojas en la corteza del tronco. Paleozoico Superior de la Formación Matzitzi en el estado de Puebla (cortesía del Ing. Delfino Hernández-Láscares de la Universidad Autónoma Metropolitana)

El género *Lepidophloios* es semejante a *Lepidodendron*, únicamente difiere en la forma de los cojinetes foliares que también son rómbicos, pero extendidos en sentido transversal al eje longitudinal del tallo. Este género junto con *Lepidodendron* vivieron principalmente en la provincia paleoflorística euroamericana. En América del sur, en la región de Gondwana durante el Carbonífero y Pérmico se conocen numerosas impresiones de licopodios arborescentes.

Los representantes de *Lepidostrobos* tienen estructuras reproductoras cilíndricas u ovaladas, con un eje central donde se disponían los esporófilos, los esporangios estaban dispuestos en el sector horizontal del esporófilo. Los estróbilos son isosporados o heterosporados.

Sigillaria presenta la corteza lisa o longitudinalmente acanalada. Las marcas foliares son redondeadas o hexagonales dispuestas longitudinalmente en el tronco. Las cicatrices foliares están separadas por crestas verticales en el tallo. El tronco por lo común no es ramificado, sino que las hojas nacen en un gran manojo en su parte final. Las hojas son largas, algunas veces tienen más de un metro de largo y en algunos casos con dos venas paralelas en lugar de una como casi todas las *Lepidodendrales*. Las raíces de *Sigillaria* son semejantes a las de *Lepidodendron*. Cuando el sistema de raíces se encuentra aislado de los troncos de las *Lepidodendrales* recibe el nombre genérico de *Stigmaria*. El nombre genérico de los conos de *Sigillaria* es *Sigillariostrobus*.

Sigillaria es un género que está presente en la Formación Matzitzi, en la región de Tehuacán, y en la Formación Patlanoaya en Puebla. Son los únicos afloramientos en México de donde ha sido citado.

Bothrodendron es otro género común del orden Lepidodendrales. Son árboles ramificados dicotómicamente que presentan una corteza con cicatrices foliares, espaciadas en las ramas adultas y más cercanas en las ramas jóvenes, hojas pequeñas con un solo nervio. Los estróbilos reciben el nombre genérico de *Bothrostrobis*. Se conocen desde el Devónico Superior al Carbonífero.

Otro representante del orden Lepidodendrales, es *Pleuromeia*. Son árboles pequeños, rectos no ramificados, con hojas lanceoladas y alargadas, cicatrices foliares elípticas, ensanchadas y estróbilos terminales. *Pleuromeia* es el único género de la familia Pleuromeiaceae. Se les conoce en el Triásico Inferior y Medio de Eurasia.

El orden Isoetales comprende varios géneros fósiles y vivientes pertenecientes a una sola familia Isoetaceae. El género viviente más representativo es *Isoetes*. Consta de 80 especies aproximadamente. Viven en charcas, lagos, o arroyos de escaso caudal o en lugares pantanosos. El tallo es corto y engrosado, tiene rizomas con rizoides dicotomizados. Las hojas son delgadas y largas, agrupadas y en espiral. Se conocen a partir del Cretácico. El representante más antiguo es el género *Nathorstia* del Cretácico Inferior de Sajonia.

Clase Sphenopsida

Las arthrofitas son plantas vasculares que en la madurez presentan el gametofito y esporofito fisiológicamente independientes uno del otro, pero el gametofito es pequeño e inconspicuo. Los tallos y ramas así como las raíces son articulados y estriados longitudinalmente. Las hojas son verticiladas. Este grupo consta de cuatro órdenes: Hyenales, Sphenophyllales, Calamitales y Equisetales.

Las Hyenales son plantas herbáceas con tallos rastreros de donde salen pequeños tallitos erguidos simples o dicotómicos. El género más representativo es *Hyenia*, citado del Devónico Medio de Europa. Es una planta herbácea que mide hasta 20 cm de alto, formada por un tallo rastrero que lleva ramas pequeñas simples o dicotómicamente ramificadas. Las hojas se

encuentran en la parte superior de las ramas en verticilos. Se ha descrito del Devónico Medio. En México hasta ahora no ha sido citado.

El orden Sphenophyllales presenta un grupo de vegetales que se conocen desde el Devónico Tardío y se extinguieron a fines del Pérmico, su presencia en el Triásico es dudosa. La familia mejor caracterizada es Sphenophyllaceae y el género más representativo es *Sphenophyllum* que se caracteriza por tener tallos rastreros y delgados que alcanzan alrededor de 1 cm de grueso, divididos en nudos y entrenudos. Las hojas tienen más o menos forma de abanico con el borde dentado y con una vena dividida dicotómicamente, salen en verticilos de los nudos. Las estructuras fértiles están formadas por largos estróbilos. Este género se encuentra en rocas del Devónico Inferior hasta el Triásico y alcanzó un gran desarrollo durante el Carbonífero Tardío y Pérmico Temprano. No se conocen descendientes modernos del orden Sphenophyllales, véase figura 3.3.

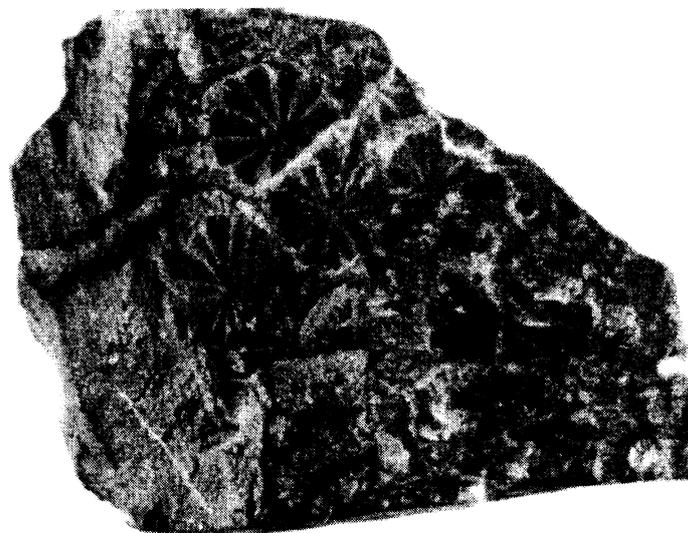


Figura 3.3 Verticilo de la Sphenopsida *Anularia radiata*. Pensilvánico de EUA

El orden Calamitales está formado por vegetales fósiles, los cuales se conocen desde el Devónico Tardío hasta el Pérmico Temprano; alcanzaron su máximo florecimiento durante el Carbonífero. Una de las familias más caracterizada es Calamitaceae, cuyos representantes eran arborescentes y llegaron a medir hasta 10 metros de altura. El género más importante es *Calamites* que tiene troncos gruesos, altos, con surcos y costillas externas. Nudos y entrenudos en tallos, ramas y raíces. Anatómicamente presenta una amplia médula que en los nudos se encontraba formando tabiques transversales llamados diafragmas nodales. Las hojas forman

verticilos en los nudos, son acintadas, lanceoladas, uninervadas y libres. Las estructuras fértiles constan de estróbilos con heterosporia.

Se conocen numerosas especies de *Calamites* en todo el mundo, en algunos casos se citan formas completas, pero es más común encontrar partes sueltas de las plantas y se les asignan nombres genéricos distintos, principalmente a las hojas y estróbilos. Este género vivió del Carbonífero Temprano al Pérmico.

En México se conocen algunas especies de *Calamites* en estratos del Pérmico de la Formación Matzitzi, cerca de Tehuacán, Puebla y en la Formación Patlanoaya del mismo estado, véase figura 3.4.

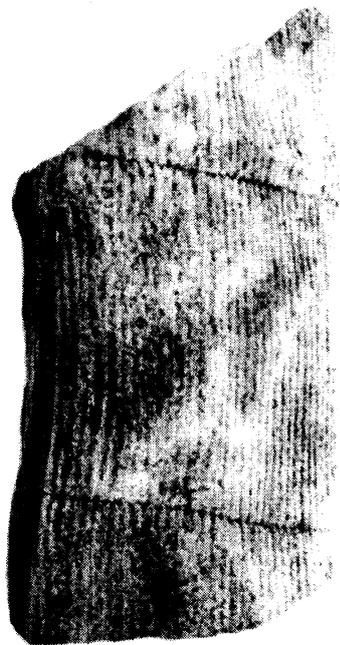


Figura 3.4 Fragmento de tronco de *Calamites* sp., mostrando nudos y entrenudos. Paleozoico Superior de la Formación Matzitzi de Puebla (tomado de Silva-Pineda, 1970)

El orden Equisetales está representado en la actualidad únicamente por el género *Equisetum*. A las formas fósiles se les había dado el nombre genérico de *Equisetites*. El género *Equisetum* está representado por plantas herbáceas poco ramificadas, con la superficie del tallo ornamentada con surcos y costillas, los cuales son alternantes al pasar por los nudos. Las hojas son verticiladas, pequeñas, con un solo nervio, unidas por sus bordes laterales formando una

vaina y quedando la parte terminal libre y aguda. Los estróbilos se encuentran al final del tallo. En la corteza de los tallos hay células silíceas.

Equisetum se conoce a partir del Pérmico, es frecuente durante todo el Mesozoico. En México está presente en rocas jurásicas de Oaxaca y Puebla. El único representante actual de las Equisetales se restringe a lugares muy húmedos, en las orillas de los lagos, de ríos o lugares pantanosos, véase figura 3.5.



Figura 3.5 Fragmento de tallo de *Equisetum rajmahalense* Oldham y Morris, mostrando las pequeñas hojas que forman la vaina foliar. Jurásico Medio de la Formación Tecomazúchil en el estado de Puebla (tomado de Silva-Pineda, 1978)

Clase Filicopsida

Esta clase comprende a los helechos, que constituyen un conjunto de vegetales representados por varias familias tanto recientes como fósiles, ya que en el pasado geológico formaron importantes asociaciones paleoflorísticas desde el Paleozoico. Son plantas vasculares con raíces, tallos y hojas alternas. Las hojas son frondas, el gametofito y el esporofito son fisiológicamente independientes uno del otro en la madurez, el gametofito es pequeño e inconspicuo. Los esporangios son numerosos y se encuentran en las hojas.

Los helechos se encuentran en una gran variedad de hábitats y climas, pero la mayoría de ellos viven más bien en lugares sombreados y en climas húmedos de regiones tropicales o subtropicales. Hay helechos arborescentes, algunos alcanzan una altura de más de 20 m, con un tronco de 60 cm de grueso. A menudo el tallo está representado por un rizoma que es subterráneo de donde se forman las hojas.

Las ramas de un helecho se originan en forma característica por bifurcación del meristemo o célula apical, éstas pueden tener ramificación dicotómica o más comúnmente ramificación lateral. Cuando la ramificación es dicotómica, se forma una hoja exactamente debajo de la dicotomía; en la ramificación lateral, la rama lateral nace a un lado de la hoja. En los helechos el cilindro vascular más primitivo es el protosteles, en el cual el centro sólido de xilema está parcial o totalmente rodeado de floema.

La raíz del esporofito de un helecho maduro es adventicia, es decir se origina del tallo. Las raíces son más bien pequeñas y fibrosas, simples o ramificadas.

Las hojas de los helechos se componen de un peciolo basal que es el peciolo y una lámina extendida, en algunos es simple, es decir está constituida por una sola hoja y en muchos está compuesta, por varias partes. El peciolo se continúa con el raquis o eje principal de la lámina foliar y los segmentos primarios o foliolos se forman como ramas laterales del raquis. Las hojas de este tipo se llaman pinaticompuestas. Las ramas laterales de una fronda son las pinas o pinas primarias y los últimos segmentos se llaman pínulas.

Las hojas de muchos helechos son más complejas anatómicamente que las de otras pteridofitas. Las venas de las hojas pueden dividirse, a veces forman una red y la venación es reticulada, pero a menudo no hay conexiones y la venación es libre o abierta.

Los esporangios de los helechos generalmente se disponen en las hojas o en apéndices asociados con las hojas, y están agrupados en soros. Un soro típico tiene el tamaño de una cabeza de alfiler, comúnmente se encuentran en la superficie inferior de la hoja o esporófila, y a menudo en los extremos de algunas de las últimas venas o en ocasiones son marginales. Los puntos pardos que pueden observarse en la cara inferior de las hojas de los helechos actuales son los soros. En otros casos como en el orden Ophioglossales los esporangios se forman en una espiga fértil que se proyecta en la cara superior de la hoja.

Los helechos comprenden varios órdenes: el orden Protopteridales es un grupo de fósiles del Devónico y Carbonífero, son helechos muy primitivos que tienen semejanza con las psilofitas. *Protopteridium* es uno de los géneros principales del que se conocen impresiones y compresiones procedentes de rocas del Devónico de Europa, Asia y Norteamérica. El tallo de este género se ramifica lateralmente y las ramas son dicotómicas. Algunas de las ramas pequeñas llevan esporangios terminales. La estructura interna de *Protopteridium* se desconoce.

El orden Coenopteridales constituye un grupo grande y diverso de helechos fósiles provenientes de rocas del Devónico Medio al Pérmico. Algunos de los géneros más representativos son *Stauropteris* y *Botryopteris*.

El género *Stauropteris* comprende plantas erguidas, con raquis principal de varios centímetros de grueso. Los esporangios eran eusporangiados, es decir formados por varias capas de

células. Sólo se conocen dos especies de este género, una isosporada y otra heterosporada. *Stauropteris* de la familia Stauropteridaceae exclusiva del Carbonífero.

El género *Botryopteris* pertenece a la familia Botryopteridaceae. Las fructificaciones están compuestas de esporangios agrupados a manera de sinangios, y son eusporangiados.

Del orden Cladoxylales se reconoce la familia Cladoxylaceae que vivió desde el Devónico Medio hasta el Carbonífero Temprano, comprende un solo género con varias especies, entre ellas *Cladoxylon*, planta arbustiva, con tallos gruesos divididos dicotómicamente y hojas en inserción helicoidal. Los órganos fértiles están compuestos por láminas en forma de abanico, con esporangios ovales en sus márgenes distales. Este género se conoce principalmente con base en petrificaciones.

El orden Ophioglossales constituye un pequeño grupo de helechos modernos, los cuales tienen características primitivas. Se conocen únicamente tres géneros: *Helminthostachys* con una sola especie restringida a la región Indomalaya, *Botrichium* con 23 especies aproximadamente y *Ophioglossum* con cerca de 25 especies, que es el género más representativo y difiere de los otros helechos en que tienen los esporangios en una espiga fértil que se proyecta en la superficie superior de la hoja. Las hojas de *Ophioglossum* son simples o someramente hendidas, tiene venación reticulada. No hay fósiles.

El orden Marattiales con la familia Marattiaceae, tiene representantes arborescentes o arbustivos. Las hojas son pinadas, con venación abierta, a veces reticulada. Los géneros vivientes más importantes son *Marattia* y *Danaea* y entre los fósiles *Marattiopsis* y *Asterotheca*.

Marattiopsis presenta frondas pinadas, las pinas con márgenes enteros o aserrados. La vena media es gruesa y las venas laterales son simples o dicotómicas llegan hasta el margen. Los sinangios ovales están dispuestos a lo largo de cada una de las venas laterales, cerca del margen. Es un género que se extiende desde el Pérmico Tardío hasta el Triásico Tardío y es cosmopolita.

Asterotheca pertenece a la familia Asterothecaceae, y al orden Marattiales. Las frondas están varias veces pinadas, con pinas alargadas o lanceoladas y pínulas pecopterídeas, con márgenes paralelos, provistos de una vena media y venas laterales simples, divididas dos o tres veces. Las pinas fértiles son semejantes a las estériles. *Asterotheca* tiene un alcance estratigráfico más amplio del Carbonífero al Triásico, con una extensa distribución geográfica.

Bajo *Pecopteris* se clasifican los helechos con frondas pinadas varias veces, con pínulas unidas al raquis en todo el ancho de su base; el ápice es redondeado, el nervio medio bien marcado llega hasta casi el ápice los nervios secundarios forman ángulos rectos o agudos con el nervio medio y se dividen o son simples. Su distribución es amplia y se les conoce del Carbonífero al Pérmico. En México se citan del Carbonífero Superior de la región de Tehuacán, Puebla, véase figura 3.6.

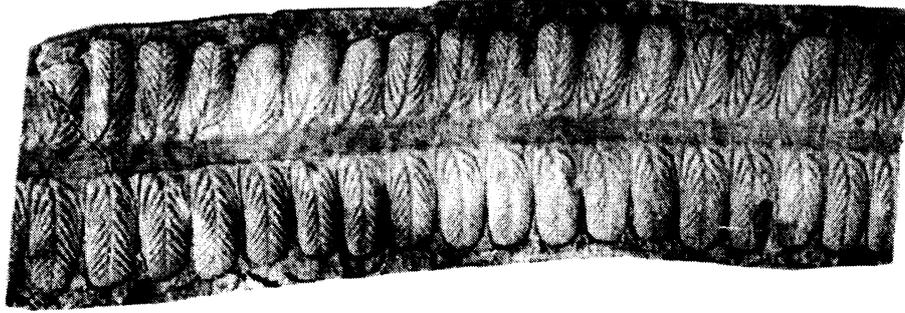


Figura 3.6 Fronda incompleta de un helecho *Pecopteris unita*. Paleozoico Superior de la Formación Matzitzi en el estado de Puebla (tomado de Silva-Pineda, 1970)

Cladophlebis tiene las frondas pinadas varias veces con pinas alargadas, pínulas unidas al raquis por todo el ancho de su base, son lineales o falcadas, el ápice agudo, de bordes enteros o dentados, la vena media llega casi al ápice y las venas secundarias están divididas una o más veces. Es un género cosmopolita, con un alcance estratigráfico del Pérmico al Cretácico Superior. En México se menciona *Cladophlebis denticulata* de Tecamatlán, Puebla, véase figura 3.7.

Nathorstia está ubicado en la familia Matoniaceae. Sus frondas son palmadas, con pinas alargadas, pínulas linear-lanceoladas y venación reticular. *Nathorstia* es un género típico del Cretácico, con una distribución amplia en el mundo.



Figura 3.7 Fronda de un helecho *Cladophlebis denticulata* Brogniart. Jurásico Medio del área de Tecamatlán, estado de Puebla (tomado de Silva-Pineda, 1969)

El orden Osmundales cuenta sólo con la familia Osmundaceae, compuesta por helechos con frondas grandes repetidamente pinadas. Actualmente viven tres géneros, de los cuales *Osmunda* y *Todea* son los más importantes. Habitan zonas pantanosas de climas tropicales y subtropicales. Los géneros fósiles son más abundantes, principalmente de tallos petrificados.

Osmundacaulis es un género que originalmente fue designado como *Osmundites*. Son tallos petrificados con un eje central reducido, en los que se han observado restos foliares y numerosas raíces adventicias. Se conocen algunas especies distribuidas en varias partes del mundo a partir del Triásico hasta el Terciario.

El género *Todites* es característico del Triásico Tardío al Jurásico Tardío de Eurasia. Las frondas son bipinadas, con pínulas pecopterídeas. Las pínulas fértiles son iguales a las estériles, pero con esporangios conspicuos subsféricos, dispuestos irregularmente en el envés de las pínulas. Otro género-forma representante de este orden es *Cladophlebis*, frecuente en sedimentos del Mesozoico, sin embargo su tipo de pínulas no es exclusivo de las Osmundaceas.

El orden Filicales incluye familias de helechos que tienen mayor número de representantes vivientes. Son leptosporangiados, es decir, presentan esporangios originados a partir de una célula epidérmica con pared uniestratificada. Este orden tiene representantes arborescentes o herbáceos y pueden vivir en medios secos o húmedos. Aparecen desde el Paleozoico, en el Mesozoico son abundantes y en la actualidad también. Comprende varias familias, la familia Schizaceae se remonta al Paleozoico, algunos géneros como *Senftenbergia* han sido descubiertos desde el Carbonífero Temprano. Las frondas son fuertes, por lo menos tripinadas. Las pinas de forma lineal o lanceolada. Las pínulas son pequeñas pecopterídeas y las pínulas fértiles semejantes a las estériles, pero provistas de esporangios sobre las venas laterales, de uno y otro lado de la vena media. Los esporangios son de forma oval.

Otros géneros son característicos del Mesozoico como *Klukia*. Este género ampliamente distribuido durante el Jurásico tiene frondas varias veces pinadas, pínulas pecopterídeas, de márgenes enteros o crenulados, esporangios de forma oval dispuestos en el envés de la hoja a uno y otro lado del nervio medio. Se encuentra en rocas del Jurásico Inferior al Cretácico Inferior de Eurasia.

Entre los géneros vivientes de la familia Schizaceae están *Mohria*, *Schizaea*, *Anemia* y *Lygodium*. *Anemia* se ha citado del Cretácico Superior, con características semejantes a la especie reciente *A. adiantifolia*. *Lygodium* tiene una amplia distribución en el mundo durante el Eoceno. Actualmente los representantes de esta familia viven en ambientes tropicales y subtropicales.

La familia Gleicheniaceae se conoce desde el Carbonífero, algunos de los géneros son *Gleichenites* y *Oligocarpia*. Los representantes actuales se encuentran en regiones tropicales y subtropicales del hemisferio sur. *Gleichenites* es un nombre genérico ampliamente usado para frondas de helechos mesozoicos. Las frondas de este helecho son fuertes con pinas alternas y pínulas pecopterídeas, con venación abierta. Las pínulas fértiles son poco reducidas, con soros marginales. Su alcance es del Triásico al Terciario y son cosmopolitas.

Oligocarpia es otro de los numerosos helechos del Carbonífero, con frondas tripinadas, pinas lanceoladas y pínulas pecopterídeas. Las pínulas fértiles se encuentran reducidas un poco con relación a las estériles. Fueron abundantes en el Carbonífero de Europa y Norteamérica.

La familia Matoniaceae comprende helechos rastreros, algunas veces dicotómicos. Las frondas son en forma de abanico, de hasta dos metros, con un raquis principal grueso de donde parten las pinas en forma radiada. Los esporangios se encuentran en soros, dispuestos en una hilera a cada lado de la vena media de la pínula. El único representante viviente de la familia Matoniaceae es el género *Matonia*, llamado "fósil viviente", el cual tiene restringida su distribución a la península malaya, en cambio sus ancestros tuvieron una amplia distribución en el mundo durante el Mesozoico. Entre los géneros fósiles se conocen únicamente *Phlebopteris*, *Matonidium* y recientemente se describió *Piazopteris*.

El género *Phlebopteris* originalmente se describió como *Laccopteris*. Las frondas son semejantes a las de *Matonia* en su morfología, con pinas y pínulas angostas y alargadas, márgenes enteros. Presentan una vena media y venación secundaria anastomosada, soros redondeados y dispuestos a los lados del nervio medio. Es un género característico del Rético (Triásico Superior) al Cretácico Inferior, se conoce de Eurasia, África y Australia. En México también ya ha sido reportado el género *Phlebopteris* de la región de Otongo, Hidalgo, véase figura 3.8.

