



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“Identificación de maderas terciarias de Panotla,
Tlaxcala, México y sus implicaciones
Paleontológicas”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

B I O L O G O

PRESENTA:

CARLOS CASTAÑEDA POSADAS



DIRECTOR DE TESIS: DR. SERGIO RAFAEL SILVESTRE
CEVALLOS-FERRIZ

MÉXICO, D. F.



Octubre, 2004

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
 NOMBRE: Carlos Castañeda Posadas
 FECHA: 7/ octubre / 2004
 FIRMA: Castañeda

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

“Identificación de maderas terciarias de Panotla, Tlaxcala, México, y sus implicaciones paleontológicas”.

realizado por **CARLOS CASTAÑEDA POSADAS**
 con numero de cuenta **09506740-7**, quien cubrió los créditos de la carrera de: **Biología.**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente,

Director de Tesis **Dr. Sergio Rafael Silvestre Cevallos Ferriz**
 Propietario

Propietario **M. en C. Josefina Barajas Morales**

Propietario **M. en C. Enrique González Torres**

Suplente **M. en C. Aurora Zlotnik Espinosa**

Suplente **Biol. Jesús Alvarado Ortega**

Sergio Cevallos Ferriz
Josfina Barajas Morales
Enrique González Torres
Aurora Zlotnik Espinosa
Jesús Alvarado Ortega



Consejo Departamental de Biología

Juan Manuel Rodríguez Chávez
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Esta tesis va dirigida a las personas que me ayudaron en la formalización de mi vida. Mi padre, Mi madre, Mis hermanos, Mi tío José †, El Doc. Cevallos, Sandra, Alejandro Murillo y Todos los demás compañeros del Laboratorio.

A Todos les doy las gracias con esta Tesis.

Agradecimientos.

Al doctor Sergio R. S. Cevallos Ferriz, por tu amistad, tolerancia, dirección y apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

A M. en C. Enrique Gonzáles Torres, gracias por tu apoyo y tus comentarios.

A M. en C. Josefina Barajas Morales, por sus comentarios y sugerencias.

A M. en C. Aurora Zlotnik Espinosa, por sus comentarios y sugerencias.

A Biol. Jesús Alvarado Ortega, por tus comentarios y conocimientos.

A mis padres por toda la tolerancia que me brindaron y espero seguir contando con ustedes.

A mi tío José † por todos los comentarios y sugerencias que me dio en vida y gracias por todo tu apoyo, nunca te olvidare.

A todos los compañeros que pasaron por el Laboratorio mientras yo realizaba este proyecto: Emilio, Israel, Laura, Marcela, José Luis, Yesenia, Adrián, Hugo, Ana Ilse. Y a todos mis compañeros y amigos del Instituto de Geología para desarrollar esta tesis: Gerardo, Alejandro, Adriana, Jesús, Leo, Rosa, Eduardo, Molud, Edgar, Yanci, Ciro.

A mis maestros por todo el conocimiento científico y empírico que me brindaron, Dr. Sergio Cevallos, Dra. Ana Luisa Carreño, Dra. Marisol Montellanos, Dra. Socorro Lozano, Dra. María Perrillat, M. en C. Enrique Gonzáles, M. en C. José Sánchez Z., Dr. Molud Benami, Dr. Pedro García, Héctor Hernández, Gerardo Álvarez, Don Roberto Cabrerini, y a todos los que me faltan.

A todos los personajes que siempre intervinieron en la realización del proyecto Tlaxcala, a la Secre-Erika Lemus, Francisco y Rosario (computo), Norita y Enoch.

A todos mis amigos y hermanos que cursamos Biología en la Facultad de Ciencias, a todos gracias.

Identificación de maderas terciarias de Panotla, Tlaxcala, México, y sus implicaciones paleobiológicas.

Carlos Castañeda Posadas

Índice:	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
Características de la madera	4
HIPOTESIS	8
MATERIAL Y METODO	8
Recolecta el material	8
Análisis de la anatomía	9
MARCO GEOLOGICO DE TLAXCALA	12
Fauna asociada	19
RESULTADOS	22
Angiospermas	22
<i>Terminalia panotlensis sp. nov.</i>	22
<i>Cedrela tlaxcaliensis sp. nov.</i>	27
<i>Paleohypodaphnis richeria sp. nov.</i>	33
Gimnospermas.	37
<i>Podocarpus mexiccanoxydon sp. nov.</i>	38
<i>Taxus olverai sp. no.</i>	42
DISCUCIÓN	46
Las maderas de Tlaxcala	46
Selvas tropicales en México	47
Implicaciones paleobiológicas	51
CONCLUSIONES	58
BIBLIOGRAFIA	59

Identificación de maderas terciarias de Panotla, Tlaxcala, México, y sus implicaciones paleobiológicas.