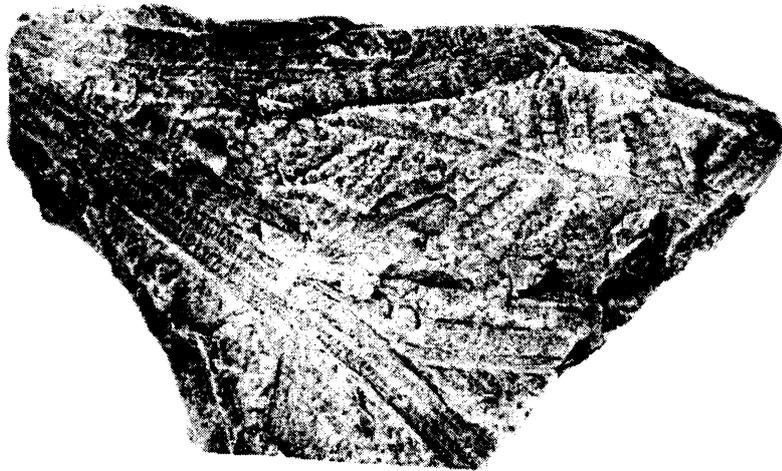


Figura 3.8 Pina fértil de un helecho. Paleozoico Superior de la Formación Matzitzi en el estado de Puebla (tomado de Silva-Pineda, 1970)

Matonidium es un género que se conoce a partir del Jurásico. Se distingue de *Phlebopteris* porque el receptáculo del soro se expande para conformar un indusio. Se extiende del Jurásico Medio al Cretácico Inferior de Eurasia, América del norte y de India.

El género *Piazopteris* es semejante a *Phlebopteris*, aunque se les puede diferenciar en la disposición de la venación. Es uno de los helechos más abundantes de la familia Matoniaceae, ampliamente distribuido durante el Jurásico y Cretácico. Se ha citado del Jurásico Temprano de Egipto y de Israel, del Jurásico Medio de México, Cuba y Honduras, y del Cretácico de Brasil, véase figuras 3.9 y 3.10.



Figura 3.9 *Piazopteris branneri* (White) Lorch (X2).
Jurásico Medio de la Formación
Tecomazuchil en el estado de Puebla
(tomado de Silva-Pineda, 1978)

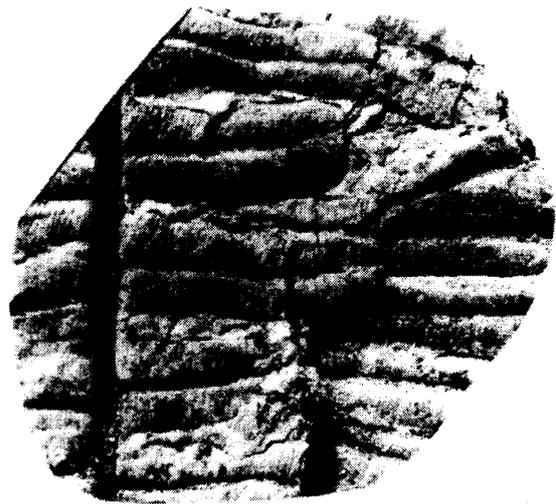


Figura 3.10 Pínulas del helecho *Piazopteris branneri*
(White) Lorch muy amplificadas,
mostrando la nervadura. Jurásico Medio
de la Formación Tecomazuchil en el
estado de Puebla (tomado de Silva-
Pineda, 1978)

Una familia importante del orden Filicales es Dipteridaceae, cuya distribución en tiempo y espacio es paralela a Matoniaceae. El único género viviente es *Dipteris* similar a *Matonia*. Esta familia alcanza su florecimiento durante el Triásico Tardío y Jurásico Temprano. Dicksoniaceae es una familia que tiene gran abundancia durante el Jurásico y Cretácico Temprano, sus géneros fósiles más representativos son *Coniopteris* y *Dicksonia*. Entre otras familias se tienen Cyatheaceae del Jurásico Tardío y Cretácico Temprano y Polypodiaceae que en estado fósil comenzó a formar tafofloras a partir del Cretácico Tardío haciéndose cada vez más importante hasta la actualidad. El género fósil *Polypodites* es semejante al género *Polypodium* que es viviente. La familia Tempskyaceae está representada sólo por el género *Tempskya* del Cretácico de América del norte, el cual es extinto y solamente se conocen fragmentos como troncos permineralizados.

Destacan otros órdenes de helechos como Salviniales y Marsileales que son acuáticos. El orden Salviniales son helechos heterospóricos, leptosporangiados que flotan en la superficie del agua. Los esporangios están encerrados en apéndices especializados de las hojas llamados esporocarpos. El género más representativo es *Salvinia* de la familia Salviniaceae que se remonta al Cretácico Tardío y Terciario Temprano. En México se cita un helecho acuático de este género en el Cretácico Superior de la Formación Olmos del norte del estado de Coahuila con el nombre de *Salvinia coahuilensis*.

El orden Marsileales comprende helechos heterospóricos y leptosporangios que crecen en agua o lugares muy húmedos, enraizados en el sustrato. Los soros con mega y microsporangios se localizan en estructuras llamadas esporocarpos, los tallos son rastreros con dos series de hojas con limbos aciculares o bien desarrolladas. El orden contiene sólo a la familia Marsileaceae, cuyo género representativo es *Marsilea*, el trébol de agua, que tiene cerca de 40 especies con una amplia distribución mundial y es como un trébol de cuatro hojas, flotante. Sus hojas tienen un peciolo largo y una lámina compuesta de cuatro folíolos. En la Formación Olmos del estado de Coahuila, se menciona un helecho acuático como *Dorfiella auriculata* con las pinas de las frondas semejantes en la venación al género *Marsilea*.

Los helechos constituyen un grupo de plantas de gran importancia en paleontología, como indicadores de clima, ya que señalan humedad, temperatura y medios terrestres o acuáticos. Los helechos más antiguos presentan caracteres más primitivos, principalmente en el desarrollo de las frondas; no tienen hojas mientras que las más desarrolladas presentan un limbo foliar muy amplio, es decir que tienen mayor capacidad para la fotosíntesis. Uno de los helechos más antiguo es el género *Stauropteris*, que son plantas sin hojas con los esporangios terminales sobre telomas fértiles, de un modo semejante a *Rhynia*, género muy antiguo de la clase Rhyniopsida.

La clase Progimnospermopsida se menciona como ancestro de las gimnospermas, comprende tres órdenes: *Aneurophytales*, *Archaeopteridales* y *Protopytales*. Esta clase se propone por la existencia de una semejanza entre *Archaeopteris* y *Callixylon*, géneros que se clasificaban antiguamente en dos clases diferentes. En general las Archeopteridales representan un grupo de plantas de las cuales evolucionaron las coniferofitas. Anteriormente estos tres órdenes ya habían sido colocados en la clase Aneurophytopsida.

El orden Aneurophytales incluye a las progimnospermas que se conocen del Devónico Medio. Algunos géneros pertenecientes a este orden son *Aneurophyton* y *Protopteridium*. Representantes de las Archaeopteridales se consideran más jóvenes que elementos de Aneurophytales. *Archaeopteris* se cita como el género más importante de este grupo, el cual se conocía como un helecho primitivo del Devónico, sus frondas bipinadas son similares a las de este grupo. El orden Protopytales está representado únicamente por el género *Protopytis* que tuvo un gran desarrollo durante el Misisípico.

Clase Cycadophyta

Las cicadofitas son plantas vasculares provistas de raíces, tallos y hojas. Las hojas se denominan frondas y son grandes y pinadas. Son plantas con semilla que nacen sobre megasporófilas modificadas, a menudo agregadas en un estróbilo simple. Hay una sola clase: Cycadae.

Los únicos representantes vivientes son las Cycadales, orden que empieza a declinar en el Mesozoico Superior y actualmente se encuentra restringido a regiones tropicales y subtropicales, incluye cerca de nueve especies.

Las cicadofitas son gimnospermas con hojas compuestas, pinadas, semejantes a las de los helechos; el tallo tiene la médula grande, la corteza bien desarrollada y el tejido vascular escaso. En la actualidad constituyen un vestigio evolutivo de un grupo que fue floreciente en el Mesozoico, con una amplia distribución geográfica, esto sugiere la existencia de un clima templado y uniforme en todo el mundo.

Las cicadofitas comprenden varios órdenes: Pteridopermales, Caytoniales, Cycadales, Bennettitales o Cycadeoidales, Glossopteridales y Pentoxylales, cinco de los cuales son exclusivamente fósiles. Las Glossopteridales son características del Paleozoico y las Caytoniales, Bennettitales y Pentoxylales son exclusivas del Mesozoico. Las Pteridospermales son tanto paleozoicas como mesozoicas y las Cycadales aparecen a fines del Paleozoico o principios del Mesozoico y es el único representante viviente de las cicadofitas.

El orden Pteridospermales vivió en el Paleozoico y Mesozoico. Se le llamó también Cycadofilicales o helechos con semilla por su gran semejanza con los helechos. Es conocido en rocas de fines del Devónico y del Jurásico, pero es floreciente durante el Carbonífero.

Las Pteridospermales fueron plantas arbustivas o arborescentes, sus troncos llevaban hojas muy desarrolladas con una gran semejanza con las frondas de los helechos, por lo que se pensó durante mucho tiempo que pertenecían a este grupo, hasta que se descubrieron frondas asociadas con semillas, unidas a la planta. Entre las pteridospermas paleozoicas más conocidas se encuentran los géneros *Lyginopteris* y *Medullosa*.

Lyginopteris es un género formado por plantas que tuvieron un tamaño mediano, el tallo delgado, aproximadamente de 5 cm de diámetro. Las raíces eran adventicias, las hojas grandes con el raquis dividido dicotómicamente, dispuestas espiraladamente en el tallo y con pínulas de tipo esfenopterídeo. Estas plantas fueron abundantes durante el Carbonífero de América del norte y Eurasia.

Medullosa está constituido por plantas de tamaño mediano, frondas de tipo de *Neuropteris* y *Alethopteris*. Las raíces adventicias se encuentran dispuestas entre las hojas. El género se cita del Carbonífero y Pérmico de Europa y América del norte. Entre las pteridospermas del Mesozoico se conocen varios géneros que se mencionan a continuación.

Rhexoxylon comprende plantas con tallos gruesos debido a que tenían crecimiento secundario en espesor; tienen altura considerable y grandes raíces. Este género se incluye dentro de la familia *Corystospermaceae*. Se supone que vivió en medio semipantanosos ya que se encontraron restos de reptiles como cocodrilos asociados con sus raíces. Se localiza en el Triásico, de América del sur y África del sur.

Dicroidium tiene las frondas pinadas o bipinadas y un raquis principal bifurcado, pínulas de tipo odontopterídico y de forma muy variada. El género *Dicroidium* pertenece a la familia *Corystospermaceae* y se encuentra durante el Triásico.

El nombre genérico *Umkomasia* se le da a las inflorescencias femeninas relacionadas con *Dicroidium*. Se cita del Triásico de América del sur y África del sur. Pertenece a la familia *Corystospermaceae*.

Pteruchus género de la familia *Corystospermaceae* corresponde a una fructificación microsporiada. Presenta pinas extendidas con numerosos sacos de polen. Tenían sistema de ramificación dicotómica, con las ramas terminales aplanadas donde llevaban microsporangios. Se cita del Triásico de América del sur y África del sur.

Lepidopteris es un género de la familia *Peltaspermeae* con frondas bipinadas, lanceoladas, angostas bruscamente hacia la base y suavemente hacia el ápice. El raquis es fuerte y las pinas lanceoladas. Las pínulas también son lanceoladas, con sus nervios medios gruesos que llegan cerca del ápice y venas secundarias divididas dicotómicamente. Se cita del Pérmico-Triásico Tardío de Eurasia y África del sur.

Peltaspermum pertenece a la familia *Peltaspermeae*, consiste en una estructura femenina con ramas alternas en un plano. En las partes terminales de las ramas lleva semillas gruesas. Se conoce del Triásico de Groenlandia y África del sur.

Antevsia se clasifica en la familia *Peltaspermeae*. Es una fructificación que lleva en las últimas ramificaciones los sacos de polen que pueden ser de cuatro a doce. Los sacos polínicos tienen la pared maciza. El género es conocido en el Triásico de América del sur, África del sur, Groenlandia, Australia y Suecia.

Pachypteris es un género considerado como una probable pteridosperma de la familia *Corystospermaceae*. Tiene frondas pinadas, con pínulas de tipo pecopterídeo. Su distribución es amplia y se le conoce desde el Triásico Tardío al Cretácico Temprano.

Thinnfeldia se caracteriza por tener las frondas pinadas, con un raquis fuerte, pínulas ovaladas o lanceoladas, con una vena media bien marcada, que se extiende hasta cerca del ápice y por venas secundarias divididas una o más veces. Se conoce del Pérmico al Jurásico en Eurasia y probablemente en América del sur. Algunos géneros del Paleozoico y del Mesozoico son considerados de posición sistemática incierta. Son morfogéneros que tienen hojas y frondas que pueden pertenecer tanto a helechos como a pteridospermas, los cuales se citan a continuación:

El género *Rhacopteris* se caracteriza por presentar frondas pinadas con pínulas alternas, unidas al raquis formando ángulos rectos o ligeramente inclinados. La nervadura en forma de abanico. Tienen una amplia distribución geográfica y es un género paleozoico, exclusivo del Carbonífero al Pérmico.

Alethopteris tiene las frondas varias veces pinadas, con pinas lineales o lanceoladas, pínulas anchas en la base y adelgazadas hacia el ápice con terminación aguda o redondeada. Consta una vena media bien marcada y venas laterales bifurcadas. Se han citado formas fértiles asociadas con semillas de tipo *Trigonocarpus* o *Pachytesta* por lo que se consideran pteridospermas. Su

alcance estratigráfico es del Carbonífero al Pérmico. Se localiza principalmente en el hemisferio norte.

Odontopteris presenta las frondas varias veces pinadas con el raquis dividido dicotómicamente. Las pínulas tienen un nervio medio marcado sólo en la parte basal, y los nervios secundarios salen de la base de la pínula, se dividen y forman una especie de abanico. Se conoce del Carbonífero al Pérmico principalmente del hemisferio norte. En México se cita del Pérmico de la región de Calnali, estado de Hidalgo y del Pérmico de una región cercana a Ciudad Victoria en el estado de Tamaulipas.

Neuropteris se caracteriza por tener frondas pinadas varias veces, pínulas rectas o falcadas, base cordada y ápice redondeado, lleva una vena media que llega hasta la mitad de la pínula y las venas secundarias están divididas varias veces. Se considera como perteneciente a pteridospermas. Se cita del Devónico-Pérmico del hemisferio norte. En México se menciona con cierta duda del Pérmico de la región de Calnali, estado de Hidalgo y del Pérmico de la región de Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Bajo *Linopteris* se clasifican los helechos con frondas pinadas varias veces. Las pínulas son semejantes a *Neuropteris* pero con la nervadura reticular. Su distribución y alcance estratigráfico es similar.

Lonchopteris es un género similar a *Alethopteris* pero con nervadura reticular. Se reporta del Carbonífero en el hemisferio norte.

Gigantopteris tiene frondas grandes y pinadas. Las pinas de forma lanceolada, con el nervio medio fuerte y venas secundarias rectas o arqueadas. Se cita del Pérmico-Triásico de Asia y América del norte.

El orden Caytoniales es extinto, exclusivo del Mesozoico. Es un grupo de cicadofitas fósiles que se encuentra en rocas triásicas y cretácicas. Las hojas fósiles tienen un peciolo delgado y cuatro folíolos. Los óvulos se encuentran en bolsas pequeñas que fueron comparadas con los ovarios de las angiospermas, por lo que las Caytoniales se consideran como posibles ancestros de las plantas con flores. El orden Caytoniales sólo presenta tres géneros:

Sagenopteris comprende plantas con las hojas pecioladas con cuatro lóbulos de forma oval, vena media bien marcada y las venas secundarias forman una red. Tiene una amplia distribución geográfica. Su alcance estratigráfico va del Triásico Superior al Cretácico Superior. En México se menciona este género del Jurásico Medio de la región de Tecmatlán, estado de Puebla, véase figura 3.11.



Figura 3.11 *Sagenopteris* sp. Mostrando los cuatro lóbulos de la hoja. Jurásico Medio de la Formación Tecmazúchil en el estado de Puebla (tomado de Silva-Pineda, 1978)

En *Caytonia* el órgano productor de polen está formado por un eje con pequeñas ramificaciones y en sus extremos llevan cúpulas recurvadas con orificios de salida cercanos al punto de inserción; estas cúpulas son una envoltura carnosa de la semilla semejantes a frutos. El género se cita del Jurásico Medio de Inglaterra.

En *Caytonanthus* los órganos portadores de polen están formados por un raquis con ramificaciones laterales en cuyos extremos llevan un microsporangio formado por cuatro sacos de polen. Se describe del Jurásico de Eurasia.

El orden Bennettitales o Cycadeoidales son plantas con tallos de médula gruesa y sólida, con hojas compuestas de venación abierta. Presenta órganos reproductivos como "flores" hermafroditas o unisexuales protegidas por brácteas. La sistemática de las Cycadeoidales está poco desarrollada, generalmente se conocen dos familias: Williamsoniaceae y Cycadeoidaceae, aunque para otros autores también se incluye la familia Wielandiellaceae. La familia Williamsoniaceae comprende varios géneros:

Williamsoniella está representado por plantas arbustivas con tallos delgados y hojas de tipo *Nilssoniopteris*; los estróbilos son bisexuados y pedunculados se localizan en las axilas de las hojas. Las semillas son pequeñas y fusiformes. Se cita del Jurásico de Eurasia.

Wielandiella está representado por plantas arbustivas, con tallos delicados, sus hojas son pinadas de tipo *Anomozamites*. Para algunos autores pertenece a la familia Wielandiellaceae. Se le conoce desde el Triásico Tardío.

Williamsonia es un género de cicadofita con los tallos hasta de 2 m de alto y de 5 a 7 cm de grueso; tiene la superficie ornamentada con las cicatrices de las bases foliares de forma rómbica. Los tallos y las ramas llevan en la parte apical una corona de frondas pinadas del tipo de *Ptilophyllum*, *Otozamites* y *Zamites*. Los estróbilos se encuentran entre las hojas, provistos de pedúnculos. *Williamsonia* es un género que tiene una amplia distribución geográfica desde el Triásico Superior hasta el Cretácico Inferior. Este género comprende tallos, hojas y conos descritos de la localidad de Yorkshire, Inglaterra. En México *Williamsonia* se encuentra en el Jurásico Medio de varias localidades de los estados de Oaxaca y Puebla, véanse figuras 3.12, 3.13 y 3.14.

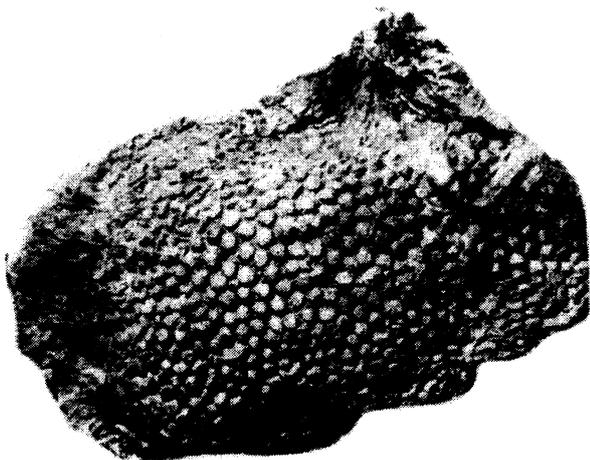


Figura 3.12 Cono de *Williamsonia nathorstii* Wieland. Jurásico Medio de la Formación Zorrillo en el estado de Oaxaca (tomado de Wieland, 1914-1916)



Figura 3.13 Cono de *Williamsonia netzahualcoyotlii* Wieland. Jurásico Medio de la Formación Zorrillo en el estado de Oaxaca (tomado de Wieland, 1914-1916)

La familia Cycadeoidaceae comprende también varios géneros: *Cycadeoidea* es un género de troncos anchos y cortos, de forma globosa, con la superficie cubierta por las cicatrices dejadas por las bases de las hojas. Los estróbilos biesporangiados se encuentran dispuestos entre las hojas. Las semillas son de forma oval, pequeñas con dos cotiledones. El género se menciona del Cretácico Inferior de Eurasia y América del norte.

Anomozamites tiene las frondas alargadas, pecioladas, irregularmente segmentadas; los segmentos son de forma rectangular, cortos y anchos; el ancho puede ser dos veces el largo del segmento, con ápice truncado o redondeado. Las venas son paralelas, simples o bifurcadas.

Tiene una amplia distribución geográfica durante el Triásico Superior al Cretácico Inferior. En México se encuentra en el Jurásico Medio del estado de Oaxaca.



Figura 3.14 Fragmentos de tallos de *Williamsonia*, provenientes del Jurásico Medio de la Formación Zorrillo en el estado de Oaxaca (tomado de Wieland, 1914-1916)

La familia Cycadeoidaceae comprende también varios géneros: *Cycadeoidea* es un género de troncos anchos y cortos, de forma globosa, con la superficie cubierta por las cicatrices dejadas por las bases de las hojas. Los estróbilos biesporangiados se encuentran dispuestos entre las hojas. Las semillas son de forma oval, pequeñas con dos cotiledones. El género se menciona del Cretácico Inferior de Eurasia y América del norte.

Anomozamites tiene las frondas alargadas, pecioladas, irregularmente segmentadas; los segmentos son de forma rectangular, cortos y anchos; el ancho puede ser dos veces el largo del segmento, con ápice truncado o redondeado. Las venas son paralelas, simples o bifurcadas. Tiene una amplia distribución geográfica durante el Triásico Superior al Cretácico Inferior. En México se encuentra en el Jurásico Medio del estado de Oaxaca.

Taeniopteris es un género del Jurásico Medio de Oaxaca, también se encuentra en el Triásico Superior de Sonora y en el Pérmico de Calnali, Hidalgo, véase figura 3.15.