RESUMEN

En la parte norte de San Nicolás Panotla, Tlaxcala, México, a 2 Km NW de la ciudad capital del Estado, en una pequeña cadena montañosa llamada "Los volcanes blancos" se encuentran dos localidades fosilíferas portadores de madera permineralizada, Las antenas y La mina: en estas localidades afloran sedimentos lacustres pertenecientes al Bloque de Tlaxcala cuya edad ha sido determinada como miocénica. Con base en 20 muestras de madera permineralizada, se describió la anatomía e identificaron diferentes plantas. En el grupo de las angiospermas están representadas las familia Combretáceae con *Terminalia panotlensis sp. nov.* (Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz), Meliaceae con *Cedrela tlaxcaliensis sp. nov.* (Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz), la y Lauracea con *Hypodaphnis richeria sp. nov.* (Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz). En el grupo de las gimnospermas están representada las coníferas *Taxus olverai sp. nov.* (Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz) y *Podocarpus sp. nov.* (Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz). Los taxa descritos en esta localidad muestran características anatómicas y afinidades biológicas con grupos que actualmente se distribuyen en comunidades denominadas selvas tropicales o bosques mesófilos de montaña. Ambas comunidades se desarrollan bajo condiciones de gran humedad y temperaturas, con media anual de 20° C. Las maderas fósiles de Panotla Tlaxcala sugieren que el Mioceno en la región en, se encontraba establecida una comunidad arbórea que crecía bajo condiciones calido-húmedas, cuyo símil puede encontrarse en la selva tropical veracruzana, actual.

INTRODUCCION.

En México se encuentran una gran variedad de ecosistemas caracterizados por una elevada diversidad de plantas formando parte de ellos. Una pregunta que repetidamente se ha hecho es ¿cómo es que han llegado a tener estos ecosistemas esta gran riqueza florística? Aunque existen varias teorías e hipótesis que tratan de explicar su procedencia geográfica, ninguna ha abordado el estudio de su diversidad con conocimiento sólido en el pasado de la flora mexicana (e.g., Gonzáles Medrano, 1996; Graham, 1993, 1999; Rzedowski, 1966, 1978; Toledo, 1988). Recientemente se ha sugerido que el origen de la vegetación mexicana no es un problema trivial y se ha discutido que las comunidades del pasado no se comparan uno a uno con las actuales; además se ha descubierto que algunos ecosistemas considerados en ocasiones como relativamente recientes en esta región de América, como son los bosques o selvas tropicales, tienen historia mas larga y complicada, que incluso se remonta hasta antes de la conexión de América del Norte con América del Sur (e.g. Cevallos-Ferriz y Ramírez, 1998; Gonzáles- Medrano, 1998; Graham 1999).

Una de las herramientas para documentar que tipo de ecosistemas se encontraba en tiempos geológicos pasados se basa en el estudio de las plantas fósiles, que además a través de su anatomía puede revelar las condiciones climáticas y ambientales existentes durante el tiempo en que crecieron y, que al igual que las plantas actuales se desarrollaron en condiciones físico-químicas particulares. La preservación de las plantas fósiles puede darse de diferentes formas, como ejemplos tenemos los moldes, impresiones, incustraciones y, las petrificaciones o permineralizaciones. Esto de acuerdo a las condiciones ambientales y del medio ambiente donde fueron sepultadas, para posteriormente completar el proceso de fosilización.

La permineralización es uno de los procesos de fosilización más interesantes. Este consiste en la precipitación de minerales disueltos en concentraciones altas en el medio en las cavidades existentes dentro de los tejidos vegetales. Al finalizar este proceso toda la materia orgánica es encapsulada por minerales; en algunos casos esta sustitución es tan fina que es posible observar estructuras celulares microscópicas. Las permineralizaciones más comunes son la silisificación producida por sílice (calcedonia o cuarzo, SiO_2), la calcitización por calcita (CaCO_3) y la dolomización por dolomita (CaMgCO_3) (Contreras *et al.*, 1997; Taylor, 1993).

La taxonomía de las plantas recientes está basada principalmente en las características morfológicas externas de las partes reproductoras (flores, frutos, semillas) y vegetativas (hojas, corteza), y muy poco se basa en los estudios de la anatomía comparada (Cronquist, 1981). Contrariamente a lo que ocurre con plantas fósiles (ie. madera) cuya taxonomía se basa en rasgos anatómicos de sus tejidos, debido a que estas características morfológicas no siempre se conservan. Esto es propiciado por el tipo de fosilización al que es sometido la planta o sus órganos, aunque su ciclo de vida, que está conformado por varias etapas, puede influir en el tipo de material que esté representado en el registro fósil. Por ejemplo, actualmente un árbol está constituido por diferentes órganos como son las hojas, raíces, ramas, troncos, y otras estructuras cuya presencia varía con el tiempo de desarrollo determinado por el ciclo de vida de la planta, como son flores y frutos; cada uno de estos órganos se desprenden de la planta en momentos distintos por lo que estas estructuras suelen encontrarse dispersas, aisladas e incompletas. Esto hace que al estudiar las plantas fósiles sea complicado, así como también es difícil su comparación con los órganos de las plantas actuales y, como consecuencia el estudiar la flora fósil requiere de un trabajo minucioso que tiene limitaciones propias para la interpretación (Meyen, 1987; Stewart, 1983).

Pocos son los estudios paleontológicos enfocados hacia al entendimiento de la madera fósil en México, por lo que hay gran carencia de información a este respecto de las paleofloras estudiadas del país. Entre los escasos trabajos están los de Andrade Ramos (2003) con *Podocarpoxylon*; Cevallos-Ferriz (1992) con Cheirolepidiaceas, Podocarpaceas, Taxodiaceas; Cevallos-Ferriz y Barajas-Morales (1994) con leguminosas; Cevallos-Ferriz y Ricalde-Moreno (1995) con palmeras; Cevallos Ferriz y Weber (1992) con *Paraphyllantoxylon*, Félix y Nathorst (1899), Müller-stoll y Mädell (1967) y Unger (1845, 1857) con leguminosas y palmeras, y Martínez-Cabrera (2002) con Anacardiáceas y Moráceas. Este trabajo aportará nueva información de las plantas fósiles de México, con base en las maderas fósiles de Panotla, Tlaxcala, México.

Algunos investigadores han llegado a la conclusión de que la madera es una de las partes más conservadas de una planta, aunque esto es variable como se observa en cualquier estructura de un organismo vivo que responde a la influencia de las condiciones ambientales en donde se desarrolle (Cronquist, 1975). No obstante, la madera fosilizada conserva el patrón original de su estructura anatómica, cuya estabilidad compete

favorablemente ante los patrones de variación de las hojas, flores y frutos, que también pueden ser modificadas por el ambiente, o ser alteradas por otros agentes biológicos (Barefoot, 1982; Benkova, 2001). Debido al entendimiento de la variación de los patrones de la madera y a la gran importancia que tiene la madera en la industria, en la economía, y la ciencia, los estudios sobre su anatomía van en aumento, lo cual va ampliando la información bibliográfica, las bases de datos y claves de identificación basados en caracteres anatómicos. Por ejemplo, varios autores han encontrado que en la madera posee caracteres cuya expresión esta directamente ligada a los factores climáticos circundantes. (Arnold et al 1999; Baas y Carlquist, 1985; Carlquist 1975; Wiemann *et al*, 1998). Y concluyen que la madera fósil es una herramienta útil en la reconstrucción de los diferentes paleoclimas o paleoambientes (Martínez-Cabrera, 2004; Mehrotra *et al.*, 1999; Poole 2000; Poole *et al.* 2003, Wheeler y Baas ,1999).

Características de la madera. La descripción e identificación de maderas se base concentra principalmente de las características anatómicas o elementos celulares que la constituyen, entre se consideran a:

Vaso: o llamados elementos de vaso, cuya función principal es la conducción de agua. Las características que se toman en cuenta para la descripción son: La porosidad (se denomina como poros a los vasos cortados transversalmente) agrupación, forma del poro, diámetro y longitud de los elementos de vaso. La frecuencia de vasos por milímetro cuadrado, placa de perforación, tipo y en algunos casos la inclinación, punteaduras intervasculares y de vaso y radio, donde también se toman en consideración su tamaño, forma, arreglo y ornamentación.

Los radios. Elemento celulares constitutitos principalmente por parénquima radial, cuya función principal es la comunicación de adentro del tronco hacia afuera de mismo, las características que se toman de los elementos radiales son: la altura da en numero de células y en milímetros, el ancho en milímetros, la seriación (numero de células que lo componen), tipos celulares, distribución e inclusiones.

Las fibras, elementos celulares los cuales su principal función es la de sostén. Entre las características que se toman en cuenta para estos elementos son: forma, longitud, puntuaciones, septos e inclusiones, diámetro total y grosor de paredes.

Parénquima. El parénquima es un elemento celular cuya principal función es de transporte de nutrientes, agua etc., por lo que su presencia y abundancia en ciertos árboles o maderas es de gran importancia. Entre estas células se distinguen dos grupos el parénquima paratraqueal y el parénquima apotraqueal. El paratraqueal es aquel que se encuentra unido a los elementos de vaso, por lo que aquí se describe si se encuentra unido, en que posición, su forma y su abundancia. El paratraqueal o el parénquima que no se encuentra unido a los elementos de vaso, se toma en consideración si se encuentra disperso, en que magnitud y además de su forma. Ambos parénquimas en sección tangencial se toma en consideración en la forma que se encuentran en arreglo sus células, esto es al azar o estratificadamente.