Figura 3.15 Hoja incompleta de *Taeniopteris oaxacensis* Person y Delevoryas, mostrando la nervadura media y las nervaduras secundarias. Jurásico Medio de la Formación Zorrillo en el estado de Oaxaca (tomado de Silva-Pineda, 1984)

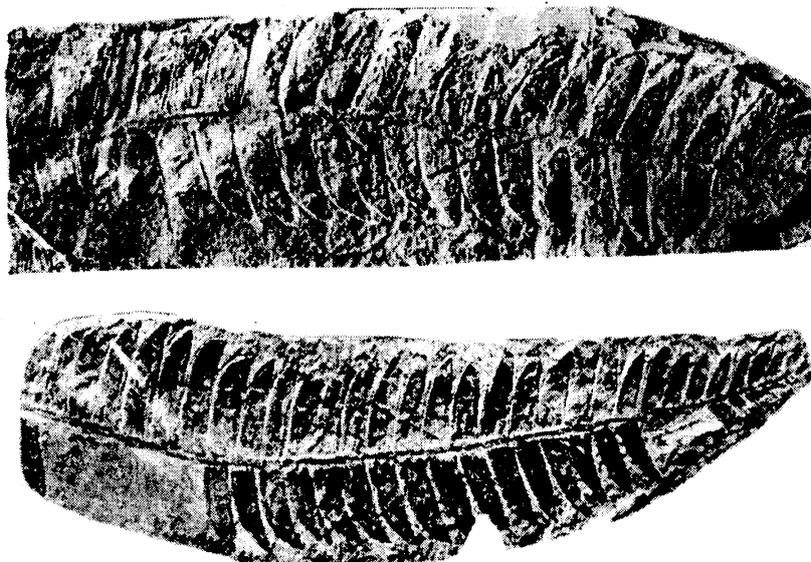
En el género *Dictyozamites* se clasifican las cicas con hojas pinadas; las pinas se insertan en la parte superior del raquis; son de forma oval, lanceoladas; su nervadura es reticular. Está presente del Jurásico al Cretácico Inferior y tiene una distribución geográfica muy amplia.

Otozamites comprende cicas de frondas pinadas, con peciolo delgado, adelgazadas suavemente hacia el ápice y hacia la base. El raquis está cubierto por el borde basal superior de las pinas, que es más desarrollado, el inferior es redondeado. La nervadura es fuerte, las venas salen de la base y se hacen paralelas. En México es un género muy bien representado en casi todas las localidades del Jurásico Inferior y Medio, véase figura 3.16.



Figura 3.16 Fronda completa de *Otozamites hespera* Wieland. Jurásico Medio de la Formación Zorrillo en el estado de Oaxaca (tomado de Wieland, 1914-1916)

Pterophyllum tiene las frondas pinadas; las pinas, unidas al raquis por todo el ancho de su base, son largas, angostas, con ápices redondeados, truncados o agudos. Existe una venación fina, las venas salen de la base y son paralelas o se dividen una o dos veces. Tienen una amplia distribución geográfica desde el Pérmico al Cretácico Superior. En México está presente en casi todas las localidades con plantas del Jurásico, también se cita del Triásico Superior de Sonora, véase figuras 3.17 y 3.18.



Figuras 3.17 y 3.18 Fronda de *Pterophyllum cf. P. Munsteri* (Presl) Goeppert. Jurásico Medio de la Formación Zorrillo en el estado de Oaxaca (tomado de Wieland, 1914-1916)

El género *Ptilophyllum* está representado por cicadofitas de frondas pinadas, pecioladas, lentamente angostadas hacia el ápice y hacia la base. Las pinas son largas y delgadas o pueden ser cortas, con márgenes paralelos; se insertan en la superficie superior del raquis. Las venas son finas, se bifurcan y se hacen paralelas a los márgenes de las pinas. Es cosmopolita y se conoce desde el Triásico Superior al Cretácico Inferior. En México su distribución es amplia en rocas del Jurásico Inferior y Medio, véase figura 3.19.

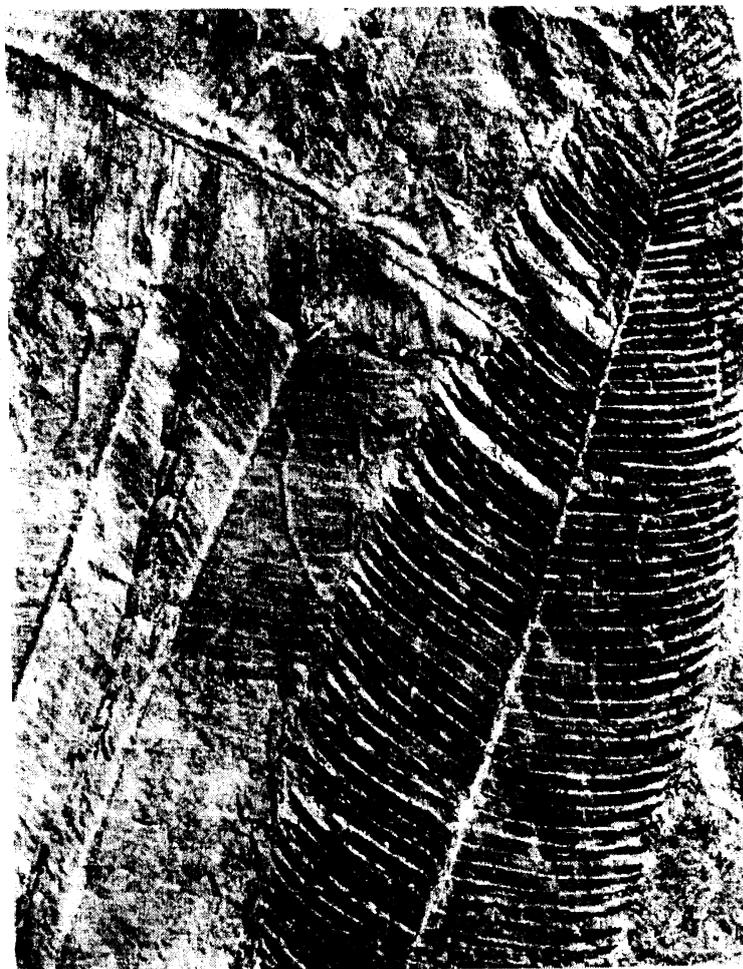


Figura 3.19 Fronda incompleta de *Ptilophyllum acutifolium* Morris. Provenientes del Jurásico Medio de la Formación Zorrillo en el estado de Oaxaca (tomado de Wieland, 1914-1916)

Zamites tiene las frondas pinadas, pecioladas y lanceoladas. Las pinas están insertadas al raquis por una callosidad en la parte central de la base de la pina; que es cordada y los ápices redondeados o agudos. Las venas son paralelas, simples o bifurcadas. Tienen amplia distribución geográfica desde el Triásico Superior al Cretácico Inferior. En México son comunes en rocas del Jurásico Medio, véase figura 3.20.

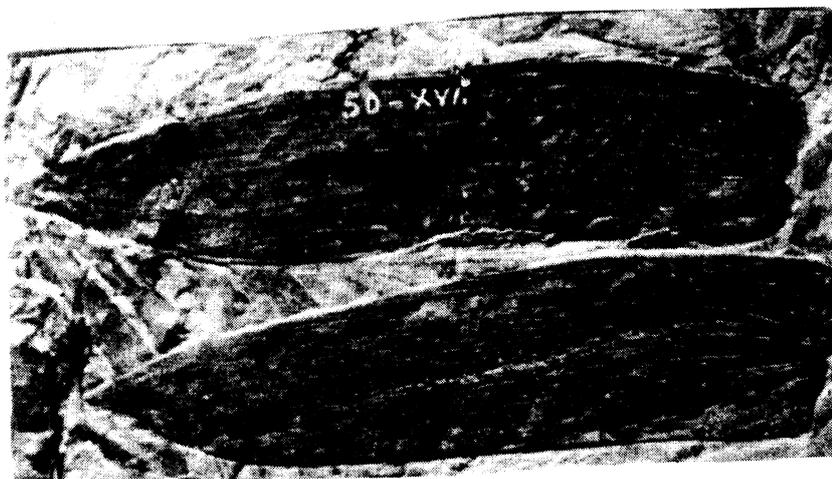


Figura 3.20 Dos pinas de *Zamites oaxacensis* (Wieland) Person y Delevoryas mostrando la forma y nervadura de las pinas. Jurásico Medio de la Formación Zorrillo en el estado de Oaxaca (tomado de Wieland, 1914-1916)

El nombre genérico de *Cycadolepis* representa escamas pertenecientes a los estróbilos de la Bennettitales. Las escamas tienen forma lanceolada, con la base truncada o redondeada y ápices agudos; con pelos o sin pelos marginales. Es cosmopolita del Triásico Superior al Cretácico Inferior. En México se cita del Jurásico Medio de Oaxaca.

El orden Cycadales comprende plantas leñosas no ramificadas, con frondas grandes y pinadas. Los conos son terminales o laterales y las semillas grandes. Sus espermatozoides son flagelados. Se mencionan dos familias Nilssoniaceae y Cycadaceae con numerosos géneros.

Las hojas de *Nilssonia* pueden tener más de 40 cm de longitud. Algunas frondas son completas, otras con las hojas divididas en pinas unidas a la parte superior del raquis. Las venas son paralelas desde el raquis hasta el ápice de la pina, formando ángulos rectos. Estas plantas tienen una amplia distribución geográfica durante el Triásico Superior al Cretácico Superior. En México se conocen en el Jurásico Medio de los estados de Oaxaca y Puebla, véase figura 3.21.



Figura 3.21 Fronda incompleta de *Nilssonia macrophylla* Jacob y Shukla. Jurásico Medio de la Formación Tecmazúchil en el estado de Puebla (tomado de Silva-Pineda, 1978)

Androstrobilus es un género que representa estróbilos masculinos de hasta 5 cm de largo. Los sacos polínicos están dispuestos en el envés de los esporófilos. Los conos se citan del Jurásico de Europa.

Beania comprende estróbilos femeninos que miden hasta 10 cm de largo. Las semillas son ovales. Se cita del Jurásico de Europa y de Groenlandia.

Pseudoctenis tiene frondas pinadas, lanceoladas. Las pinas lineales o lanceoladas, con la base ancha, nervaduras fuertes, bifurcadas en la base y después son subparalelas. Tienen una amplia distribución geográfica durante el Triásico Superior y Cretácico Inferior.

Palaeocycas es un género presente en el Triásico Superior en Suecia, sólo se conocen las hojas, que son grandes y miden hasta 1 m de largo y 20 cm de ancho. Tiene gran semejanza con las cicas modernas.

Otros géneros de la familia Cycadaceae son *Cycas*, *Microcycas*, *Dioon*, *Ceratozamia*, *Zamia*, *Stangeria*, *Bowenia*, *Encephalartos* y *Macrozamia*. Las cícadas más modernas se asemejan a palmas por la presencia de un tronco firme y una corona de frondas pinadas en el ápice.

El orden Glossopteridales se ha descrito del hemisferio sur. Son plantas que reciben este nombre por tener forma de lengua. Son hojas enteras, con un nervio medio prominente y nervios secundarios reticulares. Estas plantas son abundantes durante el Pérmico y Triásico y presentan una familia: Glossopteridaceae que comprende a *Glossopteris*, de hojas grandes, lanceoladas, con márgenes enteros, una vena media bien marcada que llega hasta el ápice y venas laterales generalmente reticuladas. Fueron plantas herbáceas, arbustivas o formaron pequeños árboles; los troncos son del tipo de *Araucarioxylon* y los permineralizados alcanzan un diámetro de 40 cm. *Glossopteris* se encuentra en India, Australia, África del sur, América del sur y Antártica. Los tallos y raíces reciben el nombre genérico de *Vertebraria*, y las hojas reciben el nombre de *Glossopteris*, *Gangamopteris*, *Palaeovittaria* y *Rhabdotaenia*. Los órganos reproductivos se denominan *Scutum*, *Hirsutum*, *Lanceolatum*, *Ottokaria*, *Cistella*, *Pluma* y *Lidgettonia*.

El orden Pentoxylales comprende plantas fósiles de hábitos desconocidos, probablemente fueron arbustos o árboles pequeños. Las hojas son gruesas, simples y lanceoladas; la nervadura abierta, algunas veces anastomosada. Los restos fósiles de las Pentoxylales son del Jurásico. Se citan del norte de India y más recientemente se han descrito de Nueva Zelanda. Para los tallos se asignan los géneros *Pentoxylon* y *Nipanioxylon*, para las hojas el género *Nipaniophyllun*, para los órganos portadores de semillas el género *Carnocomitas* y para los órganos portadores de polen el género *Sahnia*.

Clase Coniferopsida

Las coniferofitas son plantas que se consideran más evolucionadas que las cicadofitas, ya que poseen un tronco leñoso compacto y las flores masculinas y femeninas forman verdaderos conos. Dentro de las coniferofitas se consideran tres órdenes: Ginkgoales, Cordaitales y Coniferales.

El orden Ginkgoales comprende plantas que fueron abundantes durante el Mesozoico, desde el Triásico al Cretácico Temprano. Se reconoce una sola familia: Ginkgoaceae y una sola especie viviente: *Ginkgo biloba* que es un árbol cultivado en todo el mundo. Es nativo del sur de China, en este país se considera un árbol sagrado. Esta especie comprende árboles dioicos de gran talla. Los espermatozoides son flagelados y se mueven por medio de una delgada película de agua. Las hojas tienen forma de abanico, con los nervios radiales que nacen en la base de las hojas y continúan hacia los bordes de ellas.

Ginkgoites tiene las hojas semicirculares, en forma de abanico; la nervadura es flabeliforme con varias dicotomías a partir de las venas basales. Se encuentran del Pérmico al Terciario.

El género *Baiera* predomina en el Jurásico Medio hasta el Cretácico Inferior. Es difícil diferenciarlo de *Ginkgoites*. Tiene el limbo foliar semicircular, la nervadura es abierta en abanico. Su distribución geográfica es amplia.

Las hojas de *Sphenobaiera* son de forma triangular, angostas en la base y no tienen peciolo, se dividen dicotómicamente; las venas son bifurcadas desde la base. Tienen una amplia distribución geográfica durante el Pérmico y Cretácico.

Entre las *Ginkgoales* se encuentran otros géneros como *Phoenicopsis*, *Trichopitys*, *Karkeniania* y *Saportaea*. La mayoría de ellos se encuentran entre el Triásico y Cretácico.

El orden Cordaitales originalmente se consideró que incluía tres familias: Cordaitaceae, Pityaceae y Poroxylaceae. La familia Pityaceae del Carbonífero Temprano está representada por el género *Pitya* y Poroxylaceae por el género *Poroxylon* del Devónico Tardío y Carbonífero Temprano; pero estas dos familias también son determinadas como pteridospermas. El orden Cordaitales ahora sólo incluye a la familia Cordaitaceae.

Cordaites comprende a las coniferofitas que fueron reportadas del Carbonífero-Pérmico de Siberia, China, India, Australia, África del sur y América del sur. Las hojas de este género son largas, lanceoladas, de márgenes enteros, miden de 30 cm a 1 m de largo. Sus venas bien marcadas son casi paralelas.

Noeggerathiopsis es un género que se caracteriza por tener las hojas grandes, espatuladas, con el ápice ancho y redondeado haciéndose delgadas lentamente hacia la base. Los nervios son paralelos y gruesos en la base y en el resto de la hoja son delgados y bifurcados. Se conoce del

Carbonífero y Pérmico, pero también ha sido reportado del Mesozoico. En México está presente en el Jurásico Medio de la región es de El Consuelo y Tezoatlán, Oaxaca.

Otros géneros citados para el orden Cordaitales son: *Mesoxylon*, *Metacordaites*, *Parapitys*, *Cordaicladius* y *Artisia* para tallos; *Amyelon* para raíces; *Cordaianthus* para conos y *Cardiocarpus* para semillas.

El orden Coniferales comprende plantas leñosas, ramificadas; las hojas pueden ser opuestas o en espiral; son aciculares o escamiformes. Los órganos reproductores son conos unisexuales. Hay conos femeninos y conos masculinos. Este orden tiene numerosas familias.

El género *Lebachia* comprende plantas pequeñas, ramificadas, con hojas cortas e insertadas en las ramas espiraladamente. Los conos femeninos son cilíndricos o elípticos. Se le cita del Carbonífero Superior al Pérmico en Eurasia y África del norte. Otros géneros afines a éste son *Walchia* y *Ernestiodendron*. *Lebachia* es un género que pertenece a la familia Lebachiaceae, así como *Walchia*, *Ernestiodendron* y *Paranocladus*.

Voltzia está representado por plantas ramificadas con hojas de dos tipos: las basales que son cortas y agudas y las distales que son largas con la base ancha y el ápice angosto. Los conos femeninos son fuertes y llevan escamas redondeadas. Las semillas se encuentran sobre las escamas. Se le cita del Carbonífero al Triásico de Eurasia e India. Este género corresponde a la familia Voltziaceae.

El género *Podozamites* se considera de la familia Podozamitaceae que vivió exclusivamente en el Mesozoico. Las hojas de *Podozamites* son grandes lanceoladas, con peciolo corto, las bases se angostan bruscamente y más lentamente hacia el ápice. Las venas son fuertes y paralelas. Tiene amplia distribución geográfica durante el Triásico-Cretácico. Se cita en el Jurásico de México.

En *Cycadocarpidium* los conos femeninos se encuentran en los extremos de las ramas, con brácteas desarrolladas como hojas. Son cosmopolitas en el Triásico Superior-Liásico. Este género también pertenece a la familia Podozamitaceae.

En *Araucaria* se clasifican las plantas arborescentes con las ramas altas. Las hojas son anchas con nervios paralelos. Los conos femeninos son apicales y de forma globosa, las semillas muy engrosadas. Se les encuentra desde el Jurásico Medio al Reciente y se considera un género cosmopolita de la familia Araucariaceae. En México está presente en el Jurásico Medio de Oaxaca.

Araucarioxylon es un género de troncos petrificados con anillos de crecimiento estacional poco desarrollados. Género cosmopolita del Carbonífero-Mesozoico de la familia Araucariaceae. En México se encuentra en el Jurásico de Oaxaca.

Podocarpus pertenece a la familia Podocarpaceae que incluye árboles y arbustos que predominantemente se encuentran en el hemisferio sur. Las hojas de *Podocarpus* son opuestas o alternas, con un peciolo corto y con una vena media. Se conoce del Terciario al Reciente.

Otras familias importantes de las Coniferales son Pinaceae que comprende los géneros: *Abies*, *Pseudotsuga*, *Picea*, *Larix*, *Cedrus*, *Pinus* y *Tsuga*; Taxodiaceae con los géneros: *Sequoia*, *Sequoiadendron*, *Metasequoia*, *Taxodium*, *Cryptomeria*, *Sciadopytys* y *Athrotaxis*; y Palissyaceae con los géneros: *Palissya* y *Stachyotaxus*.

Los géneros de Coniferales del Mesozoico son: *Brachyphyllum*, *Pagiophyllum*, *Cypariisidium*, *Geinitzia*, *Elatocladus*, *Cupressinocladus*, *Pytyocladus* y *Podozamites*. Todos estos géneros con excepción de *Cupressinocladus* y *Podozamites* están presentes en el Jurásico Medio de Yorkshire, Inglaterra.

Las ramas de *Brachyphyllum* tienen pequeñas hojas arregladas en espiral. Cada hoja está compuesta por un cojinete basal ancho, la hoja es tan larga como ancha. En México se cita de rocas jurásicas y cretácicas.

Pagiophyllum tiene ramas provistas de hojas pequeñas dispuestas alrededor de ellas; las hojas son más largas que anchas. Algunos ejemplares de este género tienen aspecto de ramas descritas como *Araucaria* o *Araucarites*. Se conocen del Jurásico Medio de Inglaterra. En México se citan del Jurásico Superior en el estado de Coahuila.

En *Cyparissidium* las hojas son similares a las de *Pagiophyllum*, difieren en que son más estrechas. Se describe del Jurásico Medio de Inglaterra.

En México restos de coníferas están representados por los géneros: *Raritaniania*, *Brachyphyllum*, *Arachenia* y *Kobalostrobos*.

Clase Gnetopsida

Comprende el orden Gnetales que son plantas leñosas, árboles o arbustos, también pueden ser como lianas; hojas simples ampliamente elípticas o en forma de listón. Las flores son unisexuales y dioicas, las flores femeninas con un óvulo y las flores masculinas con un perianto.

Los megafósiles representantes son *Gnetum*, *Welwitschia* y *Ephedra* que son plantas escasas y restringidas al Terciario. Fragmentos de tallos que tienen apariencia de *Ephedra* son reportados del Mioceno de Francia y de Colorado, EUA. Se han registrado granos de polen, ya desde el Pérmico, semejantes a los de *Ephedra*, y a los granos polínicos de las ephedras vivientes.

El récord fósil de las Gnetofitas no proporciona datos para el conocimiento del origen de este enigmático grupo.

Clase Angiospermophyta (plantas con flores)

Las angiospermas o plantas con flores están representadas en la actualidad por 300 ó 400 familias y de 200 000 a 300 000 especies. Estas plantas pueden ser arborescentes, arbustivas o herbáceas. Se les encuentra distribuidas en casi todos los climas y diferentes medios, están presentes en tierra firme, sobre otros organismos y en el agua.

Las angiospermas son plantas vasculares con raíces, tallos y hojas. El tallo tiene el cilindro central con lagunas foliares. Los óvulos están encerrados en un ovario, el gametofito femenino se encuentra reducido a un saco embrionario con pocos núcleos, sin arquegonio. El gametofito masculino produce dos gametos desnudos, uno de estos gametos se fusiona con la oosfera para formar el cigoto.

Las angiospermas tienen dos subclases: Monocotyledonae y Dicotyledonae. Estas clases difieren en que en las dicotiledóneas, el embrión de la semilla tiene dos cotiledones y en las monocotiledóneas solamente uno.

Las hojas son órganos que se han desarrollado notoriamente en las angiospermas, a veces alcanzan grandes tamaños; las nervaduras también se encuentran bien desarrolladas y existen distintos tipos de venación. Las flores están formadas por varias partes que son: el perianto u hojas estériles modificadas, los estambres y los ovarios. Todos los elementos que constituyen la flor tienen origen foliar, así los pétalos y sépalos del perianto son hojas modificadas, los estambres son hojas que llevan microsporangios. Los ovarios también son hojas modificadas, las cuales sufren repliegues para formar una estructura que protege a los óvulos. Un elemento que es característico en las angiospermas es el grano de polen que en general suele ser complicado. Los óvulos pueden tener uno o dos tegumentos. La sistemática de las angiospermas está basada en la flor, aunque se toman en cuenta algunos rasgos morfológicos, anatómicos y fisiológicos.

Se piensa que el grupo de angiospermas con mayor número de caracteres primitivos son las Magnoliales, sin embargo su origen es todavía oscuro. Los primeros restos de angiospermas que se conocen son del Cretácico Temprano.

En cuanto al origen de las angiospermas se puede decir que los hallazgos paleobotánicos no han aportado todavía la clave de este misterio, ni la palinología, en la que se habían puesto muchas esperanzas, ha dado datos importantes; pero se sabe que empiezan en forma abrupta en el Aptiano-Albiano (véanse figuras 3.22 y 3.23).

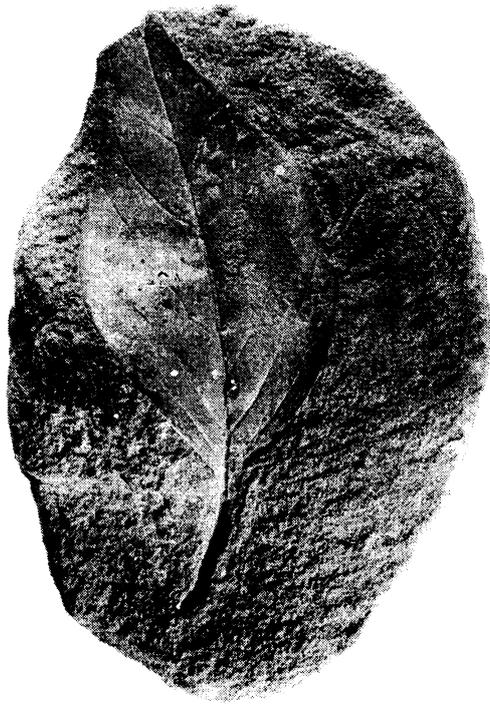


Figura 3.22 Hoja de angiosperma del Terciario de EUA

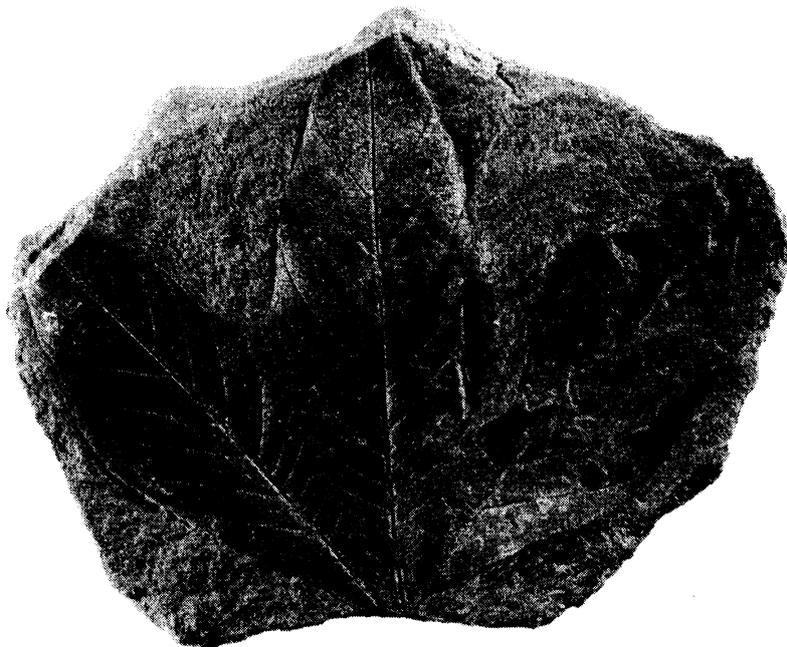


Figura 3.23 Hoja de angiosperma del género *Sassafras* del Cretácico de EUA

BIBLIOGRAFÍA

- ALVIN, K. & CHALONER, W. C. 1970. "Parallel evolution in leaf venation: an alternative view of angiosperm origins". *NATURE* 226, p. 662-663.
- ANDREWS, H. N. 1961. *Studies in Paleobotany*. New York, Wiley, 487 p.
- ANDREWS, H. N. 1963. "Early seed plants". *Science*, p. 142, 925-31.
- ARNOLD, C. A. 1947. *An Introduction to Paleobotany*. New York, McGraw-Hill, 483 p.
- ARCHANGELSKY, S. 1970. "Fundamentos de Paleobotánica". (*Serie Técnica y Didáctica* n. 11), Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad de La Plata, Argentina, 347 p.
- AXERLROD, D. I. 1960. "The evolution of flowering plants". In *The Evolution of Life*, ed. S. Tax. Chicago: University of Chicago Press. p. 227-305.
- AXELROD, D. I. 1970. "Mesozoic paleogeography and early angiosperm history". *Botanical Review*, v. 36, p. 277-319.
- BAILEY, I. W., & SWAMY, B. G. L. 1951. "The conduplicate carpel of dicotyledons and its initial trend of specialization". *American Journal of Botany*, v. 38, p. 373-379.
- BECK, C. B. 1976. "Origin and early evolution of angiosperms: a perspective". In *Origin and Early Evolution of Angiosperms*. ed. C. B. Beck. New York: Columbia University Press, p. 1-10.
- BECKER, H. F. 1972. "*Sammiguella* an enigma compounded". *Palaeontographica* B, 138, p. 181-185.
- BIERHORST, D. W. 1971. *Morphology of Vascular Plants*. New York: Macmillan, 560 p.
- BOCK, W. 1969. "The American Triassic flora and global distribution". *Geological Center Research*, Series 3, p. 242-54.
- BROWN, R. W. 1956. Palmlike plants from the Dolores Formation (Triassic) in southwestern Colorado". *United States Geological Survey, Professional Paper*, 272, p. 205-209.
- CAMP, W. H., & HUBBARD, M. M. 1963. "On the origins of the ovule and cupule in lyginopterid pteridosperms". *American Journal of Botany*, 50, p. 235-43.

- CANRIGHT, J. E. 1952. "The comparative morphology and relationships of the Magnoliaceae". I. Trends of specialization of the stamens. *American Journal of Botany*, 39, p. 484-97.
- CEVALLOS-FERRIZ, S.R.S. 1992. "Tres maderas de gimnospermas cretácicas del norte de México". *Anales Instituto de Biología*. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica v. 63, no. 2, p. 111-137.
- CEVALLOS-FERRIZ, S.R.S. Y BARAJAS-MORALES, J. 1994. "Fossils woods from the Cien Formation in Baja California Sur": Leguminosae. *IAWA Journal* v. 15, no. 3, p. 229-245.
- CHANDLER, M. E. J., & AXELROD, D. I. 1961. "An early angiosperm fruit from California". *American Journal of Science*, 259, p. 441-446.
- CORNET, B. 1977. "Angiosperm-like pollen with tectate-columellate wall structure from the Upper Triassic and Jurassic of the Newark Supergroup, USA". *American Association of stratigraphic Palynologists*. 10th Annual Meeting, Tulsa (Abstract), p. 8-9.
- CREPET, W. L. 1972. "Investigations of North American Cycadeoids; pollination mechanisms in Cycadeoidea". *American Journal of Botany*, v. 59, p. 1048-1056.
- CREPET, W. L. 1974. "Investigations of North American Cycadeoids: the reproductive biology of Cycadeoidea". *Palaeontographica B*, v. 148, p. 144-169.
- CREPET, W. L. 1979. "Some aspects of the pollination biology of Middle Eocene angiosperms". *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 27, p. 213-238.
- CREPET, W. L., & DAGHLIAN, C. P. 1980. "Castaneoid inflorescences from the Middle eocene of Tennessee and the diagnostic value of pollen (at the subfamily level) in the Fagaceae". *American Journal of Botany*, v. 67, p. 739-757.
- CREPET, W. L., & DILCHER, D. L. 1977. "Investigations of angiosperms from the eocene of North America a mimosoid inflorescence". *American Journal of Botany*, v. 64, p. 714-725.
- CREPET, W. L., DILCHER, D. L. & POTTER, F. W. 1974. "Eocene angiosperm flowers". *Science*, USA, v. 185, p. 781-782.
- CREPET, W. L., DILCHER, D. L., & POTTER, F. W. 1975. "Investigations of angiosperms from the Eocene of North America: a catkin with juglandaceous affinities". *American Journal of Botany*, v. 62, p. 813-823.

- DELEVORYAS, T. 1968. "Investigations of North American cycadeoids: structure ontogeny and phylogenetic considerations of cones of Cycadeoidea". *Palaeontographica B*, v. 121, p. 122-133.
- DILCHER, D. L. 1974. "Approaches to the identification of angiosperm leaf remains". *Botanical Review*, v. 40, p. 1-157.
- DILCHER, D. L., 1979. "Early angiosperm reproduction: an introductory report". *Review of Palaeobotany and Palynology*, v. 27, p. 291-328.
- DILCHER, D. L., CREPET, W. L., BEEKER, C. D., & REYNOLDS, H. C. 1976a. "Reproductive and vegetative anatomy of a Cretaceous angiosperm". *Science*, v. 191, p. 854-856.
- DILCHER, D. L., POTTER, F. W., & CREPET, W. L. 1976b. "Investigations of angiosperms from the Eocene of North America: juglandaceous winged fruits". *American Journal of Botany*, v. 63, p. 532-544.
- DOYLE, J. A. 1973. "Fossil evidence on early evolution of the monocotyledons". *Quarterly Review of Biologs*, v. 48, p. 339-413.
- DOYLE, J. A. 1978. "Origin of angiosperms". *Annual Review of Ecology and Systematic*, v. 9, p. 365-392.
- DOYLE, J. A. & HICKEY, L. J. 1976. "Pollen and leaves from the mid-Cretaceous Potomac Group and their bearing on early angiosperm evolution". *In Origin and Early Evolution of Angiosperms*, ed. C. B. Beck, New York: Columbia University Press, p. 139-206.
- DOYLE, J. A., Van Campo, M., & Lugardon, B. 1975. "Observations on exine structure of Eucommiidites and Lower Cretaceous angiosperm pollen". *Pollen et Spores*, Francia, v. 17, p. 429-486.
- EARMES, A. J. 1959. "The morphological basis for a Paleozoic origin of the angiosperms". *Recent Advances in Botany*, v. 1, p. 721-725.
- HARRIS, T. M. 1932. "The fossil flora of Scoresby Sound East Greenland 2: Description of seed plants *Incertae sedis* together with a discussion of certain cycadophytic cuticles". *Meddelelser om Greenland*, v. 85, p. 4-7.
- HARRIS, T. M. 1940. "On *Caytonia* Thomas". *Annals of Botany (NS)*, London, v. 4, p. 713-734.
- HARRIS, T. M. 1951. "The relationships of the Caytoniales". *Phytomorphology*, London, v. 1, p. 29-39.

- HICKEY, L. J. 1973. "Classification of the architecture of dicotyledonous leaves". *American Journal of Botany*, EUA, v. 60, p. 17-33.
- HICKEY, L. J., & DOYLE, J. A. 1977. "Early Cretaceous fossil evidence for angiosperm evolution". *Botanical Review*, v. 43, p. 3-104.
- HICKEY, L. J., & PETERSON, R. K. 1978. "*Zingiberopsis*, a fossil genus of the ginger family from Late Cretaceous to Early Eocene sediments of western interior North America". *Canadian Journal of Botany*, Canada, v. 56, p. 1136-1152.
- HICKEY, L. J. & WOLFE, J. A. 1975. "The bases of angiosperm phylogeny; vegetative morphology". *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Missouri, v. 62, p. 538-589.
- HUGHES, N. F. 1961. "Further interpretation of *Eucommiidites* Erdtman 1948". *Paleontology*, London, v. 4, p. 292-299.
- JUST, T. 1948. "Gymnosperms and the origin of angiosperms". *Botanical Gazette*, v. 110, p. 91-103.
- KRASSILOV, V. A. 1977. "Contributions to the knowledge of the Caytoniales". *Review of Palaeobotany and Palynology*, Amsterdam, v. 34, p. 115-178.
- LONG, A. G. 1966. "Some Lower Carboniferous fructifications from Berwickshire, together with a theoretical account of the evolution of ovals, cupules, and carpels". *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, London, v. 66, p. 345-375.
- LONG, A. C. 1977. "Lower Carboniferous pteridosperm cupules and the origin of angiosperms". *Transactions of the Royal Academy of Edinburgh*, Edinburgh, v. 70, p. 13-35.
- MAGALLON-PUEBLA, S. Y CEVALLOS-FERRIZ, S.R.S. 1994. "Fossil legume fruits from Tertiary strata of Puebla, Mexico". *Canadian Journal of Botany*, Canada, v. 72, p. 1027-1038.
- MAMAY, S. H. 1969. "Cycads: fossil evidence of late Paleozoic origin". *Science*, EUA, v. 164, p. 295-296.
- MAMAY, S. H. 1976. "Paleozoic origin of the cycads". *United States Geological Survey Professional Paper*, USA, no. 934, p. 1-47.
- MEEUSE, A. D. J. 1961. "The Pentoxylales and the origin of the monocotyledons". *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, c, Nederland, v. 645, p. 543-559.

- MELVILLE, R. 1960. "A new theory of the angiosperm flower". *Nature*, v. 188, p. 14-18.
- MELVILLE, R. 1962. "A new theory of the angiosperm flower". I. *New Bulletin*, v. 16, p. 1-50.
- MILLAY, M. A., & TAYLOR, T. N. 1976. "Evolutionary trends in fossil gymnosperm pollen". *Review of Palaeobotany and Palynology*, Amsterdam, v. 21, p. 65-91.
- PURI, V. 1967. "The origin and evolution of the angiosperms". *Journal of the Indian Botanical Society*, India, v. 56, p. 1-14.
- RETALLACK, G., & DILCHER, D. L. 1981a. "Arguments for a glossopterid ancestry of angiosperms". *Paleobiology*, v. 7, p. 54-67.
- RETALLACK, G., & DILCHER, D. L. 1981b. "Early angiosperm reproduction: *Prisca reynoldsii*, gen. et sp. nov. from mid-Cretaceous coastal deposits in Kansas, USA", *Palaeontographica B*, Stuttgart, Alemania, v. 179, p. 103-151.
- RODRIGUEZ DE LA ROSA, R. y CEVALLOS-FERRIZ S.R.S. 1994. "Upper Cretaceous Zingiberales fruits with in situ seeds from southeaster Coahuila, Mexico". *International Journal Plants Science*, Chicago, v. 155, no. 6, p. 785-786.
- ROTH, J. L., & DILCHER, D. L. 1970. "Investigations of angiosperms from the Eocene of North America: stipulate leaves of the Rubiaceae including a probable polyploid population". *American Journal of Botany*, v. 66, p. 1194-1207.
- SAHNI, B. 1932. "*Homoxylon rajmahalense* gen. et sp. nov., a fossil angiospermous wood, devoid of vessels, from the Rajmahal Hill, Behar". *Palaeontologia Indica*, India, v. 20, p. 1-16.
- SCOTT, R. A., & BARGHOORN, E. S. 1958. "*Phytocrene microcarpa* a new species of Icacinaceae based on Cretaceous fruits from Kreischerville, New York". *Palaeobotanist*, v. 6, p. 25-28.
- SCOTT, R. A., BARGHOORN, E. S., & Leopold, E. B. 1960. "How old are the angiosperms?" *American Journal of Science*, v. 258-A, p. 284-289.
- SERLIN, B. S., Delevoryas, T. y Weber, R. 1980-1981. "A new conifer pollen cone from the Upper Cretaceous of Coahuila, Mexico". *Review of Palaeobotany and Palynology*, Amsterdam, v. 31, p. 241-248.

- SILVA, P. A., 1969. Plantas fósiles del Jurásico Medio de Tecomatlán, Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana*, v. 27, p. 1-76.
- SILVA, P. A., 1984. "Revisión taxonómica y tipificación de las plantas jurásicas de la región de El Consuelo, Oaxaca". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana*, v. 49, p. 1-103.
- SMITH, D. L. 1964. "The evolution of the ovule". *Biological Reviews*, v. 39, p. 137-159.
- STEBBINS, G. L. 1974. *Flowering Plants: Evolution Above the Species Level*. Cambridge: Harvard University Press, Massachusetts, 399 p.
- STEBBINS, G. L. 1967. "Seeds, seedlings, and the origin of the angiosperms". In *Origin and Early Evolution of Angiosperms*, ed. C. B. Beck. New York: Columbia University Press, p. 300-311.
- STEWART, W. N. 1983. *Paleobotany and The evolution of plants*. Cambridge University Press, 405 p.
- SURANGE, K. R., & CHANDRA, S. 1971. "*Denkania indica* gen. et sp. nov. - glossopteridean fructification from the Lower Gondwana of India". *Palaeobotanist*, v. 20, p. 264-268.
- SURANGE, K. R., & CHANDRA, S. 1972. "*Lidgetonia mucoranata* s. nov. a female fructification from the Lower Gondwana of India". *Palaeobotanist*, v. 21, p. 212-226.
- TAYLOR, T. N. 1978. "The ultrastructure and reproductive significance of *Monoletes* (Pteridospermales) pollen". *Canadian Journal of Botany*, Canada, v. 56, p. 3105-3118.
- TAYLOR, T. N., & MILLAY, M. A. 1979. "Pollination biology and reproduction in early seed plants". *Review of Palaeobotany and Palynology*, Amsterdam, v. 27, p. 329-355.
- THOMAS, H. H. 1925. "The Caytoniales a new group of angiospermous plants from the Jurassic rocks of Yorkshire". *Philosophical Transactions of the Royal Society*, (London) b, v. 213, p. 299-363.
- THOMAS, H. H. 1955. "Mesozoic pteridosperms". *Phytomorphology*, v. 15, p. 177-185.
- THOMAS, H. H. 1957. "Plant morphology and the evolution of flowering plants". *Proceedings of the Linnean Society (Botany)*, v. 168, p. 125-133.

- TIDWELL, W. D., SIMPER, A. D., & THAYN, G. F. 1977. "Additional information concerning the controversial Triassic plant *Sanmiguelia*". *Palaeontographica B*, Stuttgart, v. 163, p. 143-151.
- WALKER, W. J. 1976. "Comparative pollen morphology and phylogeny of the ranalean complex". In *Origin and Early Evolution of Angiosperms*, ed. C. B. Meek, New York, Columbia University Press, p. 241-99.
- WALTON, J. 1949. "*Calathospermum scoticum* an ovuliferous fructification of Lower Carboniferous age from Dunbartonshire". *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, London, v. 61, p. 719-728.
- WIELAND, G. R. 1914-1916. *La flora liásica de la Mixteca Alta*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 31, p. 1-165.
- WEBER, Reinhard. 1980-1981. "A new conifer pollen cone from the Upper Cretaceous of Coahuila, Mexico". *Review of Palaeobotany and Palynology*, Amsterdam, v. 31, p. 241-248.
- WEBER, Reinhard. 1995. "*Laurozamites*, a new genus and new species of Bennettitales leaves from the Late Triassic of North America". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 12, no. 1, p. 68-93.
- WEBER, Reinhard. 1995. "A new species of *Scoresbya* Harris and *Sonoraphyllum* gen. nov. (*Plantae incerta sedis*) from the Late Triassic of Sonora, Mexico". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 12, p. 94-107.
- WIELAND, G. R. 1916. *American Fossil Cycads*. v. II. Washington, Carnegie Institute, 277 p.
- WILSON, C. L. 1942. "The telome theory and the origin of the stamen". *American Journal of Botany*, EUA, v. 29, p. 759-764.
- ZAVADA, M. S., & CREPET, W. L. 1981. "Investigation of angiosperms from the Middle Eocene of North America: flowers of the Celticoideae". *American Journal of Botany*, EUA, v. 68, p. 924-933.

CAPÍTULO 4. PLANTAS DEL PALEOZOICO DE MÉXICO

Los estudios realizados en las floras paleozoicas de México se han basado en megafósiles y constituyen un campo muy restringido, pues son escasas las rocas continentales con plantas de esta edad hasta ahora conocidas.

Las floras paleozoicas son mucho menos abundantes, en comparación con la vegetación mesozoica del país, ya que sólo se han obtenido de escasas localidades en seis estados de la república: las tafofloras de la Formación Matzitzi, en la parte sur del estado de Puebla, cerca de Tehuacán, a la que se le asigna una edad de Pérmico; de la Formación Patlanoaya en el suroeste del estado de Puebla, del Paleozoico Tardío; de la Formación Santa Rosa Superior, de edad pensilvánica media y superior; de la Formación Grupera del Pérmico Inferior y la de la Formación Paso Hondo del Pérmico Medio, estas últimas formaciones afloran en la región de Chicomuselo en el sur del estado de Chiapas.

En las rocas marinas de la Formación Ixtaltepec que se localiza en la parte centro-septentrional del estado de Oaxaca, se cita un órgano reproductor de una pteridosperma de edad pensilvánica; en la región de Ciudad Victoria en el estado de Tamaulipas donde aflora la Formación Guacamaya, se mencionan restos de vegetales de edad pérmica; en el noreste del estado de Hidalgo aflora también la Formación Guacamaya de donde se menciona una flora fósil asignada al Pérmico Inferior (Leonardiano-Wolfcampiano). La pequeña flora fósil no está muy bien conservada, en la que predominan los helechos, con aspecto pecopterideo (*Pecopteris* sp., *P. arborescens*), asociados con otros grupos como pteridospermas (*Neuropteris* sp., *Odontopteris* sp.), una Cycadophyta (*Taeniopteris*) y una Coniferophyta (*Walchia*).

En el estado de Guerrero se colectó un ejemplar correspondiente a un fragmento de una Lepidodendral proveniente de la región de Olinalá, donde aflora la Formación Olinalá de edad pérmica. Esta formación también se conoce como Formación Los Arcos. Las localidades mencionadas están representadas en la figura 4.1.

En México la tafoflora paleozoica proviene de las unidades estratigráficas que se resumen a continuación con relación a su litología y flora.

Formación Matzitzi

Los afloramientos de la unidad se encuentran al sur y sureste de Zapotitlán, al norte de San Francisco Xochiltepec y los Reyes Metzontla, en el distrito de Tehuacán, Puebla. Se ha señalado como localidad tipo el cerro Matzitzi, ubicado al sureste de San Francisco Xochiltepec, de donde toma su nombre.

La Formación Matzitzi se describe como una sección gruesa de arenisca de grano fino con clásticos de cuarzo y feldespato, con intercalaciones de capas delgadas de carbón y lutita apizarrada de color gris pardo, con un espesor aproximado de 600 metros, también se consideró la posibilidad de que las mencionadas capas representaran una continuación de los llamados "Lechos Rojos"; la formación descansa discordantemente sobre el Complejo Basal, y está cubierta también en forma discordante por las rocas del Jurásico Superior de la Formación Mapache.

La Formación Matzitzi fue comparada con la Formación Todos Santos del Triásico-Jurásico y con los grupos del Jurásico Consuelo y Tecocoyunca, pero no presenta cambios litológicos continuos y uniformes en su distribución regional, ni intercalaciones marinas ni por tener escasas vetas de carbón. La determinación bioestratigráfica de la edad de la Formación Matzitzi no era precisa y fue asignada al Triásico Tardío, al Rético-Liásico-Dogger, a la parte superior del Jurásico Inferior y parte inferior del Jurásico Medio (Caloviano). En la actualidad a esta formación se le ha asignado edad pensilvánica tardía-pérmica, ya que se descubrió una flora característica del Paleozoico Tardío.