El estudio y cuantificación de los elementos celulares antes mencionados se basa en la observación de tres secciones tridimensionales de la madera, sección transversal, sección tangencial y la sección radial. (Fig. 1, Tabla 1)

Sección Transversal	Sección Tangencial	Sección Radial
Porosidad.	Placa de perforación.	Tipo de punteaduras vaso-radio.
Frecuencia de elementos de vaso por mm.	Longitud de los elementos de vaso.	Tipo celular del parénquima.
Diámetro de los vasos.	Tipo de punteaduras	
Tipo de parénquima.	Diámetro de las punteaduras	
Distribución de parénquima.	Disposición de las punteaduras.	
Forma del poro	Seriación de los radios	
	Tipo de fibras.	
	Espesor de las fibras.	
	Inclusiones en fibras y parénquima.	
	Arreglo del parénquima	
	Altura y ancho de Radios.	

Tabla 1. Lista de los caracteres anatómicos y en la sección donde son visibles.

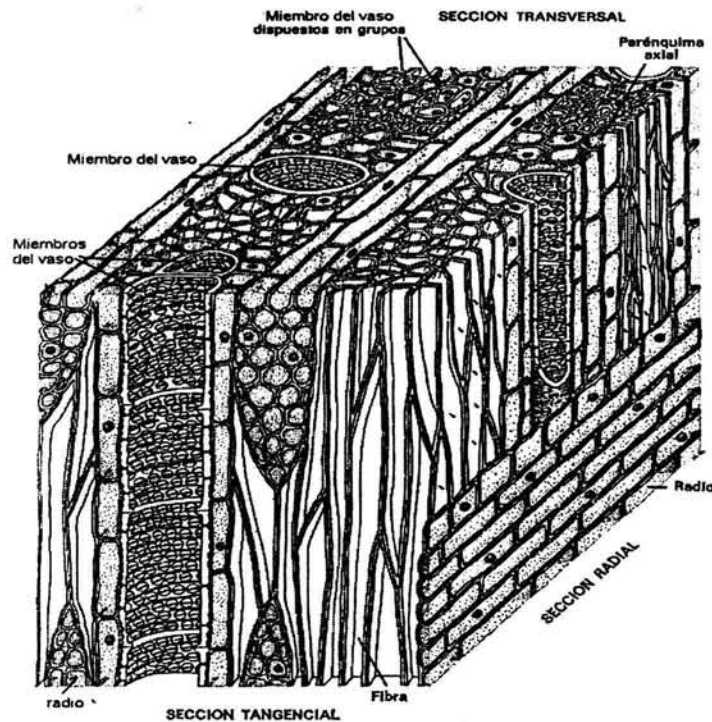


Figura 1. Representación esquemática de los cortes de la madera para su descripción y estudio.

Tlaxcala y los fósiles. Tlaxcala es un estado con gran información cultural, pero al referirnos al conocimiento de su acervo paleontológico éste es escaso y poco conocido, al igual que el entendimiento geológico de la región. El primer registro de fósiles en Tlaxcala, fue publicado por Osborn (1921), quien describió a *Rhynchotherium tlaxcalae*. En los años setentas el Proyecto Puebla-Tlaxcala de la Fundación Alemana para la Investigación Científica comenzó las investigaciones paleontológicas en la región. En dicho Proyecto encontraron en su mayoría fósiles de vertebrados en sedimentos del Pleistoceno (Guenther, 1973).

Los estudios paleobotánicos anteriores desarrollados en la zona de Panotla hacen referencia a microfósiles y, particularmente a evidencias palinológicas en sedimentos del Holoceno y Pleistoceno (Guenther y Bunde, 1973). De acuerdo con dicho estudio en la región de los lagos de Acuitlapilco, Oriental y Tlalocua (cerca de La Malinche), crecía un bosque templado compuesto principalmente por *Pinus* y *Quercus*, en el cual con el paso del tiempo los encinos fueron decayendo y la dominancia de *Pinus* llegó a su límite de abundancia. La presencia de otras coníferas como *Abies*, *Picea* y *Juniperus* sugiere

zonas e levadas cercanas, donde probablemente se establecieron estas plantas. Estos bosques fueron exterminados posiblemente por varias actividades volcánicas, que a la vez promovieron el establecimiento de comunidades con gran cantidad de herbáceas y pocos elementos arbóreos (Ohngemach, 1978).

Otros trabajos paleontológicos en la región de Panotla, Tlaxcala, fueron realizados por Rico *et al* (1993 y 1995) y Vilaclara *et al.* (1993 y 1997), donde por medio del registro fósil de diatomeas reconstruyen la historia geológica de un paleólago en la región de Calpulalpan, en la zona norte del estado. Este, de acuerdo a la interpretación ecológica de las especies encontradas en sus inicios era alcalino con un pH superior a 7 y de aguas someras. La gran cantidad de especies planctónicas en etapas posteriores del mismo lago sugiere aumento en la profundidad, aunque las condiciones de salinidad, pH, nutrientes y temperatura se mantuvieron constantes (Rico *et al.*, 1993 y 1995). Estos trabajos sugieren que en el pasado en la región existieron varios cuerpos de agua o lagos, que se fusionaron un tiempo cuando el régimen de las lluvias aumentaba. (Rico *et al.*, 1995).