De la Formación Matzitzi se obtuvieron moldes de plantas *in situ* por su posición perpendicular a la estratificación, principalmente moldes internos de troncos de *Calamites*, también se menciona la presencia de frondas de pteridospermas, las que se consideran fósiles alóctonos por su posición. El análisis de las floras fósiles de origen continental que se presentan *in situ*, proporciona datos de gran importancia que contribuyen de modo preciso al conocimiento del clima y de la geografía del pasado y, por lo tanto, son una aportación para la mejor comprensión de la historia geológica de México.

Dentro de las floras paleozoicas de México, las mejor conocidas y más bien conservadas, son las plantas de la Formación Matzitzi que contiene abundantes ejemplares, en los que son frecuentes los fragmentos de troncos de *Calamites*, fragmentos de cortezas de licopodios arborescentes como *Lepidodendron* y *Sigillaria*, así como algunas raíces de Lepidodendrales y unos cuantos géneros de helechos y pteridospermas como *Pecopteris*, *Neuropteris*, *Ovopteris* y *Odontopteris*.

Formación Guacamaya

La unidad aflora en rocas de edad wolfcampiana y leonardiana que están expuestas en la región de Calnali, en el arroyo de Chipoco a 4 kilómetros al oeste de Tlanchinol, estado de Hidalgo,

y en la superficie de aproximadamente 300 kilómetros cuadrados al sureste del camino Ixtlahuaco-Tlanchinol, en el río Chimeca, en el camino Yatipán-Tianguistengo, en el río Tlahuelompa, estado de Hidalgo y sobre el camino San Mateo-Cholula, estado de Veracruz, también están expuestas estas rocas en la región de Ciudad Victoria, en el cañón de la Peregrina y en la Presa, estado de Tamaulipas. Su localidad tipo se halla entre los ranchos La Guacamaya y La Peregrina, en el cañón de la Peregrina o de la Presa en el estado de Tamaulipas, aflorando únicamente sedimentos de edad leonardiana en la localidad tipo. La litología de la Formación Guacamaya consiste en una secuencia de arenisca, conglomerado y lutita de color gris oscuro, negro y gris verdoso.

La flora obtenida en la Formación Guacamaya consta de varios géneros de Sphenopsida, entre los que se encuentran impresiones de tallos de *Calamites* y *Annularia* o *Lobatannularia*, de Pteropsida como *Pecopteris*, *P. unita* Brongniart, *Neuropteris* sp., *Sphenopteris* sp., cf. *Validopteris* y cf. *Gigantopteris*; entre las coníferas existen *Cordaites* y *Walchia* (?) y probablemente una Cycadophyta *Taeniopteris*. La fauna obtenida es abundante y predominan los fusulínidos, braquiópodos, pelecípodos y algunos trilobitas. Se menciona también la impresión del ala de un insecto, semejante a las de ciertas cucarachas paleozoicas.

La edad pérmica (Wolfcampiano-Leonardiano) que se le asigna, la sugieren algunos géneros que forman el conjunto paleoflorístico, aunque las plantas son fragmentarias y pobremente conservadas.

Formación Santa Rosa Superior.

Esta unidad también recibe el nombre de Lutitas y Filitas Santa Rosa Superior; aflora en los alrededores de Chicomuselo, Chiapas y ocasionalmente al sureste en la sección de Monte Redondo, cubriendo en total una superficie de 200 metros cuadrados, aproximadamente. La edad asignada a estas rocas es de Pensilvánico Medio y Superior con base en la presencia de una alga del género *Komia*.

En cuanto a su litología consiste en lutita, limolita ligeramente calcárea, en ocasiones alterna con estratos de arenisca de color gris verdoso, de grano medio a fino. En su contacto inferior, descansa en forma discordante sobre rocas metamórficas del Misisípico y está cubierta al norte de Chicomuselo, también en forma discordante por un horizonte de cantos rodados de caliza, con abundantes fósiles de invertebrados marinos entre ellos crinoides y fusulínidos. En la parte sureste del área, en la sección de Monte Redondo, el contacto es transicional con alternancia de caliza y lutita.

En la carretera Comalapa-Paso Hondo y Monte Redondo-Guadalupe Victoria, estado de Chiapas, se encontraron capas con abundantes braquiópodos, posibles inocerámidos y restos de plantas en lutita compacta. En la sección del río Comalapa también hay escasos restos de plantas y estructuras sedimentarias primarias como juntas de desecación, rizaduras de oleaje y laminación cruzada, por lo que con base en estas evidencias orgánicas e inorgánicas se sugiere

un medio ambiente de depósito somero con influencia temporal marina, señalando que puede tratarse de depósitos lagunares amplios o de extensas llanuras de inundación.

Formación Grupera

Se conoce también como Lutitas y Calizas Grupera. La unidad aflora al norte de Chicomuselo, Chiapas, con una superficie de 200 kilómetros cuadrados. La localidad tipo se encuentra en la sección Monte Redondo y su litología consiste en una secuencia de lutita de color gris oscuro a gris verdoso y café, que alterna con caliza de color gris oscuro en la parte norte de Chicomuselo, mientras que en la sección Monte Redondo hay alternancia de lutita café amarillento con abundantes fósiles de invertebrados marinos como corales, briozoarios, equinodermos y fusulínidos con algunas capas de arenisca de grano medio a fino alternando con capas de caliza gris oscuro o negro, también con abundantes fósiles de equinodermos, corales, ostrácodos, foraminíferos principalmente fusulínidos y algas.

La edad Pérmico Inferior (Wolfcampiano-Leonardiano Inferior) asignada a esta unidad, se basa en abundante fauna indicadora de esa edad. También contiene restos de vegetales fósiles. La presencia de lutita y arenisca sugiere aportación de terrígenos predominantes sobre la precipitación de carbonatos.

Formación Paso Hondo

Se conoce la formación también con el nombre de Calizas Paso Hondo; aflora en el cerro Vainilla y al sur de Paso Hondo, en el estado de Chiapas, donde se considera su localidad original, aunque tiene su mayor desarrollo hacia Guatemala.

En cuanto a su litología, consiste en caliza de color gris oscuro a negro y café grisáceo con abundante fauna marina de crinoides, briozoarios, braquiópodos, corales aislados, moluscos (gasterópodos y amonoideos), ostrácodos, foraminíferos principalmente fusulínidos y carpas de algas. En la base de la columna hay intercalaciones delgadas de lutita con restos de plantas que consisten en hojas, tallos y raicillas.

Se ha señalado para esta unidad una amplia extensión en el área de Chiapas, donde se observan facies lagunares detríticas representadas por caliza, lutita y arenisca con horizontes de carbón, que contienen restos de plantas fósiles como hojas, tallos y raicillas, lo que sugiere condiciones de ambientes continentales temporales probablemente pantanosos; también se observa en la base de la unidad, la presencia de rizaduras de corrientes en terrígenos, juntas de desecación y laminación cruzada, interpretadas como tierras bajas pantanosas que formaron llanuras de inundación. En la parte central se observan facies de plataforma somera, con abundante fauna marina (corales, equinodermos, briozoarios, gasterópodos y foraminíferos). En la porción norte se encuentran amplios desarrollos de brecha de talud asociados con

carpetas de algas y fusulínidos. Las algas se consideran como los organismos principales formadores de arrecifes y los fusulínidos presentan un hábitat periarrecifal.

El contacto inferior de la caliza Paso Hondo es transicional con la Formación Grupera, mientras que el contacto superior es discordante con los lechos rojos de la Formación Todos Santos.

La caliza Paso Hondo es asignada a una edad del Pérmico Medio (Leonardiano) con base en el estudio micropaleontológico, principalmente de fusulínidos asociados con algas como *Tubiphytes* que corresponde a una edad leonardiana. Las plantas provenientes de estos afloramientos no están estudiadas todavía, únicamente se menciona su existencia en la flora del Paleozoico de Chiapas.

Formación Ixtaltepec

La formación se localiza al norte del poblado de Santiago Ixtaltepec, estado de Oaxaca. Su mejor afloramiento se encuentra en el arroyo de Yododeñe y la cuesta de Tiñu, a un kilómetro al oriente de la rancharía de Yododeñe. Fue propuesto para una secuencia de clásticos marinos con fauna pensilvánica de braquiópodos identificados como *Anthracospirifer occideus*, *Reticularia* sp., *Thynchopora* sp. y algunos grandes productidos semejantes al género *Inflatia*, que sugieren una edad pensilvánica temprana-pensilvánica media. La flora fósil obtenida de esta formación es muy escasa, pues consta únicamente de una estructura fértil de pteridosperma, a la que se asignó edad pensilvánica. La presencia de este fósil podría indicar la cercanía de una costa de donde probablemente fue transportado.

Se ha mencionado la posibilidad de correlacionar a la Formación Ixtaltepec con la Formación Matzitz de Tehuacán, Puebla, que contiene una flora fósil perteneciente al Pérmico y con los estratos del Pérmico Inferior del cañón de la Peregrina, cerca de Ciudad Victoria, Tamaulipas.

La litología de la Formación Ixtaltepec consiste en lutita, limolita y arenisca con intercalaciones de lentes de caliza. En su contacto inferior descansa sobre los clásticos de la Formación Santiago y en su contacto superior está cubierta con ligera discordancia por los conglomerados de la Formación Yododeñe.

Formación Olinalá-Los Arcos

La Formación Olinalá fue propuesta para una secuencia de sedimentos clásticos marinos consistentes en lutita, arenisca, limolita, conglomerado y caliza. Aflora al este noreste del pueblo de Olinalá, estado de Guerrero. Su localidad tipo se encuentra en el flanco occidental del Sinclinorio de Olinalá-Huamantitlán y su sección tipo es la cañada de Los Arcos. La edad asignada a esta unidad es de Pensilvánico-Pérmico-Triásico (?), con base en una fauna de

invertebrados marinos consistente en crinoides, braquiópodos, gasterópodos, corales y amonitas indicativos de edad pensilvánica superior. Los amonitas son indicativos del Pérmico.

En su contacto inferior esta unidad sobreyace en forma discordante al Complejo Acatlán del Paleozoico Inferior y en su contacto superior está cubierta también en forma discordante por la Ignimbrita Las Lluvias o por el Conglomerado Cualac.

Estas capas también se mencionan con el nombre de Formación Los Arcos, y se describen como una secuencia de rocas de origen sedimentario marino y litoral a la que se le asignó edad pérmica, con base en amonitas del género *Stacheoceras* indicativo de Pérmico Superior y *Agathiceras* con alcance estratigráfico de Pensilvánico-Pérmico Medio en braquiópodos productidos y rinchonélidos. Entre los ranchos Llano Grande y Viejo al oriente de Olinalá, se colectaron restos de vegetales pertenecientes a raíces de Lepidodendrales, grupo característico del Paleozoico Tardío.

El Paleozoico Superior (Carbonífero-Pérmico) está ampliamente distribuido en la república mexicana, sin embargo la extensión de los sedimentos provistos de flora fósil durante este período, indican que las tierras ocuparon una región limitada al centro y sur de México, en tanto que el mar cubrió amplias superficies en el territorio mexicano, encontrándose hacia el norte en los estados de Chihuahua, Sonora, Coahuila y Tamaulipas. Algunos autores señalan que en el sur del país, existe dificultad para explicar la conexión de los mares pensilvánicos de Oaxaca con los de Chiapas y Guatemala debido a la escasa fauna.

Las capas terrestres están representadas por rocas continentales con restos de plantas megafósiles y corresponden al Paleozoico Superior. Se ha mencionado la presencia de esporas fósiles durante el Misisípico, representadas por los géneros *Densosporites* y *Lycospora* en depósitos de tipo flysch en la Estación de Catorce, San Luis Potosí. Plantas de edad pérmica se conocen en los estados de Oaxaca (Formación Ixtaltepec), Puebla (Formación Matzitzi) y Chiapas (Formación Santa Rosa Superior).

Los afloramientos que contienen plantas megafósiles continentales del Pérmico se encuentran en un área restringida principalmente hacia el sur del país, en los estados de Hidalgo y Tamaulipas (Formación Guacamaya), Chiapas (Formación Grupera y Formación Paso Hondo) y Guerrero (Formación Olinalá o Los Arcos).

Abundantes fósiles de invertebrados han sido observados en rocas del Paleozoico Superior, como son equinodermos (crinoides), ostrácodos, briozoarios (fenestélidos), foraminíferos, fragmentos de trilobitas y fragmentos de material quitinoso.

La república mexicana y en general el continente americano (América del norte), sufrió severos desplazamientos, particularmente hacia el Paleozoico Tardío y Mesozoico Temprano. Es difícil conocer con exactitud cómo fue esta región del continente en el pasado, se ha señalado la imposibilidad de contar con un panorama satisfactorio sobre la geología histórica del Paleozoico Superior en México, ya que falta información con respecto a esta edad, la cual

se podrá conocer hasta que sea mejor estudiado y probablemente entonces se obtendrán buenos mapas paleogeográficos que sean confiables.

CONCLUSIONES

En comparación con la vegetación mesozoica de México, los afloramientos portadores de flora paleozoica del país son muy escasos, tienen una distribución geográfica restringida en el territorio nacional, y más aquellos que contienen plantas bien conservadas. Las escasas localidades se encuentran en los estados de Puebla, Tamaulipas, Hidalgo, Guerrero, Oaxaca y Chiapas; las plantas están representadas por géneros que fueron predominantes en el Paleozoico Tardío.

En general las floras fósiles de México son semejantes a las floras de otras regiones del mundo. La taflorea paleozoica mexicana se compara con algunas floras europeas y de Estados Unidos, lo que sugiere que el clima durante ese tiempo fue uniforme en casi todo el mundo.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, J. G., ORDOÑEZ, E. y BUELNA, R. J., 1986. "Bosquejo Geológico de México". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. México, *Boletín* 4-6, 167 p.
- BARCELÓ, J., 1978. "Estratigrafía y petrografía detallada del área de Tehuacán, San Juan Raya, estado de Puebla". Universidad Nacional Autónoma de México, tesis de licenciatura, 143 p.
- BUITRÓN, B. E., 1977. "Invertebrados (Crinoides y Bivalvia) del Pensilvánico de Chiapas". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 1, no. 2, p. 144-150.
- BURCKHARDT, CARL, 1930. "Etude synthétique sur le Mesozoique mexicain". *Memoires Society Paleontologie Suisse*, V. 49-50, 280 p.
- CALDERÓN, G. A., 1956. "Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya, Puebla". Congreso Internacional de Geología, 20 Ses., México, *Libreto-guía Excursión*. A-11, p. 9-33.
- CARRILLO, B. J., 1961. "Geología del Anticlinorio Huizachal- Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas". *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 13, 98 p.
- CARRILLO, B. J., 1965. "Estudio geológico de una parte del Anticlinorio Huayacocotla". *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 12, no. 5-6, p. 1-73.
- CARRILLO, M. M. y MARTÍNEZ, H. E., 1981 (1983). "Evidencias de facies continentales en la Formación Matzitzi, estado de Puebla". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 5, no. 1, p. 117-118.
- CORONA, R., 1981 (1983). "Estratigrafía de la región de Olinalá - Tecocoyunca, noreste del estado de Guerrero". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 5, no. 1, p. 17- 18.
- CSERNA, ZOLTAN DE, 1970. "Reflexiones sobre algunos de los problemas de la Geología de la parte centromeridional de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 3, no. 1, p. 37-49.
- DELEVORYAS, T. 1968. "Jurassic Paleobotany in Oaxaca". In Geology Society American, *Guidebook for the 1968 Annales Meeting*, Mexico City, p. 10-14.

- FLORES, L. A. y BUITRÓN, B. E., 1982. "Revisión y aportes a la estratigrafía de la Montaña de Guerrero". Universidad Autónoma de Guerrero, *Serie Técnica Científica*, 26 p.
- FLORES, R. T., 1909. "Datos para la Geología del estado de Oaxaca". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 5, p. 107-128.
- HERNÁNDEZ, G. R., 1973. "Paleogeografía del Paleozoico de Chiapas, México". *Boletín Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v., 25, p. 79-134.
- HINOJOSA, G. A., 1965. "Levantamiento geológico del área de Chicomuselo, Chiapas". Petróleos Mexicanos, México, D. F. (Informe inédito).
- LÓPEZ RAMOS, E., 1979. *Geología de México*. Tomo III, Gorostiza, México, 446 p.
- LÓPEZ RAMOS, E., 1981. "Paleogeografía y tectónica del Mesozoico en México". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 5, no. 2, p. 158-177.
- MÜLLERRIED, F. G., 1933. "Estudios paleontológicos y estratigráficos en la región de Tehuacán, Puebla". Universidad Nacional Autónoma de México, *Anales del Instituto de Biología*, v.4, p. 33-46.
- PANTOJA, A. J., 1970. "Rocas sedimentarias paleozoicas de la región centroseptentrional de Oaxaca". Sociedad Geológica Mexicana, *Libreto-guía excursión México-Oaxaca*, p. 67-84.
- SILVA, P.A, 1970a. "Plantas del Pensilvánico de Tehuacán, Puebla". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana* 29, 108 p., 31 lám.
- SILVA, P.A, 1970b. "Fructificación de pteridosperma en el Pensilvánico de Oaxaca". Sociedad Geológica Mexicana, *Primera Convención Nacional. Resúmenes*, p. 85-86.
- SILVA, P.A. 1981. "Visión panorámica sobre la paleobotánica de México". *Anais do II Congresso Latinoamericano de Paleontología*, Porto Alegre, Brasil, v. 2, p. 919-928.
- THOMPSON, M. L. y MILLER, A. K., 1944. "The Permian of southernmost México". *Journal of Paleontology*, v. 18, p. 481-504.
- WEBER, Reinhard., 1980. "Megafósiles de coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de México y consideraciones generales sobre las coníferas mesozoicas de México". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 4, no. 2, p. 11-124.

CAPITULO 5. FLORA TRIÁSICA DE MÉXICO

El Triásico es un periodo de gran importancia para la paleobotánica, pues ha sido considerado como de transición entre las floras del Paleozoico Superior y las del Mesozoico. La vegetación triásica está constituida por los últimos elementos originados en el Carbonífero y por otros recién surgidos, que van a dar origen a las plantas típicas del Jurásico y Cretácico. Entre los primeros se encuentran equisetales, los helechos, las pteridospermas y las coníferas, y entre los grupos nuevos destacan las cicadofitas, además de las ginkgoales y las caytoniales.

Varios géneros de plantas paleozoicas se conservaron con la misma distribución al inicio del Triásico, entre ellos, *Glossopteris*, *Pelourdea*, *Neoggerathiopsis*, *Neocalamites*, *Schizoneura* y algunas coníferas del orden Voltziales. Se observa una notable evolución en algunas plantas, así como un empobrecimiento en la flora del Pérmico-Carbonífero durante el periodo Triásico.

Las rocas triásicas de México provistas de plantas tienen una distribución restringida. La vegetación está constituida principalmente por cicadofitas, helechos, equisetos y coniferofitas.

Las cicadofitas constituyen un grupo de plantas vasculares que tuvieron una amplia distribución en el Triásico, cuyo registro fósil es importante a partir de este periodo. Alcanzaron un gran desarrollo durante el Jurásico Medio y Tardío, y declinaron en el Cretácico Tardío. El orden de las Bennetitales o Cycadeoidales es uno de los más representativos de este grupo, en el Triásico los géneros *Pterophyllum*, *Anomozamites*, *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Nilssoniopteris*, *Cycadolepis* y *Zamites* son frecuentes en varias regiones del mundo. Las Bennetitales del Triásico de México están representadas por *Cycadolepis*, *Otozamites*, *Pterophyllum*, *Zamites*, *Taeniopteris* y *Williamsonia*.

El orden Cycadales empieza a declinar en el Cretácico y persiste en la actualidad con pocos géneros que están restringidos a regiones tropicales y subtropicales. Tiene como representantes más abundantes en el Triásico Temprano a los géneros *Nilssonia*, *Ctenis*, *Pseudoctenis*, y *Doratophyllum* en el Triásico Tardío. En México las cycadales son escasas, se citan géneros como *Nilssonia* y *Ctenophyllum*.

Las Pteridospermas (helechos con semilla) son importantes durante el Triásico; las constituyen plantas con follaje de helecho, pero provistas de semilla; se caracterizan porque la epidermis está cubierta por una membrana cutinizada, cuyo grosor sobrepasa notablemente el espesor de la cutícula de los helechos. Son plantas extintas que aparecieron en el Paleozoico, fueron muy abundantes en el Paleozoico Tardío, existieron en el Mesozoico, principalmente en el periodo

Triásico, en cuyas rocas fueron encontradas por vez primera las frondas asociadas con fructificaciones masculinas y femeninas. En el Rético de Groenlandia, África del sur y Sudamérica, se han descrito numerosas pteridospermas. Entre las del Triásico se citan con frecuencia, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur, representantes del género *Thinfeldia*. *Dicroidium* es un género semejante a *Thinfeldia*, pero restringido al hemisferio sur, se encuentra abundantemente distribuido, tanto en América como en África. Presenta una considerable variación en la forma de las hojas y sus raquis principales están divididos dicotónicamente. *Xilopteris* o *Stenopteris* es otra planta con pínulas lineares, abundante en el Triásico. *Rhexoxylon* estuvo ampliamente distribuido en el Triásico de África del sur y Sudamérica, donde se han encontrado sus restos asociados con varios esqueletos de reptiles. Por esta razón y por presentar grandes raíces, se supone que la planta vivió en ambientes semipantanosos. En las rocas triásicas de México se menciona el género *Alethopteris*. Las pteridospermas están mejor representadas en el país durante el Pérmico.

Las caytoniales que se consideran como pteridospermas por la mayoría de los autores, se conocen del Triásico Superior al Cretácico. El género *Sagenopteris* tiene hojas compuestas y de forma palmeada; es abundante en el hemisferio sur, aunque también se encuentra en el hemisferio norte. Se cita del Rético de Groenlandia. En el Triásico de México, hasta ahora no se han mencionado caytoniales.

Los helechos fueron constituyentes importantes de las asociaciones paleoflorísticas del Triásico, varios grupos fueron arborescentes, pero la mayoría de talla semejante a la de los actuales y formaron parte importante de la vegetación herbácea. Entre los helechos actuales existen formas arborescentes en regiones tropicales. La distribución de los helechos puede decirse que es cosmopolita; sin embargo, preferentemente habitan lugares húmedos, sombríos y de moderada temperatura, por lo que podría aceptarse que en el pasado geológico, donde se han encontrado abundantes restos de helechos, imperó un clima húmedo y probablemente existió una vegetación arborescente que les dio nombre, ya que estos se han mencionado asociados frecuentemente con restos de coníferas y de ginkgoales.