Estos trabajos paleontológicos aislados muestran de manera muy somera la historia paleontológica de la región del estado de Tlaxcala. Este trabajo se suma a este acervo de información histórica que se encuentra conservado en los fósiles.

HIPOTESIS.

- La anatomía de la madera es un elemento que ayuda en la clasificación y sistemática de diferentes grupos de plantas arbóreas actuales, además, de proporcionar evidencias ambientales y climáticas de la comunidad vegetal de las que forman parte. Por lo tanto las características anatómicas encontradas en la madera fósil son elementos que pueden determinar la afinidad taxonómica a la que pertenecen y por otro lado debido a la estrecha relación de los caracteres anatómicos de la madera con las condiciones climáticas, es una valiosa herramienta para su empleo en la determinación de las condiciones paleoambientales o paleoclimáticas

OBJETIVO.

- Describir y determinar la afinidad taxonómica de las maderas miocénicas de Panotla, Tlaxcala, basados en la anatomía de la madera, así como la interpretación de las condiciones paleoambientales en el área durante el Mioceno.

MATERIAL Y METODO.

Material:

- Cortadora de disco Buehler.
- Disco con punta de diamante Buehler de 12cm x 0.4mm.
- Esmeril de disco móvil Buehler.
- Abrasivos Buehler de diferente grano (180-320-400-600).
- Portaobjetos MADESA de 26x76 mm.,
- Pegamento Termoplástico Buehler.
- Cubre objetos MADESA de 22x50 mm.
- Bálsamo de Canadá marca Hycel.
- Microscopio OLYMPUS BH2.
- Cámara digital de microscopio Dp11.
- Maderas fósiles.
- Muestras de sedimentos portadores de los fósiles.
- Microscopio estereoscopio SZH.
- Juego de tamices de apertura de 1 mm a 0.4 mm.
- Alcohol etílico.
- Acetona.

Recolecta del material. El material descrito en este trabajo se obtuvo por la donación del Ing. Bertoldo Sánchez Secretario de la Presidencia Municipal de San Nicolás Panotla, el préstamo de otras muestras del Museo Regional Del Exconvento de San Francisco bajo la dirección del Dr. Sabino Yano Bretón, así como la recolección del material por estudiantes de la Facultad de Ciencias y personal del Instituto de Geología, ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las muestras se recolectaron en la localidad de "Las antenas" ubicada a 20° 30' 10" de latitud norte y a 98° 16' 02"

longitud oeste con altitud de 2300 msnm, y la localidad "La mina", ubicada a 19° 19' 37" de latitud norte y 98° 18' 23" longitud oeste, con altitud de 2100 msnm. Ambas corresponden al Bloque Tlaxcala (Fig. 2).