Las Matoniaceas comprenden helechos que tuvieron una amplia distribución en el pasado, actualmente se encuentran restringidas a una región al este de India. El género *Phlebopteris* aparece en el Triásico y está bien representado en la Formación Chinle de Arizona, del Triásico Superior. El género *Cladophlebis* fue abundante en América del sur y en África durante el Triásico; en América del norte se han identificado casi 40 especies en estratos del Triásico Inferior; son muy frecuentes en el Jurásico y en el Cretácico Inferior. *Cladopteris* es un género artificial, cuya posición sistemática es dudosa, aunque algunos autores lo han situado dentro de la familia Osmundaceae.

El género *Dictyophyllum* de la familia Dipteridaceae, durante el Rético (Triásico Superior), tuvo una extensa distribución en una faja comprendida entre los 50° de latitud norte y los 60° de latitud sur. *Chiropteris* es otro género que se ha considerado en general como helecho, aunque para algunos autores su posición sistemática es incierta. Tiene hojas en forma

palmeada y nervadura reticular. Se encuentra distribuido ampliamente durante el Triásico de Sudamérica, en África del sur y también en latitudes situadas más al norte.

La familia Marattiaceae es importante durante el Triásico y al final de ese periodo declina. Las formas vivientes son arborescentes o arbustivas; los géneros *Marattia* y *Danaea* son los más importantes. Entre los fósiles más abundantes en el Triásico se encuentra el género *Danaeopteris*.

En el Triásico de México los helechos se encuentran bien representados con los géneros *Asterotheca*, *Mertensides* (Marattiaceae), *Cladophlebis* (Osmundaceae), *Phlebopteris* (Matoniaceae) y *Cynepteris* (Cynepteriaceae).

El orden Coniferales abunda en el Paleozoico y su presencia paleoflorística en el Mesozoico es muy importante. Los géneros más representativos en el Triásico son: *Podozamites*, que vivió hasta el Cretácico y tuvo una distribución cosmopolita; *Cycadocarpium*, que existió del Triásico Tardío al Liásico; y *Araucarioxylon*, uno de los géneros más abundantes y desarrollados del Triásico de Arizona. Entre las coniferofitas triásicas de México se mencionan los géneros *Podozamites*, *Palissya*, *Cycadites*, *Abietites*, *Cephalotaxopsis*, *Pelourdea* y *Elatocladus*.

En la flora triásica las equisetales se encuentran bien representadas. Actualmente se conoce un solo género, *Equisetum*, con más de 25 especies, el cual apareció en el Carbonífero y floreció en el Mesozoico. Las formas actuales, así como las fósiles se caracterizan por no presentar crecimiento secundario; los tallos están divididos en nudos y entrenudos y los entrenudos ornamentados con surcos y costillas longitudinales; en los nudos hay verticilos foliares con hojas fusionadas en la base formando una vaina y las estructuras reproductoras son estróbilos, dispuestos en la parte terminal de las ramas. varios autores han usado el nombre de *Equisetites* para los representantes fósiles y el de *Equisetum* para las formas actuales, sin embargo como no hay diferencia entre los tallos fósiles y los actuales se considera a las formas fósiles dentro del género *Equisetum*. En las rocas triásicas de México están presentes los géneros *Equisetum* y *Neocolamites*.

En el Triásico el género mas conocido es *Neocalamites*, semejante a *Calamites*, género arborescente del Paleozoico Tardío del que probablemente sea un descendiente directo. Algunos autores consideran a *Neocalamites* dentro del orden Calamitales, junto con *Calamites*, ya que ambos géneros tienen crecimiento secundario. *Schizoneura* es otro género del orden Equisetales, que tuvo una distribución amplia durante el Pérmico y Triásico.

El grupo de las Ginkgoales está representado en el Triásico, por los géneros *Sphenobaiera*, *Ginkgoites*, *Baiera* y *Phoenicopsis*, presentes en el hemisferio norte y en el hemisferio sur. Los géneros de este orden en el Triásico de México son *Baiera* y *Sphenobaiera*.

UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS DEL TRIÁSICO DE MÉXICO QUE CONTIENEN FLORA

Las unidades estratigráficas de México con plantas de edad triásica son escasas, únicamente se conocen en dos formaciones del Triásico Superior: la Formación Santa Clara en el estado de Sonora y la Formación Huizachal en el estado de Tamaulipas, hasta ahora no se han descubierto en México sedimentos continentales o marinos correspondientes al Triásico Inferior y Medio.

Formación Santa Clara

Las rocas triásicas que afloran en el estado de Sonora contienen la flora más abundante y mejor conservada de México, durante este periodo han sido objeto de diversos estudios por su relación con capas de carbón.

La Formación Santa Clara aflora en la parte central del estado de Sonora, su localidad tipo está en los arroyos de pie de la Cuesta y Tarahumara, situados inmediatamente enfrente de la estación de Santa Clara, que está sobre el camino que une Tecoripa con Tónichi. La edad de estas rocas había sido citada como del Triásico Tardío-Jurásico Temprano. Actualmente se les considera pertenecientes al piso Cárnico, debido a la presencia de invertebrados marinos indicativos de esta edad.

La litología de la Formación Santa Clara consta de arenisca y lutita con intercalaciones de carbón. Está cubierta por la Formación Coyotes y descansa sobre la Formación Arrayane. Contiene abundantes plantas fósiles, entre las que se encuentran helechos de los géneros *Phlebopteris*, *Cynepteris*, *Asterocarpus*, *Thaumatopteris*, *Mertensides* y *Cladophlebis*; la pteridosperma *Alethopteris*, las cicadophytas *Ctenophyllum*, *Taeniopteris*, *Nilssonia*, *Pterophyllum*, *Otozamites*, *Sphenozamites* y *Zamites*; las Ginkgoales *Sphenobaiera*, *Baiera* y *Ginkgo*; de las Coniferales los géneros *Podozamites*, *Palissya*, *Cycadites*, *Abietites*, *Pelourdea* y *Elatocladus* y las Equisetales *Equisetum* y *Neocalamites*.

Santa Clara, San Marcial y El Salto son las principales localidades que contienen plantas. La localidad de San Marcial se encuentra en una región de lomeríos bajos, en el lado occidental del río Matape, en el desierto de Sonora. La localidad de El Salto cercana a San Marcial también es importante. Por muchos años la zona carbonífera conocida con el nombre de distrito de Santa Clara ha sido el punto central de las minas de carbón existentes en la región. Actualmente no se explota formalmente este carbón, pero se han efectuado estudios en los depósitos que constituye esta cuenca carbonífera, por conocer la pureza del carbón.

Los invertebrados marinos fósiles que están asociados con la tafoflora en las mismas capas indican que esta asociación no se debió a un acarreo de las hojas del mar, puesto que las hojas están bien conservadas, sino posiblemente a una inversión marina temporal que cubrió tierras bajas, en donde quedaron estancadas las aguas que después fueron diluidas por los cauces de los ríos. Se formaron pantanos con una vegetación en la que abundaron las cicadofitas, los

helechos y otras plantas. En estos pantanos se siguió acumulando material orgánico, que dio origen a los mantos de carbón. La sucesión de estas capas de carbón y caliza se acumuló en la llamada cuenca de San Marcial.

Las observaciones litológicas y paleontológicas en Santa Clara y San Marcial apoyan la conclusión de que estos estratos cárnicos son de facies palustre. La ausencia de estratos triásicos al norte y noreste de Sonora, así como en el vecino estado de Chihuahua, indica que estas regiones fueron altas y constituyeron la fuente de los sedimentos.

Formación Huizachal

La unidad corresponde a un depósito continental constituido por una secuencia de lutita arenosa, arenisca y conglomerado de color rojo, verde y gris verdoso, que en ocasiones alcanza más de 2,000 metros de espesor. Aflora en el anticlinorio Huizachal-Peregrina por lo tanto, presenta una amplia distribución en varias localidades de los estados de Tamaulipas y San Luis Potosí. Su localidad tipo se encuentra en el valle del Huizachal, aproximadamente a 20 kilómetros al suroeste de Ciudad Victoria, Tamaulipas, pero aflora con mayor amplitud en el cañón de la Boca, al noroeste de esta ciudad.

Se ha considerado para la Formación Huizachal una edad de Jurásico Medio, con la parte basal no más antigua que Jurásico Temprano. Contiene plantas bien conservadas de edad tardía en la parte media e inferior, entre las que se encuentran *Pterophyllum fragile* Newberry, *Pterophyllum inaequale* Fontaine, *Cephalotaxopsis carolinensis* Fontaine y fragmentos de *Podozamites*, que fueron colectados en el cañón del Novillo, próximo a Ciudad Victoria y cerca de la parte basal de la formación, en el cañón de la Boca, así como fragmentos de madera fósil en el cañón de Guaymas, que fueron identificados como *Araucarioxylon* y fragmentos de tallo de *Equisetites* y *Equisetum*; ambos géneros son frecuentes durante el Mesozoico. Nuevos estudios demuestran que no existe la Formación Huizachal en el estado de Hidalgo.

En el camino Tlahuelompa a San Mateo, en el límite de los estados de Hidalgo y Veracruz, aflora la parte basal de la Formación Huizachal provista de una flora abundante constituida por los helechos *Thaumatopteris* sp. cf. *T. cochibei* (Yokoyama) Dishi y Yamasita, *Mertensides bullatus* (Bunbury) Fontaine y *Asterotheca meriani* (Brongniart) Stur, por la pteridosperma del género *Stenopteris* y por las Bennetitales *Otozamites hespera* Wieland y *Pterophyllum longifolium* Brongniart. De la parte alta de esta misma formación se describió una flora constituida por *Otozamites hespera* Wieland, *Zamites reglei*, *Ptilophyllum acutifolium* y *Williamsonia netzahualcoyotlii* Wieland que se consideró del Jurásico Temprano.

La edad asignada a la Formación Huizachal es Triásico Tardío para la parte inferior y media y posiblemente Liásico temprano para la parte alta, con base en las relaciones estratigráficas y el contenido fosilífero. Esta formación es correlacionable con otras unidades litológicas que

afloran en el sur de Coahuila, este de Durango, norte y sur de san Luis Potosí, oeste y sur de Tamaulipas, sur de Nuevo León, este de Hidalgo y norte de Veracruz.

Formación Todos Santos

Un depósito continental cuya edad ha sido muy discutida por la ausencia de fósiles determinables es la Formación Todos Santos, a la que se le asignó una edad triásica. Se definió por primera vez en Guatemala. Para algunos autores comprende todo el Jurásico o parte del Triásico Superior al Cretácico Inferior. Esta formación cubre una amplia región en Chiapas, entre el pueblo de Villaflores y la frontera con Guatemala; debido al tipo de sedimentación y a las condiciones en que se depositan los sedimentos, es poco probable que se encuentren fósiles. La lutita Jaltenango, de edad jurásica, se considera como la porción superior de la Formación Todos Santos a la que se asigna una edad postpérmica y prejurásica, probablemente triásica. En esta formación se han encontrado restos de plantas indeterminables.

En el Triásico Temprano se mencionan tres provincias paleoflorísticas: Angara, Euramericana y Gondwana. La provincia paleoflorística de Angara comprende el norte y noreste de Asia, y su flora más típica consiste en helechos del género *Lobopteris*, pteridospermas del género *Tersiella* y la sphenopsida del género *Neokoretrophyllites*, para la zona de Siberia se considera una temperatura fría o templada. La provincia paleoflorística euramericana ocupa una faja entre los 15' y los 55' de latitud norte, en su flora se distingue la presencia de la sphenopsida del género *Schizoneura*, asociada con coníferas del género *Volzia*. Para esta provincia el clima es subtropical a templado. La provincia paleoflorística de Gondwana, en el hemisferio sur, en los 30° de latitud sur, presenta una abundante flora en la que predominó el género *Dicroidium*. pteridosperma que existió desde el Triásico Temprano hasta el Cárnico. A esta flora se le llamó flora de *Dicroidium*; abarca una faja en el hemisferio sur aproximadamente desde los 30° hasta los 60° de latitud sur. *Thinfeldia* es otra pteridosperma muy abundante en esta provincia. El género *Lepidopteris* también formó parte de la flora de *Dicroidium*; en Norteamérica hasta ahora no se ha registrado. En esta provincia también existieron algunas coníferas (*Rissikia* y *Mataia*). El clima en esta provincia fue benigno durante el Triásico, probablemente de tipo tropical.

Durante el Triásico Tardío, al hemisferio norte se le asignan dos provincias, una más al norte, que comprende una flora más o menos uniforme, caracterizada por la presencia de *Thaumatopteris* (Dipteridaceae). Esta provincia comprende el este de Groenlandia, Suecia, Francia, Rumania, Polonia, Siberia y oeste de Japón. La otra provincia cercana al Ecuador, comprende China, Irán, México y Belice.

En Norteamérica, los afloramientos que contienen plantas del Triásico Tardío se encuentran en Arizona, en la Formación Chinle de edad Cárnico y Nórico, donde se ha registrado la primera aparición de la familia Dipteridaceae y del orden Bennetitales. En esta región se presenta una vegetación de pradera tropical, en la que predominan las cicadofitas, helechos tropicales y araucarias. La flora de Newark está distribuida de Virginia a Connecticut, contiene cicadofitas y helechos muy abundantes y bien desarrollados, con coníferas y ginkgofitas muy escasas. Se

considera para esta región una temperatura de cálido-templada a tropical. En esta flora las plantas tienen las hojas mucho más grandes que las de la Formación Chinle, lo cual sugiere que el clima fue más húmedo en la costa oriental de Estados Unidos, que en la occidental.

En la flora de Scoresby, en Groenlandia, predominan las coníferas, hay numerosas ginkgofitas; y aunque las cicadofitas y los helechos están presentes, son escasos y menos desarrollados que los de la flora tropical de Newark, EUA.

En América del Sur el género *Dicroidium* está presente en el Triásico Tardío (Cárnico) de Barreal en la provincia de San Juan, Argentina, y en la flora de la Ternera, en Chile, así como helechos de la familia Dipteridaceae. En África del sur, esta familia se encuentra en el Cárnico de Molteno; en Austria, en el Cárnico de Queensland. En Europa, la familia Dipteridaceae y las Bennettitales se encuentran también en el Cárnico de Australia y Suiza, en tanto que en Asia, esta misma familia existe en floras del Rético de Tonkin, de Vietnam y en el Cárnico de Japón. Las rocas del Triásico Superior, de la región noroccidental y la parte centro-oriental de México contienen abundantes helechos y cicadofitas, con Equisetales, pteridospermas y coníferas en menor proporción, que permiten llegar a la conclusión de que el clima de ese tiempo fue cálido y húmedo. Por otro lado, la presencia de Equisetales indica que el clima era húmedo, ya que *Equisetum*, el único género sobreviviente de este grupo, está restringido a ambientes muy húmedos, pues estas plantas viven a las orillas de lagos, lagunas y ríos, pantanos o en bosques muy húmedos, por lo que algunos autores consideran que la presencia de plantas fósiles con tallos y ramas articuladas sugiere ambientes palustres o zonas pantanosas.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, J.G. 1907. "Aperçu sur la géologie du Mexique pour servir à l'explication de la carte géologique de l'Amérique du Nord: México". Congreso Geológico Internacional 10, *Compte. Rendv.*, p. 227-248.
- ALENCASTER, GLORIA. 1961a. "Estratigrafía del Triásico Superior de la parte central de Sonora". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana* no. 11, parte 1, 18 p.
- ALENCASTER, GLORIA. 1961b. "Fauna fósil de la Formación Santa Clara (Cárnico) del Estado de Sonora". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana* no. 11, parte 3, 44 p. 6 láminas.
- ARCHANGELSKY, SERGIO. 1970. "*Fundamentos de paleobotánica*". La Plata, Argentina, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Serie Técnico Didáctica no. 10, 347 p., 22 láminas.
- ARNOLD, C. A. 1947. *An introduction to paleobotany*. New York, McGraw-Hill, 433 p.
- ASH, S. R. 1977. "Upper Triassic floral zones of North America". North America paleontology Convention 2. *Journal of Paleontology*, USA, v. 51, supl. 2, parte 3, p. 1 (resumen).
- AXELROD, DANIEL. 1963. "Fossil floras suggest stable, not drifting, continents". *American Geophys. Union Trans.*, p. 3257-3263.
- BARNARD, P. D. W. 1973. "Mesozoic floras: in Hughes, N.F., ed. *Organisms and continental through time*". Association London, *Special Paper Paleontology* 12, p. 175-188.
- BÖSE, EMILIO. 1905. "Reseña acerca de la geología de Chiapas y Tabasco". Instituto Geológico de México, *Boletín* 20, 116 p. , 1 lám.
- BURCKHARDT, CARL. 1930. "Étude synthétique sur le mesozoique mexicain". *Mem. Soc. Paleont. Suisse*, v. 49-50, 280 p. 18 tablas.
- CARRILLO-BRAVO, JOSÉ. 1961. "Geología del Anticlinorio Huizachal-Peregrina al NW de Ciudad Victoria, Tamaulipas". *Boletín Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 13, p. 1-98.
- CARRILLO-BRAVO, JOSÉ. 1965. "Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla". *Boletín Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 17, p. 73-96.

- CSERNA, ZOLTAN DE. 1965. "Reconocimiento geológico en la Sierra Madre del Sur de México entre Chilpancingo y Acapulco". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Boletín* 62, 76 p.
- DARRAH, C. D. 1960. "*Principles of Paleobotany*". New York, Ronald Press, 295 p.
- DELEVORYAS, THEODORE. 1973. "Postdrifting Mesozoic floral evolution". in Meggers, B.J., Ayensu, E.S., and Duckworth, W.D. (eds.), *Tropical forest ecosystems in Africa and South America. A comparative review*. Washington D.C., Smithsonian Institute Press, p. 9-19.
- DELEVORYAS, THEODORE & GOULD, R. E. 1973. "Investigation of North American cycadeoids; Williamsonian from the Jurassic of Oaxaca, Mexico". *Review Paleobotany Palynology*, Amsterdam, v. 15, p. 27-42.
- DORF, ERLING. 1970. "Paleobotanical evidence of Mesozoic and Cenozoic climates changes". Chicago, North America Paleontology Convention, *Proceeding D.*, p. 323-346.
- HARRIS, T. 1926. "Note on a new method for the investigation of Fossil plants". *New Phytologist*, v. 25, p. 58-60.
- HUMPREYS, E. W. 1916. "Triassic plants from Sonora, Mexico, including a *Neocalamites* not previously reported from North America". New York, Botan. Garden, Mem. 6, p. 75-78, 1 lám.
- KING, R. E. 1939. "Geological reconnaissance in northern Sierra Madre Occidental of Mexico". *Geological Society America Bulletin*, v. 50, p. 1625-1722, 9 láms.
- LÓPEZ-RAMOS, ERNESTO. 1969. "Geología del sureste de México y norte de Guatemala". Guatemala, ICAITI *Publicación Geológica* 2, p. 57-67.
- LÓPEZ-RAMOS, ERNESTO. 1974. "*Geología general y de México*". México, D.F., 507 p.
- MIXON, R. B., MURRAY, G. E. y DÍAZ-GONZÁLEZ, THEODORO. 1959. "Age and correlation of Huizachal Group (Mesozoic), State of Tamaulipas, Mexico". *American Association Petroleum Geologist, Bulletin* 43, p. 757-771.
- MÜLLERRIED, F. K. G. 1936. "Estratigrafía preliminar del Estado de Chiapas". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 9, p. 31- 41.
- MÜLLERRIED, F. K. G. 1942. "The Mesozoic of Mexico and northwestern Central America". Washington, D.C. *Proceedings America Science Congress*, v. 8, p. 126-147.

- NEWBERRY, J. S. 1876. "Exploring expedition from Santa Fe, New Mexico, to the junction of the Grand and Green Rivers of the Great Colorado of the West". Washington, D.C., U.S. Army Eng. Dept., *Geology Report*, p. 137-148, lám. 4-8.
- PANTOJA-ALOR, JERJES. 1963. "Hoja San Pedro del Gallo 13 R-(3) con resumen de la geología de la Hoja San Pedro del Gallo, Estado de Durango". Universidad Nacional Autónoma de México, Serie de 1:100,000, mapa con texto.
- RICHARDS, H. G. 1963. "Stratigraphy of earliest Mesozoic sediments in southeastern Mexico and western Guatemala". *America Association Petroleum Geologist Bulletin*, USA, v. 47, p. 1861-1870.
- SALAS, G. P. 1976. Reservas y exploración por carbón en México. México, D.F., Consejo de Recursos Minerales, 11 p.
- SILVA-PINEDA, ALICIA. 1961. "Flora fósil de la Formación Santa Clara (Cárnico) del Estado de Sonora". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana* 11, parte 2, 30 p., 6 láminas.
- SILVA-PINEDA, ALICIA. 1963. "Plantas del Triásico Superior del Estado de Hidalgo". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana* 18, 12 p. 7 láms.
- VINIEGRA-OSORIO, FRANCISCO. 1971. "Age and evolution of salt basins of southeastern Mexico". *America Association Petroleum Geologists Bulletin*, v. 53, p. 478-494, 10 figs.
- WEBER, B.N. y OJEDA-RIVERA, JESÚS. 1957. "Investigación sobre lateritas fósiles en las regiones surestes de Oaxaca y sur de Chiapas". Instituto Nacional de Recursos Minerales, México, *Boletín* 37, 67 p.
- WEBER, REINHARD. 1995. "*Laurozamites*, a new genus and new species of Bennettitalean leaves from the Late Triassic of North America". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 12, no. 1, p. 68-93.
- WEBER, REINHARD. 1995. "A new species of *Scoresbya* Harris and *Sonoraphyllum* gen. nov. (Plantae Icereae sedis) from the Late Triassic of Sonora, Mexico". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista Mexicana de Ciencias Geológica*, v. 12, n. 1, p. 94-107.
- WILSON, I. F. Y ROCHA, V. S. 1946. "Los yacimientos de carbón de la región de Santa Clara, Municipio de San Javier, Estado de Sonora". Consejo Directivo de Investigación, Recursos Minerales, México. *Boletín* 9, 108 p., 8 láms.

CAPÍTULO 6. FLORA JURÁSICA

En el Jurásico la vegetación estuvo constituida fundamentalmente por las gimnospermas, en primer lugar destacan las cicadofitas y en segundo, las coniferofitas, que durante este periodo alcanzaron su máximo desarrollo. Las cicadofitas por su abundancia han ocasionado que al Mesozoico se le denomine la "Edad de las Cícadas".

Las Ginkgoales, Coniferales y Taxales están ampliamente distribuidas en el Jurásico, son semejantes a las formas actuales. Los helechos y las equisetales forman parte importante de la vegetación. Las licopsidas se reducen a unas cuantas plantas herbáceas, muy diferentes en tamaño y complejidad de las formas arborescentes del Carbonífero.