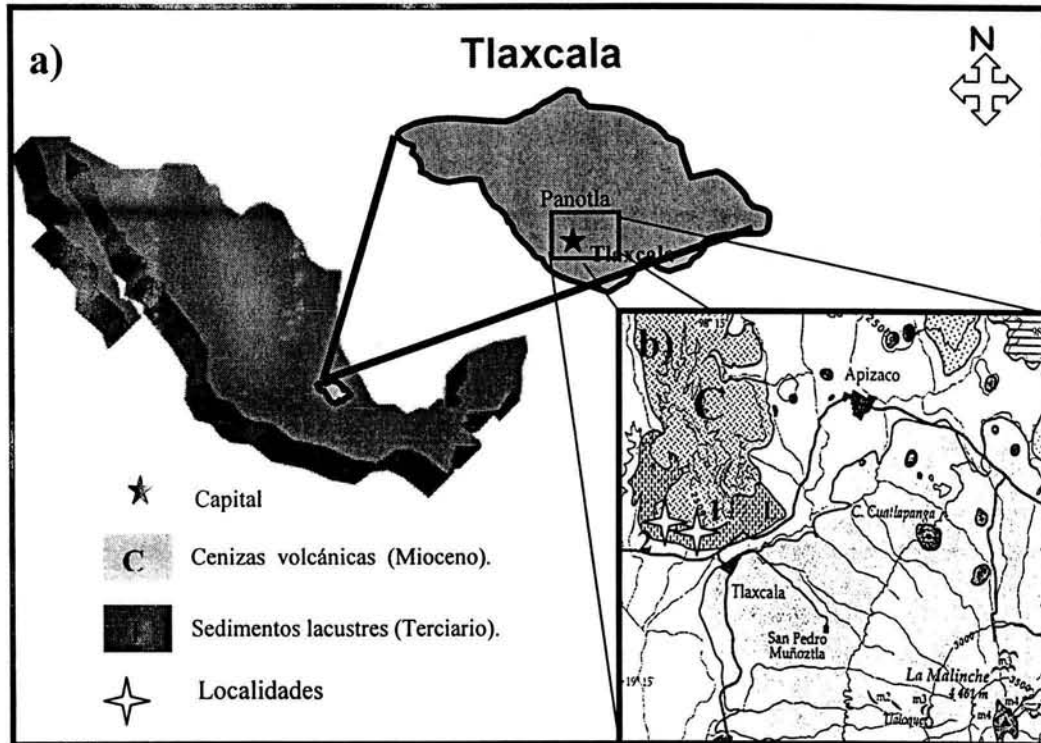


Figura 2.- Mapa de la ubicación geográfica de la región de Panotla. a) Ubicación geográfica; b) Mapa geológico del Área. (1) Localidad Las antenas y (2) localidad La mina (Castro, 2002).

Análisis de la anatomía. Para la determinación taxonómica de las muestras de madera permineralizada se llevó a cabo un estudio de la anatomía realizándose los siguientes pasos:

a) La ubicación tridimensional de las muestras. Esto es necesario para realizar el trazo de los cortes que permitan observar la anatomía de la madera en los planos: tangencial, radial y transversal, (Fig. 3).

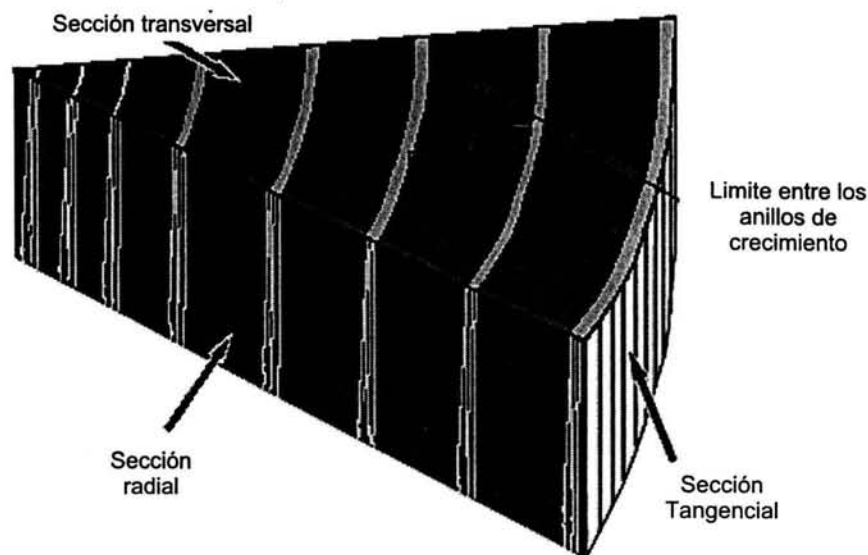


Figura 3. Representación esquemática de la ubicación de las tres secciones de corte de la madera.

b) La técnica de lámina delgada: esta consiste en hacer rebanadas de los planos elegidos empleando una cortadora con disco con filo de diamante. Posteriormente se realiza el desbastado de una de las caras de las muestras con un esmeril de disco móvil y a brasivos de diferente grano (180-320-400-600) hasta dejar la superficie totalmente lisa para fijarla en un portaobjetos, usando pegamento Termoplástico. Una vez pegada la muestra se continua desbastando por la otra cara (cara expuesta) hasta alcanzar un espesor aproximado de 30 μm , utilizando la misma secuencia de abrasivos. Al tener la muestra con el espesor deseado se cubre con un cubre objetos y Bálsamo de Canadá para su posterior observación en el microscopio.

c) Pecado: los datos de campo como son: localidad, # de la muestra, colector, fecha, etc.; son colocados junto con la muestra de madera fósil y su relación con las laminas delgadas. Esto se realiza con un lápiz punta de diamante.

d) Descripción de las maderas.- Esta se realizó con base en la observación de su anatomía en un microscopio con objetivos de 4X, 10x, 20x 40x y aceite de inmersión para el 100x. En la descripción se incluyó el reconocimiento de sus dimensiones celulares, las

cuales se obtienen de un promedio de 25 mediciones expresando los valores promedio, máximo y mínimo. La terminología usada, es la sugerida por el comité del IAWA (1989).

e) Análisis comparativo.- La determinación de la madera fue resultado de una amplia comparación de las estructuras observadas con descripciones de maderas basadas en una gran revisión bibliográfica, sobresaliendo los trabajos de Greguss (1955), Barajas *et al* (1997), Kribs (1959), Pérez Olvera *et al.* (1980), Pierra y Jacquet (1983), Schweingruber (1990), Delta (Richter, 2000) y, con la comparación de material reciente depositado en La Xiloteca Nacional (Instituto de Biología, UNAM) y la Xiloteca del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Para poder comparar el material fósil con el actual a nivel mundial, fue de gran ayuda el trabajo de Vliet (1979) y con la base de datos de los programas Guess (Wheeler *et al.*, 1986) y Delta (Richter, 2000), además de la pagina de internet del Herbario Nacional de Holanda.