El grupo de las cicadofitas está constituido por plantas provistas de hojas en forma de frondas pinadas, que originan una corona en la parte alta del tallo; producen semillas en órganos de fructificación, que tienen cierta semejanza con las flores. Los órdenes más notables son Cycadeoidales y cycadales. Las Cycadeoidales o Bennetiales son extintas, se originaron en el Pérmico, alcanzaron su más alto florecimiento en el Jurásico y se extinguieron en el Cretácico. El orden Cycadales se conoce desde el Triásico, alcanzó su florecimiento en el Jurásico y empezó a declinar en el Cretácico. Sus representantes actuales persisten con nueve o diez géneros concentrados en las regiones tropicales y subtropicales de América, Asia, Australia y el sur de África.

El orden Nilssoniales consta de un pequeño grupo muy relacionado con las Cycadales, que se desarrollaron a partir del Triásico Medio y se extendieron hasta el Cretácico Tardío, con una amplia distribución geográfica en Europa, Groenlandia, Alaska y Japón.

Los géneros *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Pterophyllum*, *Anomozamites*, *Nilssoniopteris*, *Zamites* y *Dictyozamites*, son Bennetiales ampliamente distribuidas en el Jurásico Medio y en el Jurásico Temprano, que sobrevivieron hasta el Cretácico. *Williamsonia* y *Weltrichia* son géneros más frecuentes en el hemisferio norte que en el sur, y son florecientes en la primera mitad del Jurásico.

En el Jurásico de México las cicadofitas son abundantes, están bien representadas con los géneros *Zamites*, *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Pterophyllum*, *Anomozamites*, *Taeniopteris*, *Pseudoctenis*, *Cycadolepis*, *Williamsonia* y *Weltrichia*.

El orden de las Pteridospermas se considera dentro de las cicadofitas. Se le encuentra con frecuencia en el Paleozoico Superior y posiblemente haya sobrevivido hasta el Jurásico, debido a la presencia de numerosas frondas con aspecto de helechos durante este período, pero que carecieron de esporangios. Pertenecen a este grupo los géneros *Pachypteris* y *Dicrodium*, que se encuentran entre los más comunes en el Jurásico de varias partes del mundo. Durante el Jurásico Tardío, las frondas que han sido consideradas como pteridospermas son de distribución muy restringida. En el Jurásico de México únicamente se menciona *Trigonocarpus* y *Rhabdocarpus*, en el noroeste de Oaxaca.

El orden Caytoniales alcanzó un gran desarrollo durante el Jurásico con el género *Sagenopteris*, ampliamente distribuido en el hemisferio norte, aunque su presencia fue rara en el hemisferio sur. En las rocas jurásicas de México solo se menciona el género *Sagenopteris* en el Jurásico medio del sur de Puebla. Algunos autores colocan este grupo dentro de las cicadofitas.

Los helechos seguramente constituyeron la vegetación herbácea dominante del Jurásico, ya que sus restos son muy abundantes; la familia Osmundaceae constituye un importante componente. Tiene sus representantes fértiles, como el género *Todites* y estériles, que se agrupan con más de 150 especies en el género-forma *Cladophlebis*.

Durante el Jurásico Temprano las familias Matoniaceae y Dipteridaceae alcanzaron su máximo desarrollo. la familia Dicksoniaceae aparece durante el Liásico y se desarrolla rápidamente en el Jurásico Medio. Actualmente esta familia y la familia Cyatheaceae comprenden helechos arborescentes.

Los miembros de la familia Marattiaceae declinan al final de Triásico y son poco frecuentes en el Jurásico. En la actualidad son formas arborescentes o arbustivas comunes en regiones tropicales. la abundancia de helechos pertenecientes a las familias Dipteridaceae y Matoniaceae en casi todas las floras del Jurásico, que en la actualidad habitan los trópicos, pueden considerarse buenos indicadores de climas pasados. Los helechos del Jurásico de México están representados por los géneros *Piazopteris* y *Phlebopteris* de la familia Matoniaceae y otros de familia desconocida como *Cladophlebis*, *Sphenopteris*, *Coniopteris* y *Gonatosorus*. El grupo de las coniferofitas fue abundante en el Mesozoico, morfológicamente más avanzado que las cicadofitas, sus troncos tienen una estructura leñosa más compacta y las fructificaciones están representadas por verdaderos conos. Se consideran cinco órdenes dentro de las coniferofitas: Cordaitales, Coniferales, Taxales, Ginkgoales y Voltziales.

La ubicación del orden Ginkgoales es muy discutida, se considera dentro de las coniferofitas por tener características cercanas a este grupo. Aparece en el Pérmico, se diversifica en el Mesozoico, declina en el Terciario Temprano y en la actualidad se conserva una sola especie: *Ginkgo biloba*. En la flora jurásica de México, hasta ahora no se han mencionado representantes de este grupo.

El orden de las Cordaitales consta de plantas arborescentes que alcanzaron gran talla, abundaron en el Paleozoico Superior y se extinguieron en el Mesozoico. Entre los elementos representantes de este grupo en la flora jurásica de México, se encuentran *Pelourdea* y *Noeggerathiopsis*.

El orden de las Coniferales en el Carbonífero alcanza una gran diversificación en el Mesozoico y perdura en la actualidad con numerosas familias, distribuidas en zonas húmedas, templadas y frías, desde el nivel del mar hasta regiones montañosas. En el Jurásico de México el orden Coniferales está representado por los géneros *Brachyphyllum*, *Pagiophyllum*, *Podozamites* y *Araucarioxylon* (*Dadoxylon*).

Las taxales existieron en el Jurásico y perduran actualmente. Según investigaciones recientes, difieren de las verdaderas coníferas. Este grupo no ha sido citado hasta ahora en rocas jurásicas de México.

Las plantas fósiles constituyen el método más confiable para interpretar climas antiguos. Los vegetales se distribuyen de acuerdo con las condiciones climáticas. Los animales pueden escapar de las estaciones desfavorables por medio de hibernaciones o migraciones, mientras que los vegetales están fijos al suelo y soportan condiciones favorables o desfavorables.

Las plantas fósiles reflejan el clima donde vivieron, como las plantas modernas reflejan el clima donde actualmente viven.

Varios autores se basan en la morfología de las plantas para realizar estudios paleoclimáticos. Entre los órganos de las plantas más utilizados en la determinación de climas antiguos están las hojas. Los caracteres morfológicos usados para conocer las condiciones climáticas del Mesozoico pueden ser las frondas de los helechos, los troncos de las coníferas y los tallos de los equisetos; cuando son más grandes denotan climas calientes y húmedos, también los caracteres estructurales se toman en cuenta en la interpretación de los paleoclimas. Los anillos en los tallos de coníferas indican variación estacional, su ausencia señala un clima uniforme y caliente. Los caracteres de la cutícula, tanto su espesor como la distribución de los estomas, son dignos de tomarse en cuenta; si los estomas están hundidos y protegidos por pelos, señalan clima seco. Si la cutícula es delgada en hojas de plantas con semillas y tiene el mismo número de estomas no hundidos, tanto en la superficie como en la inferior, se interpreta que el clima fue húmedo.

La naturaleza de los sedimentos también se toma en cuenta. Las plantas asociadas con carbón y lignita indican condiciones pantanosas con clima húmedo y caliente.

Las cicadofitas fósiles probablemente crecieron en climas tropicales y subtropicales como viven los escasos géneros actuales. Los helechos y coníferas, que también fueron dominantes en el Mesozoico, son las plantas más utilizadas en interpretaciones paleoclimáticas, ya que en la actualidad su distribución es muy amplia. Los helechos pertenecientes a las familias Marattiaceae, Matoniaceae y Dipteradaceae en casi todas las floras del Jurásico y actualmente

habitantes de los trópicos, pueden tomarse como un indicio de un clima uniforme y cálido en el pasado.

La abundante vegetación del Jurásico conduce a apoyar el concepto, desde hace mucho aceptado, que existió una flora uniforme de distribución mundial, con pocas modificaciones en las distintas regiones, lo cual indica que las condiciones ambientales eran casi uniformes en todo el mundo. A este respecto, es notable la existencia de plantas del Jurásico semejantes entre sí, tanto en la Antártida, en Grahamland, situada a 63° latitud sur y las montañas transantárticas como en el Ártico, en las islas de Nueva Siberia, a 75° latitud norte y en Scoresby al este de Groenlandia y en el archipiélago ártico.

Las coniferofitas en el Jurásico tuvieron una distribución universal y su diferenciación en ambos hemisferios se inició hasta mediados del Cretácico, cuando fueron desplazadas por las angiospermas que empezaron a invadir las tierras ecuatoriales bajas y proporcionaron una barrera biológica importante.

La predominancia de ginkgofitas y coníferas en las floras de Siberia son evidencias de que sí hubo cierta zonificación altitudinal. Las cicadofitas y los helechos son escasos. El análisis de la distribución de las coníferas también proporciona una evidencia de que la flora fue algo diferente en el hemisferio norte de las del hemisferio sur, lo cual indica que no prevalecieron condiciones completamente uniformes en todo el mundo durante el Jurásico.

En la provincia paleoflorística de Siberia, que comprende los Urales, Kazakhstán, al este y oeste de Siberia y el noreste de China, en el Jurásico Temprano decrece la familia Dipteridaceae; los géneros *Cladophlebis* y *Coniopteris* son abundantes, las cicadofitas son escasas, y tanto las coníferas como las ginkgofitas alcanzan un gran desarrollo que continúa hasta el Jurásico Medio. Durante el Jurásico tardío el clima continuó húmedo y moderadamente caliente, por lo que la flora varió muy poco.

En el jurásico temprano la provincia paleoflorística indoeuropea, que comprende las partes occidental y central de Europa y el sur de Rusia, India y China, las familias Matoniaceae, Dipteridaceae y el género *Todites* de la familia Osmundaceae son abundantes, en cambio son escasos *Cladophlebis* y *Coniopteris*, y están presentes las cicadofitas *Anomozamites*, *Otozamites*, *Nilssonia*, *Pterophyllum* y *Taeniopteris*. Durante el Jurásico Medio las familias Dipteridaceae, Marattiaceae y Matoniaceae decrecieron, mientras que *Coniopteris* (Dicksoniaceae) alcanzó un gran desarrollo, y entre las cicadofitas sólo los géneros *Nilssonia* y *Pterophyllum* fueron abundantes. Durante el Jurásico Tardío, los helechos fueron escasos y en algunas regiones predominaron las cicadofitas y las coníferas, aunque las ginkgofitas fueron raras.

El componente principal de las floras jurásicas de India y México son las cicadofitas. Se considera que las cicadofitas y helechos asociados vivieron en condiciones semejantes a las actuales, lo que conduce a la conclusión de que el clima fue cálido en una faja que se extiende

más al norte y más al sur que el clima actual, que correspondería aproximadamente a los paralelos 60° de latitud norte y 60° de latitud sur.

La ausencia de ginkgofitas y la escasez de coníferas es notable en el Jurásico de México, lo cual probablemente significa, como lo hacen notar algunos autores, que el clima del Jurásico en esta región era más cálido que en aquellas regiones donde estas plantas abundaron.

Formaciones jurásicas continentales de México que han aportado flora

Las floras jurásicas de México provienen de varias localidades que pertenecen a las siguientes formaciones:

Formación Rosario

Tiene su localidad tipo en el la falda del cerro situado junto al poblado de Rosario, al suroeste de Tezoatlán, Oaxaca. Litológicamente está formada por arenisca gris, café rojiza y café amarillenta, de grano fino a medio, limolita, lutita y lodita negra carbonosa con mantos de carbón y lignita. Subyace al Conglomerado Cualac y la Formación Zorrillo; contiene abundantes plantas terrestres en varios niveles. La parte inferior de la Formación Rosario corresponde al Jurásico Inferior (Toarsiano), con las Bennettitales: *Otozamites*, *Stangerites* y *Taeniopteris*; las Pteridospermas: *Trigonocarpus*, *Rhabdocarpus*; las Caytoniales: *Sagenopteris*; las Cordaitales: *Noeggerathiopsis* y *Pelourdea*; y las Coniferales: *Araucarioxylon*.

La parte superior de la Formación Rosario corresponde al Jurásico medio con una flora abundante, muy semejante a la flora de Yorkshire de Inglaterra, perteneciente al Bajociano, las Bennetitales son muy abundantes, entre las que se han registrado varias especies de *Otozamites*, fructificaciones y troncos de *Williamsonia*, *Cycadolepis* y hojas de *Pterophyllum*, *Taeniopteris*, además de los helechos *Cladophlebis*, *Coniopteris* y *Dicksonia* y *Piazopteris*.

Conglomerado Cualac

Esta unidad aflora en el este y noroeste de Guerrero en las cercanías de Cualac y en el oeste de Oaxaca en el sur de México. Sobreyace concordantemente a la Formación Rosario y subyace a la Formación Zorrillo. Su litología consta de conglomerado cuarcítico duro, de color gris, con guijarros de cuarzo lechoso, blanco y en menor frecuencia de micaesquistos y gneis. El

Conglomerado Cualac es un depósito continental, con plantas escasas y mal conservadas del Jurásico Medio, contiene los géneros *Williamsonia*, *Otozamites* y *Zamites*.

Grupo Tecocoyunca (Formación Tecocoyunca)

Dentro de este grupo se han considerado varias unidades estratigráficas, entre ellas, las formaciones Simón y Zorrillo. La Formación Simón aflora a lo largo del arroyo de Simón, en la barranca del Carrizo, al noroeste de San Juan Diquiyú, en la región de Tezoatlán, Oaxaca. Por su posición estratigráfica concordante sobre la Formación Taberna, que es del Bajociano inferior se le asignó una edad batoniana media. Sobre ella descansan las formaciones marinas Otatera y Yucuñuti, del Batoniano tardío y del Caloviano, respectivamente. La constituyen capas medianas a gruesas de arenisca cuarcítica y conglomerática, limolita, concreciones, lutita carbonosa y mantos de carbón, contiene flora abundante y bien conservada en la que son frecuentes las hojas de bennettitales, principalmente de los géneros *Pterophyllum*, *Ptilophyllum*, *Otozamites*, conos de *Williamsonia* y los helechos *Sphenopteris* y *Coniopteris*.

Recientemente se describieron hojas parecidas a *Glossopteris* en las Formaciones Simón y Zorrillo, ambas del Jurásico Medio, señalando que la presencia de este género en México, en caso de comprobarse su afinidad biológica con los glosóptéridos Pérmico-carboníferos, ampliaría considerablemente el alcance estratigráfico de estas plantas. Las hojas glosópteroideas del Jurásico Medio de Oaxaca son nombradas *Mexiglossa*, y se señaló que existe una variación de forma y tamaño entre ellas, que podría indicar la presencia de más de una unidad taxonómica. *Mexiglossa* se encuentra asociada con géneros típicamente jurásicos como *Zamites*, *Otozamites*, *Pterophyllum*, *Ptilophyllum*, y conos de *Williamsonia*, así como con los helechos *Cladophlebis* y *Coniopteris*.

La Formación Zorrillo se localiza al este de san Juan Diquiyú, en la región de Tezoatlán, Oaxaca. Su localidad tipo se encuentra en la falda de la loma del Zorrillo. Por su posición estratigráfica se le asigna una edad bajociana temprana, pues se encuentra cubierta concordantemente por la Formación Taberna, depósito marino con faunas del Bajociano medio y superior y del Batoniano inferior. Está formada por capas delgadas de arenisca de grano fino y medio, limolita, lutita carbonosa y mantos de carbón. La Formación Zorrillo constituye la unidad inferior de este grupo. Contiene una de las floras más abundantes y mejor conservadas de México hasta ahora conocidas, en las que predominan las cicadofitas *Zamites*, *Otozamites*, *Ptilophyllum* y conos de *Williamsonia*, así como algunos helechos y los géneros nuevos *Mexiglossa* y *Perezlaria*.

Algunos autores consideran las Formaciones Zorrillo, Taberna y Simón correspondientes a la unidad Tecocoyunca Inferior.

Formación Tecomazuchil

La localidad tipo de esta unidad se encuentra al este de las rancherías de Santa Cruz y Texcalapa, particularmente en los cerros del Borrego y de la Sillera y en el arroyo Tecomazúchil, en el estado de Puebla.

La edad asignada es del Jurásico Medio, ya que se correlaciona con el Grupo Tecocoyunca, aunque la parte inferior es correlativa con el Conglomerado Cualac. Está cubierta por la caliza Chimeco del Oxfordiano, en contacto transicional. Su litología consiste en una secuencia de conglomerado cuarzoso y alternancia de arenisca, limolita y lutita de origen continental, de color beige a rojizo o morado.

Aunque no se habían señalado fósiles en esta formación, es probable que las rocas de una localidad situada al norte de Tecomatlán, Puebla, que contienen plantas fósiles del Jurásico Medio, consistentes en *Equisetum*, *Cladophlebis*, *Piazopteris* y varias especies de *Ptilophyllum*, *Otozamites* y *Zamites*, correspondan a la Formación Tecomazúchil.

Formación Huayacocotla

La Formación Huayacocotla tiene su localidad tipo en la barranca del río Vinasco, cerca de Huayacocotla, Veracruz, entre los ranchos La Calera y Bada. La edad liásica temprana asignada a estas capas, se basa en amonitas asociados con las plantas. Su litología consiste en lutita y arenisca o limolita bandeada, que muestran una estratificación muy delgada, de diferente coloración, los estratos arcillosos son de color oscuro y los arenáceos de color claro. Aflora en el noroeste de Veracruz, en el este de Hidalgo y en la parte norte de Puebla, donde los estratos marinos con abundante fauna de amonitas del Jurásico Inferior se encuentran próximos o interestratificados con los depósitos continentales.

La Formación Huayacocotla fue considerada como una transición entre las formaciones Totolapa y Divisadero, ya que la Formación Totolapa de edad liásica es exclusivamente lutítica con faunas de amonitas, bivalvos y escasas plantas terrestres y en la Formación Divisadero predominan los clásticos de gran grueso, que contienen abundantes pelecípodos, escasas amonitas y abundante microfragmentos carbonosos de plantas, de edad liásica.

En el sur de Huayacocotla, Veracruz y Huauchinango, Puebla, las plantas provienen de las Formaciones Divisadero, Totolapa y Huayacocotla y, en general, se encuentran mal conservadas. Se conocen ocho géneros cuya edad está comprobada por la asociación de las plantas con amonitas ariétidos.

La flora consta de las Bennettitales *Otozamites*, *Pterophyllum*, *Ptilophyllum* y *Zamites*; de las Coniferales *Podozamites*; y de los helechos *Sphenopteris* y *Piazopteris*.

Formación Todos Santos

Esta unidad tiene su localidad tipo en la población Todos Santos, en el noroeste de Guatemala. Es un depósito continental, constituido por una secuencia de capas rojas cuya edad ha sido muy discutida por la ausencia de fósiles. Se considera que comprende todo el Jurásico o parte del Triásico Superior y Jurásico. Algunos autores aceptan que contiene estratos del Jurásico Inferior y Medio y del Jurásico Superior. Consiste en una secuencia muy gruesa de capas rojas, constituida por conglomerado, arenisca, limolita, lutita y marga. Sus capas inferiores contienen plantas.

En México la Formación Todos Santos aflora en el sur de la región central del istmo de Tehuantepec, en la región occidental de Chiapas, en Motozintla y la región de Jaltenango. Estos depósitos son muy extensos en el norte de América central. En el norte de Guatemala también se conoce como formación Todos Santos, pero en Nicaragua, en Honduras y en El Salvador se le llama Formación Metapán.

Formación La Casita

Esta formación aflora en todos los cañones y en algunos de los caminos levantados durante el estudio geológico del anticlinorio Huizachal-Peregrina. También se distribuye en gran parte del norte y noreste de México. Tiene su localidad tipo en el cañón de La casita, aproximadamente a 50 kilómetros al suroeste de Saltillo, Coahuila. Litológicamente consiste en marga arenosa y carbonosa, caliza arcillocarbonosa, en parte fosfática y arenisca. Se le asigna una edad jurásica tardía (Kimmeridgiano-portlandiana). Los fósiles que contiene son pelecípodos y amonitas. En las rocas del Potrero de Oballos en la sierra de Las Hermanas, se encontraron restos de vegetales mal conservados, asociados con amonitas, entre los que se halla una rama de *Pagiophyllum* (Coniferophyta) y madera indeterminable. Estas rocas representan depósitos de ambiente costero.

Durante el Jurásico Inferior y medio la vegetación ocupó una amplia extensión en el sur de México y en el norte de América central, indica una amplia distribución de las tierras en tanto que el mar cubrió superficies de extensiones limitadas.

Estos sedimentos están representados principalmente por rocas continentales con plantas, asociados con mantos de carbón en unas localidades y en otras con depósitos de yeso y sal.

En el Jurásico Temprano los continentes se extendieron en la mayor parte de México que permanecieron arriba del nivel del mar. Sin embargo, el mar cubrió regiones bajas, localizadas en el noroeste de Sonora, en el noroeste de Veracruz y partes adyacentes de Puebla, así como una región entre Guerrero y Oaxaca. El mar en la bahía de Huayacocotla contenía una fauna rica en amonitas. En la vecina región de Huauchinango, las capas con las mismas especies de

amonitas están interestratificadas con capas que contienen plantas. hacia el final del Jurásico Temprano, el mar se retiró gradualmente de la bahía, cuando se depositaron las capas con plantas en la parte alta de las formaciones Huayacocotla, Divisadero y Totolapa. Los mantos de carbón y las plantas abundantes de la parte inferior de la Formación Rosario, acumulados en el fondo de la cuenca, sugieren que se trataba de depósitos pantanosos tropicales.

En el Jurásico Medio, el territorio actual de México se encontraba arriba del nivel del mar y estuvo sujeto a la erosión de manera que solamente hubo sedimentación en las paleocuecas. Entre ellas la paleocuenca continental de Guerrero-Oaxaca que se extendió desde el noreste del estado de Guerrero, sur del estado de Puebla y noroeste del estado de Oaxaca. El mar cubrió una extensión mucho más amplia en el Jurásico Medio que en el Jurásico Inferior, originando una cuenca poco profunda y pantanosa. Debido a levantamientos y hundimientos leves, en parte cíclicos, se depositaron sedimentos continentales alternando con sedimentos marinos. Hacia el final del Jurásico Medio, durante el Caloviano, un hundimiento mayor propició la transgresión marina que cubrió partes extensas del noreste y este del país. La bahía de Huayacocotla, que había existido ya durante el Jurásico Temprano, volvió a quedar bajo el nivel del mar.