MARCO GEOLOGICO DE TLAXCALA.

Las localidades "Las antenas" y "La mina" se encuentran al norte de San Nicolás Panotla, a 5 kilómetros al noroeste de la capital del estado, en una pequeña cordillera llamada los Volcanes Blancos. Previos estudios señalaron que esta área pertenece al Bloque de Tlaxcala, donde en su base afloran ignimbritas seguidas por material piroclástico granuloso que fue depositado en lagos salobres dando origen a estratos verdes compuestos de nontronita (Hilger, 1973). Originalmente a esta secuencia se le asignó una edad tentativa de Plioceno por no tener evidencia fósil (Von Erffa *et al*, 1976). Por encima de estos estratos afloran otros que representan alternancia de paleosuelos arcillosos con areniscas finas y medias. Por último, en la cima aflora una capa de rocas ígneas extrusivas, cubiertas por remanentes de paleosuelos.

Estudios recientes ubican a esta área en la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Mexicana. Su litología es clasificada como asociaciones alternantes de areniscas y limolitas y de areniscas y calizas que pertenecen al Terciario inferior (Oligoceno-Mioceno), ya que se encuentran cubiertas por derrames andesíticos y tobas intermedias del Terciario superior (Mioceno) (INEGI, 1981; Castro, 1999) (Figura 1).

Debido a que no existen fechamiento radiométricos y la información geológica se encuentra a una escala muy generalizada, en este trabajo se realizó un estudio estratigráfico muy sintético donde se muestran las relaciones estratigráficas de las secuencias que afloran en el área y la ubicación del material fósil. En este trabajo se realizó un estudio geológico en las localidades con el apoyo de las cartas geológicas y topográficas del estado de Tlaxcala (López-Ramos, 1979; INEGI 2001), así como los datos recopilados de la bibliografía (Castro, 1999; Hilger 1973), además, de la descripción en campo con apoyo del M. en C. José Luis Sánchez Zabala y el Ing. Ciro Díaz Salgado, del Instituto de Geología y posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM respectivamente.

Se describieron tres columnas estratigráfica en los sitios donde fue recolectado el material fósil, principalmente maderas permineralizadas (Fig. 4). Debido a que la mayoría de los estratos están cubiertos por material volcánico (principalmente cenizas), y en la

cima de los cerros por suelos, (Fig. 5), el levantamiento de las columnas estratigráficas se llevo a cabo en los cortes de la carretera, senderos de ríos y zonas de deslave.

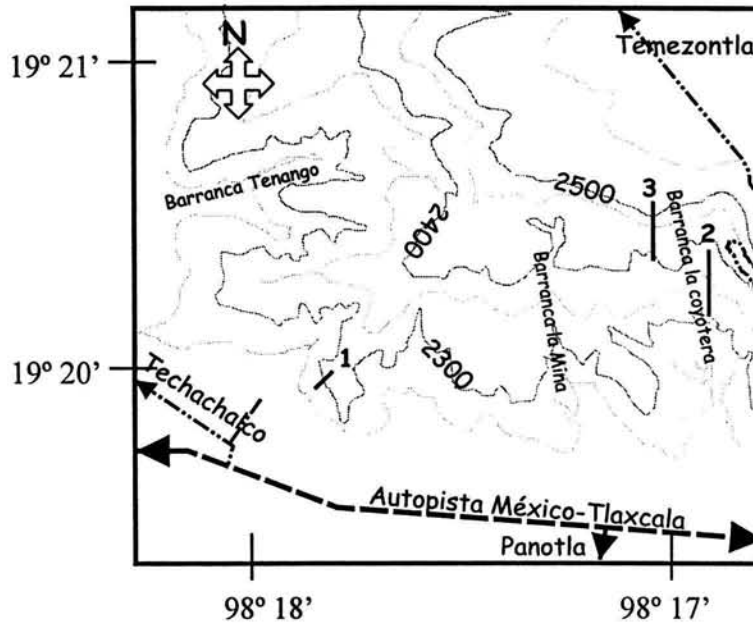


Figura 4. Ubicación de las áreas donde se levantaron las columnas estratigráficas 1, 2, 3. (Las líneas representan las isoclinas de altitud).