Al final del Jurásico, en el Oxfordiano, el mar cubrió una región más extensa y generalizada. Los mares del Oxfordiano, Kimeridgiano y Titoniano alcanzaron una gran extensión y cubrieron el centro y el extremo oriental del país, formando golfos, cuencas y un mar somero que se extendió en el norte hasta Sonora y hacia el sur, en Oaxaca en la región de Tlaxiaco, en Guerrero y Chiapas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALENCASTER, GLORIA, 1963. "Pelecípodos del Jurásico Medio del noroeste de Oaxaca y noreste de Guerrero". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana* 15, 52 p. 8 láms.
- ANDREWS, H.N. Jr., 1955. "Index of generic names of fossil plant", 1820-1950: United States. *Geological Survey Bulletin* 1013, 262 p.
- ARCHAGELSKY, SERGIO, 1970. "Fundamentos de Paleobotanica". La Plata Argentina, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, *Série Técnica Didáctica* no. 10, 347p. 22 láms.
- ARNOLD, C.A., 1947. *An introduction to Paleobotany*. New York, McGraw-Hill, 433 p.
- ASH, S.R., 1972. "*Piazopteris branneri* from the Lower Jurassic, Egypt". *Rev. Paleobot. Palynol.* Amsterdam, Elsevier, v. 13, p. 147-154.
- BARALE, G. y CONTINI, D., 1973. "La paléoflore continentale du Bajocien franc-comtois. Etude stratigraphique et paléobotanique du gisement de Pont-les-Moulins". *Annales scientifiques de Besancon*, Francia, Serie 3, fascículo 19, part 2 p. 249-253.
- BIRKINBINE, J.W., 1911. "Exploration of certain iron ore and coal deposits in the state of Oaxaca, Mexico". Institute Mining Metall. *Eng. Trans.*, v. 41, p. 166-188.
- BÖSE, M.N. y DEV, SUKN, 1958. "A new species of *Ptilophyllum* from Bansa, South Rewa Gondwana Basin". *Palaebotanist Lucknow*, v. 6, no. 1, p. 12-15, lám. 1.
- BOUREAU, EDOUARD, 1970. "Filicophyta": in *Traité paleobotanique*; Paris, Mason et Cie. t. 4, fasc. 1, p. 519.
- BOUREAU, EDOUARD y DOUBINGER, J., 1975. "Traité de paleobotanique": in Pteridophyta. Mason et Cie, France, t. 4, fasc. 2, p. 768, 600 figs.
- BURCKHARDT, CARL, 1927. "Cefalópodos del Jurásico Medio de Oaxaca y Guerrero". Instituto Geológico de México, *Boletín* 47, p. 108, 34 láms.
- CORTÉS-OBREGÓN, SALVADOR, TORÓN, V.L., MARTÍNEZ, B.V., PÉREZ-LARIOS, J., GAMBOA, A., CRUZ, C.S. y PUEBLA, P. "La Cuenca Carbonífera de la Mixteca". Banco de México, S.A., México, p. 191, 64 láms., 10 tabs.
- DELEVORYAS, THEODORE, 1963. *Morfology and evolution of fossil plant*. New York, Holt Rinehart-Winston, p. 189.

- DELEVORYAS, THEODORE. 1966. "Hunting fossils plant in Mexico". *Discovery*, New Haven, USA, v. 2, no. 1, p. 7-13.
- DELEVORYAS, THEODORE. 1968. "Jurassic paleobotany in Oaxaca". Mexico City, Geological Society of America, 1968. *Annales Meeting, Guidebook 7*, p. 10-14.
- DELEVORYAS, THEODORE. 1969. "Glossopterid leaves from the Middle Jurassic of Oaxaca". *Science*, USA, v. 165, no. 3896, p. 895-896.
- DELEVORYAS, THEODORE. 1971. "Biotic provinces and the Jurassic-Cretaceous floral transition". Chicago, North America Paleontological Convention, Proceeding L, p. 1660-1674.
- DELEVORYAS, THEODORE y GOULD, R. E. 1971. "An unusual fossil fructification from the Jurassic of Oaxaca, Mexico". *America Journal of Botany*, USA, v. 58, no. 7, p. 616-620.
- DELEVORYAS, THEODORE y GOULD, R. E. 1973. "Investigations of North American cycadeoids; Williamsonian cones from the Jurassic of Oaxaca, Mexico". *Review Palaeobotany Palynology*, Amsterdam, Elsevier, v. 15, p. 27-42.
- DELEVORYAS, THEODORE y HOPE, R.C. 1976. "More evidence for a slender growth habit in Mesozoic cycadophytes". *Review Palaeobotany Palynology*, Amsterdam, Elsevier, v. 21, p. 93-100.
- DELEVORYAS, THEODORE Y PERSON, C.P. 1975, "*Mexiglossa varia* gen. et sp. nov.; a new genus of glossopteroid leaves from the Jurassic of Oaxaca, Mexico". *Palaeontographica*, Bd. 154, Abt. B, p. 114-120, 2 láms.
- DÍAZ-LOZANO, ENRIQUE. 1916. "Descripción de algunas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz. Instituto de Geología de México, Boletín 34, p. 18, 9 láms.
- ERBEN, H. K. 1956a. "El Jurásico Inferior de México y sus amonitas". México, D.F., *Congreso Geológico Internacional*, México. 20 Monografía, p. 140, 19 láms.
- ERBEN, H. K. 1956b. "El Jurásico Medio y Calloviano de México". México, D.F. *Congreso Geológico Internacional*, México. 20 Monografía, p. 393.
- FEISTMANTEL, OTTOKAR. 1876a. "Jurassic (Oolitic) flora of Kach". *Memory Geological Survey of India*. *Palaeontographica Indica*, India, v. 2, pte. 1, p. 80, 12 láms.
- FEISTMANTEL, OTTOKAR. 1877b. "Jurassic (Liassic) flora of the Rajmahal Group in the Rajmahal Hills". *Memory Geological Survey India*, *Palaeontographica Indica*, India, serie II, v. 1, pte. 2, p. 53-162, láms 36-48.

- FELIX, J. y NATHORST, A. 1899. "Verteinerungen aus dem mexicanisches Staat Oaxaca". in Felix J. y Lenk, H., *Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexiko*. Stuttgart, Schweizerbart, pte. 2, p. 39-54.
- FONTAINE, W. M. 1905. "The Jurassic flora of Douglas County, Oregon". *United States Geological Survey, Monography*, v. 48, pte. 2, p. 48-151.
- HALLE, T. G. 1913. "Some Mesozoic plant-bearing deposits in Patagonia and Tierra del Fuego and their floras". K. Svenska Vetenskapsakademien Handlingar, Bd. 51, no. 3, 5 láms., p. 1-58.
- HARRIS, T. M., 1961. *The Yorkshire Jurassic flora. Tallophyta-Pteridophyta*. London, British Museum Natural History, p. 191 p. 7 láms.
- HARRIS, T. M. 1969. *The Yorkshire Jurassic flora. Bennettitales*. London, British Museum Natural History, p. 186, 7 láms.
- HERBST, RAFAEL. 1966. "La flora liásica del grupo Pampa de Agnia, Chubut, Patagonia". *Ameghiniana*, Argentina, t. 4, no. 9, p. 337-349.
- JACOB, K Y JACOB, CH. 1954. "*Cuticular study of Indian Ptilophyllum fronds Cutch and Jubbulpore*". *Palaeontographica Indica*, India. N. Ser., v. 33, Mem. 1, p. 33, 10 láms., fig. texto 76.
- JONGMANS, W. M. 1975. "Filicales, Pteridospermae, Cycadales". in *Fossilium Catalogus, II: Plantae*, W. Jongmans, ed., La Haya, Vitgeverij Dr. W. Junk, pte. 30, p. 89-178.
- JONGMANS, W. M. y DIJKSTRA, S.J. 1960. "Filicales, Pteridospermae, Cycadales". in *Fossilium. Catalogus II Plantae*, W. Jongmans, ed., La Haya, Vitgeverij Dr. W. Junk, 1960, pte. 42, p. 1259-1356; 1962, pte 49, p. 1989-2082; 1963, pte. 57, p. 2753-2608.
- JONGMANS, W. M. y DIJKSTRA, S.J. 1966. "Filicales, Pteridospermae, Cycadales". in *Fossilium Catalogus. II Plantae*, W. Jongmans, ed., La Haya, Vitgeverij Dr. W. Junl pte. 64, p. 3517-3620.
- JONGMANS, W. M. y DIJKSTRA, S.J. 1968. "Filicales, Pteridospermae, Cycadales. in *Fossilium Catalogus. II Plantae*, W. Jongmans, ed. La Haya, Vitegverij, pte 68, p. 3903-3988; pte. 69, p. 3989-4075.
- LORCH, J., 1967. "A Jurassic flora of Makhtest Ramon, Israel". *Israel Journal Botany*, Israel, v. 16, p. 131-155, láms. 163-180.

- MALDONADO-KOERDELL, MANUEL. 1950. "Los estudios paleobotánicos en México, con un catálogo sistemático de sus plantas fósiles". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Boletín*, p. 55-72.
- MENÉNDEZ, C. A. 1966. "Fossil Bennettiales from the Ticó flora, Santa Cruz Province, Argentina". *Bulletin British Museum (Natural History) Geology*, London, v. 12, no. 1, p. 1-42, 19 láms.
- OISHI, SABURO. 1940. "The Mesozoic floras of Japan". *Journal Faculty Science Hokaido Imperial University*, serie 4, v. 5, n. 2-4, p. 123-480, 48 láms.
- PERSON, C. P. Y DELEVORYAS, THEODORE. 1982. "The Middle Jurassic of Oaxaca, Mexico". *Palaeontographica*, Stuttgart, Alemania, Bd. 180, Abt. B, p. 82-119. 10 láms.
- SCHIMPER, W. P. 1870-1872. *Traité de Paléontologie végétale ou la flora du monde actuel*. Paris, J.B. Baillieri et fils, v. 2, p. 966, 10 láms.
- SEWARD, A. C. 1895. "The Wealden Flora". Part II. Gymnospermae. British Museum (Natural History), *Catalogue of Mesozoic plants*, London, p. 241, 20 láms.
- SEWARD, A. C. 1900. "The Jurassic flora". *Catalogue of the Mesozoic plants in the Department of Geology*. London, British Museum (Natural History), pte. 1, p. 341, 21 láms.
- SEWARD, A. C. 1917. *Fossil plants*. Cambridge, University Press, v. 3, p. 665.
- SEWARD, A. C. y SAHNI, B. 1920. "Indian Gondwana plants: a revisión". *Memory Geological Survey India, Palaeontographica Indica*, India, nueva serie, 7, p. 54, 7 láms.
- SILVA-PINEDA, A. 1969. "Plantas fósiles del Jurásico Medio de Tecamatlán, Puebla". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana* 27, pte. 1, p. 1-76, 19 láms.
- SILVA-PINEDA, A. 1970. "Plantas fósiles del Jurásico Medio de la región de Tezoatlán, Oaxaca". México, D.F., Sociedad Geológica Mexicana. *Libro-guía México- Oaxaca*, p. 129-243, 11 figs.
- SILVA-PINEDA, A. 1978. "Plantas del Jurásico Medio del sur de Puebla y noroeste de Oaxaca". Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Paleontología Mexicana* 44, pte. 3, p. 58-117, 7 láms.
- WEBER, R. 1972. "La vegetación Maestrichtiana de la Formación Olmos de Coahuila, México". *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 33, no. 1, p. 5-19.

- WESLEY, ALAN. 1973. Jurassic plants". in Hallan, A. ed., *Atlas of paleobiogeography*. Amsterdam, Elsevier, p. 329-338.
- WHITE, DAVID. 1913. "A new fossil plant from the State of Bahia, Brazil". *American Journal Science*, v. 35, p. 633-636.
- WIELAND, G. R. 1909. "The Williamsonsias of the Mixteca Alta". *Bot. Gaz.*, 48, p. 427-441.
- WIELAND, G. R. 1911. "On the Williamsonian tribe". *American Journal Science*, v. 32, p. 433-476.
- WIELAND, G. R. 1912. "La flora fósil de la Mixteca Alta". *Boletín Sociedad Geológica Mexicana*, v. 8, Ej. 1, p. 8 (resumen).
- WIELAND, G. R. 1913. "The Liassic flora of The Mixteca of Mexico, its composition, age and source". *American Journal Science, USA*, v. 36, p. 251-281.
- WIELAND, G. R. 1914. "Was the *Pterophyllum* foliage transformed into the leafy blades of dicotyls?". *American Journal Science, USA*, v. 38, p. 451-460.
- WIELAND, G. R. 1914-1916. "La flora liásica de la Mixteca Alta". Instituto Geológico de México, *Boletín* 31, 165 p. 50 láms.
- WIELAND, G. R. 1916. *America fossil cycads; Taxonomy*. Carnegie Hall Institute, Washington, Pub. 34, pte. 2, 277 p., 58 láms.
- WIELAND, G. R. 1926. "The El Consuelo cycadeoids". Bulletin Department Geology Science. California University, Berkeley, v. 17, no. 12, p. 303-323.

CAPÍTULO 7. FLORA CRETÁCICA

En rocas del Cretácico Temprano ya se conocen las angiospermas y se citan algunas familias, como Magnoliaceae, Salicaceae, Rosaceae, Fagaceae, Moraceae, las cuales formaron parte de floras en las que los helechos y las gimnospermas fueron dominantes. En cambio, ya en el Cretácico Superior las angiospermas fueron abundantes y diversas, y en la actualidad son el grupo dominante.

En el Cretácico de México, solamente se han estudiado plantas bien conservadas en la Formación Olmos, que aflora en la región de Sabinas, en la parte central y nororiental del estado de Coahuila, a la que se asigna una edad de Cretácico Superior, (Maastrichtiano Inferior y Medio). La tafoflora está asociada con mantos de carbón; es abundante y bien conservada, rica en gimnospermas y angiospermas; predominaron estas últimas, de las que se mencionan 60 especies, incluyendo hojas, inflorescencias, flores, semillas y madera, las cuales se conservaron como compresiones o impresiones, la mayor parte de estos fósiles fueron reunidos en el interior de las minas. En el sur de Coahuila se han citado frutos de angiospermas de edad cretácica tardía (Campaniano) pertenecientes al orden Zingiberales.

La madera fósil silicificada es también muy abundante ya que se mencionan alrededor de 600 muestras y algunas más de madera de conífera, que por su contenido de resina se conservaron mejor como fósiles que la madera de las angiospermas. En la región de Lampazos, Sonora, se reporta madera fósil de una conífera del Cretácico Inferior. También es importante mencionar el hallazgo de helechos fósiles de agua dulce en esta formación, representados por dos géneros: *Salvinia* y *Dorfiella*.

Los mantos de carbón asociados con esta flora son de origen autóctono, por lo que se considera que existieron condiciones predominantemente lagunares y de clima tropical o subtropical.

Del estado de Colima, en el suroeste de México, se encuentran varias localidades fosilíferas del Cretácico Medio que contienen plantas fósiles asociadas con invertebrados. La tafoflora procede de la región comprendida entre la ciudad de Colima y la costa del Pacífico; consiste en fragmentos de tallos, hojas y frutos considerados de tipo palustre. Esta flora es semejante a la flora de Potomac, por lo que a estas localidades les llamaron provisionalmente "División Potomac".

También se han mencionado plantas fósiles del Cretácico (Cenomaniano), en el cerro de La Virgen, en Tlaxiaco, estado de Oaxaca; en general son escasas.

Durante el Cretácico Superior las angiospermas alcanzan una distribución geográfica muy amplia y su rápida diversificación es indicativa de un clima uniforme.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGERMANN, E. 1907. "Notas geológicas sobre el Cretácico en el Estado de Colima". Parergones. Instituto Geológico de México, v. 2, no. 1, p. 29-35.
- CALDERON, G.A. 1956. "Bosquejo Geológico de la región de San Juan Raya, Puebla". Congreso Internaciona de Geología, 20 Sesiones. México, *Libreto-guía Excursión A-11*, p. 9-33.
- CEVALLOS-FERRIZ, S.R.S. 1992. "Tres maderas de gimnospermas cretácicas del norte de México". *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica 63 no. 2, p. 111-137.
- FELIX, J., NATHORST, A. 1989. "Versteinerungen aus dem mexicanisches staat Oaxaca", in Félix y Lenk, *Beitrage zur Geologie un Palaöntologie der Republik Mexico*, pte. 2, Stuttgart, Schweizerba verl. p. 39-54.
- RODRIGUEZ DE LA ROSA, R. Y CEVALLOS-FERRIZ, R.S.R. 1994. "Upper Cretaceous Zingiberiales fruits with in situ seeds from southeastern Coahuila, Mexico". *International Journal Plant Science* 155 no. 6, p. 786-805.
- SILVA-PINEDA, A. 1981. "Visión Panorámica sobre la Paleobotánica de México". *Anais do II Congresso Latinoamericano de Paleontología*, v. 2, p. 919-928.
- WEBER, Reinhard. 1972. "La vegetación maestrichtiana de la Formación Olmos de Coahuila, México". *Boletín Sociedad Geológica Mexicana*, v. 33, no. 1, p. 5-19, 12 láms.
- WEBER, Reinhard. 1973. "*Salvinia coahuilensis* nov. sp. del Cretácico Superior de México". *Ameghiniana*, Buenos Aires, Argentina, t. 10, no. 2, p. 173-190.
- WEBER, Reinhard. 1976. "*Dorfiella auriculata* Gen. nov. sp. nov. un género nuevo de helechos acuáticos del Cretácico Superior de México". *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* no. 3, p. 1-13.
- WEBER, Reinhard. 1978. "Some aspects of the Upper Cretaceous Angiosperm Flora of Coahuila, Mexico". *Cour, Forsch. Inst. Senckenber*, v. 30, p. 38- 46.
- WEBER, Reinhard. 1980. "Megafósiles de coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de México y consideraciones generales sobre las coníferas mesozoicas de México". *IV Coloquio sobre paleobotánica y palinología*, México, D.F. (resumen de trabajos), p. 13.

CAPÍTULO 8. FLORA CENOZOICA DE MÉXICO

Durante el Cenozoico continúa el dominio de las angiospermas sobre otros grupos de plantas. De Puerto Rico y la Hispaniola se mencionan varias especies de angiospermas, que son semejantes con las de Oaxaca y Veracruz en México, por lo que sugiere la existencia de una intercomunicación entre América central y Haití.

Del Cenozoico se describieron plantas procedentes del Mioceno del sur de México, de algunas localidades de los estados de Oaxaca y Veracruz. En Simojovel, se describen hojas de *Acacia* y una flor de *Tapirira* en ambar del Oligoceno-Mioceno, también se mencionan impresiones de hojas de angiospermas en el área de Ixtapa-Soyaló, ambas localidades de Chiapas. En el Cenozoico de Tepexi de Rodríguez, Puebla, se citaron frutos de la familia Leguminosae y algunos elementos de madera fósil de Coniferales y palmeras del norte de México (Sonora, Coahuila y Baja California).

En el Pleistoceno Superior, solamente se describió una flórmula procedente del Cerro de La Estrella, próximo a Ixtapalapa en el Distrito Federal. Los fósiles consisten principalmente de impresiones dejadas por hojas de encino en cenizas volcánicas, que fueron depositadas en la ladera del cerro. Esta vegetación, parece ser semejante a la presentada actualmente en el Valle de México, pero con hojas mas grandes, lo que sugiere que en la época en que existió esta flórmula en el Cerro de La Estrella, el clima probablemente era más húmedo que el actual.

En el estado de Michoacán, se describió una pequeña flora consistente en huellas de hojas de encino conservadas en tobas cuaternarias de la Loma del Zapote, cerca de la ciudad de Morelia, y en la región de Pómaro asignadas al Pleistoceno.

Numerosos frutos del género *Eucommia* fueron descritos de la Formación Pie de Vaca, en Tepexi de Rodríguez, Puebla, de edad Mioceno-Pleistoceno. Se han identificado nuevos elementos paleoflorísticos en la localidad de los Ahuehuetes.

BIBLIOGRAFÍA

- ARSENE, G., MARTY, P. 1923. "Sur quelques empreintes de feuilles fossiles de la Loma del Zapote a Morelia, Michoacán, Mexique". *Civington, United States American*, p. 16, 8 fig.
- BERRY, E. W. 1923. "Mesozoic and Cenozoic plants of South America, Central America and the Antilles". *Proceedings U. S. Natural Museum.*, USA, v. 62, Art. 19, p. 27.
- BERRY, E. W. 1942. "Mesozoic and Cenozoic faunas and floras". *Proceedings: Eight American Scientific Congress*, USA, p. 365-373.
- CEVALLOS-FERRIZ, S. R. S. 1992. "Tres maderas de gimnospermas cretácicas del norte de México". *Anales Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica, v. 63, no. 2, p. 111-137.
- CEVALLOS-FERRIZ, S.R.S. Y BARAJAS.MORALES, J. 1994. "Fossil woods from the El Cien Formation in Baja California Sur. Leguminosae". *IAWA Journal*, USA, v. 5 no. 3, p. 229-245.
- CEVALLOS-FERRIZ, S. R. S. Y RICALDE-MORENO, O. 1995. "Palmeras fósiles del Norte de México". *Anales del Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica, v. 66, no. 1, p. 37-106.
- CEVALLOS-FERRIZ, S. R. S. Y SILVA-PINEDA. 1996. "Aspectos de la historia de la vegetación de México con base en madrofósiles de angiospermas". *Boletín de la Sociedad Botanica de México*, v. 58, p. 99-111.
- ESPINOSA, J., RZEDOWSKI, J. 1967. "Flórula del Pleistoceno Superior del Cerro de La Estrella, próximo a Ixtapalapa, D. F., México. *Anales Escuela Ciencias Biológicas*, I.P.N., México, D.F., v. 16, p. 9-21, 9 láms.
- MAGALLON-PUEBLA, S. y CEVALLOS-FERRIZ, S.R.S. 1994. "Fossil legume fruits from Tertiary strata of Puebla, Mexico". *Canadian Journal of Botany*, Canada, v. 72, p. 1027-1038.
- MAGALLON-PUEBLA, S. y CEVALLOS-FERRIZ, S.R.S. 1994. "*Eucommia constans* n. sp. fruits from Upper Cenozoic strata of Puebla, Mexico: Morphological and Anatomical Comparison with *Eucommia ulmoides* Oliver". *International Journal Plant Science*, Universidad de Chicago, v. 155 no. 1, p. 80-95.
- MIRANDA, FAUSTINO, 1963. "Two plants from the amber of the Simojovel, Chiapas, Mexico Area". *Journal of Paleontology*, v. 36, no. 3, p. 611-614.

VELASCO DE LEÓN, P., CEVALLOS-FERRÍZ S. R. S. Y SILVA-PINEDA, A. 1998, "Leaves of *Kawisokia axamilpense* sp. nov. (Rhamnaceae) from Oligocene sediments, near Tepxi de Rodríguez, Puebla, México". *Canadian Journal of Botany*, v. 76, p. 410-419.

Esta obra se terminó de imprimir
en noviembre de 2000
en el taller de imprenta del
Departamento de Publicaciones
de la Facultad de Ingeniería,
Ciudad Universitaria, México, D.F.
C.P. 04510

Secretaría de Servicios Académicos

El tiraje consta de 300 ejemplares
más sobrantes de reposición.





**Universidad Nacional
Autónoma de México**

**Facultad
de
Ingeniería**