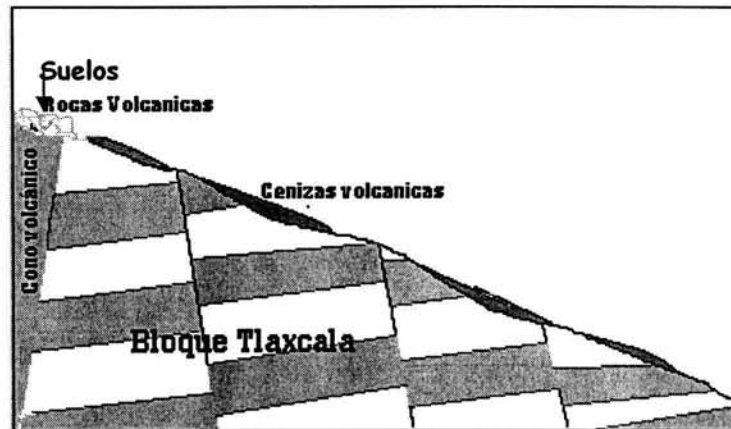


Figura 5. Representación esquemática de la ubicación de los estratos con respecto a la cubierta de material volcánico.

La secuencia litológica 1, observada en la localidad "La mina", se ubica en la región oeste del poblado de Techachalco, a 300 mts del cementerio de la comunidad (Figs. 6,7). Y se caracteriza por la persistencia de intercalaciones de arenas y lutitas a lo

largo de todo el trazo. Esta secuencia se divide en tres 3 unidades de acuerdo con el contenido fósil y litología. La unidad "a" se caracteriza por la intensa alternancia de estratos de arenas medias y finas (cuyo espesor se encuentra entre los 4 y 10 cm), y estratos de lutitas de 5 a 20 cm de espesor. Esta unidad contiene una gran cantidad de microfósiles incluyendo ostrácodos, ogonios de carofitas y algunos huesos de vertebrados (peces). La unidad "b" es igualmente una alternancia de sedimentos finos (lutitas) con sedimentos más gruesos (arenas finas y medianas), con algunas intercalaciones de lutitas calcáreas en la parte superior; en los estratos de lutitas es común encontrar vestigios de peces. La unidad "c" se constituye por capas más gruesas (entre 20 a 80 cm) de lutitas, con intercalaciones de arenas medias y finas, en donde los fósiles encontrados son diatomeas y madera permineralizada. Esta unidad está delimitada en la cima por el contacto regular de margas calcáreas con arenas de grano medio de origen volcánico (M. en C. Ciro Díaz, comunicación personal). En la parte de la cima de la columna existe la concordancia de los sedimentos lacustres y volcánicos.

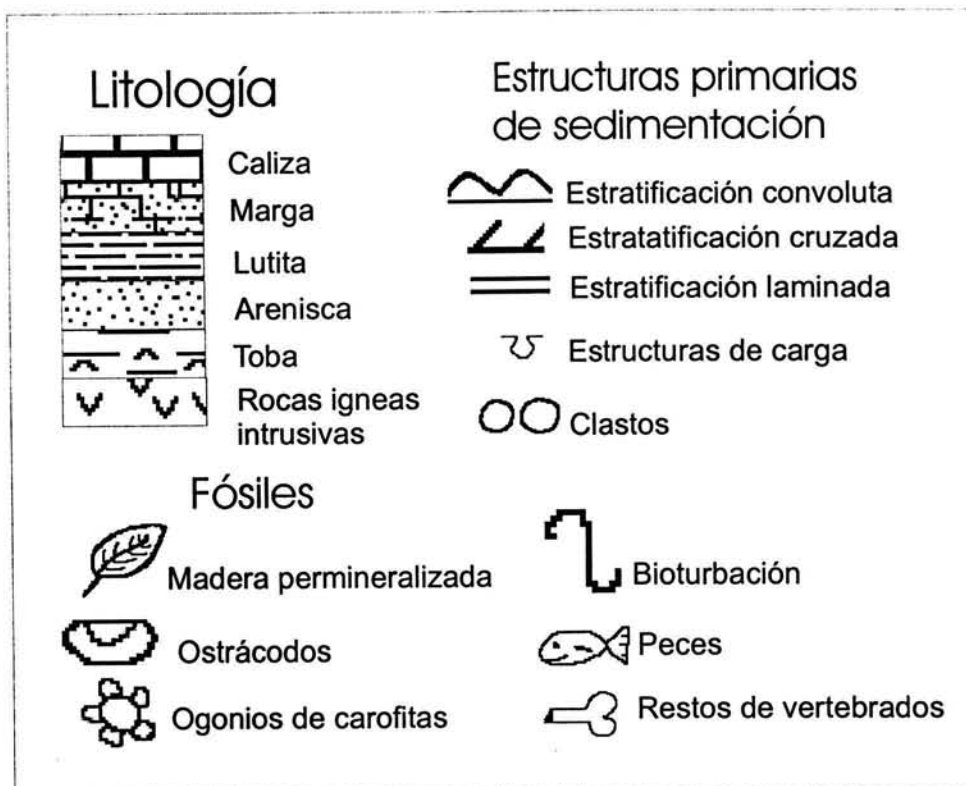


Fig. 6. Leyendas empleadas de las columnas estratigráficas de las Figs 6, 7 y 8. Representación esquemática de los tipos de litología y simbología de las estructuras primarias de sedimentación y fósiles.

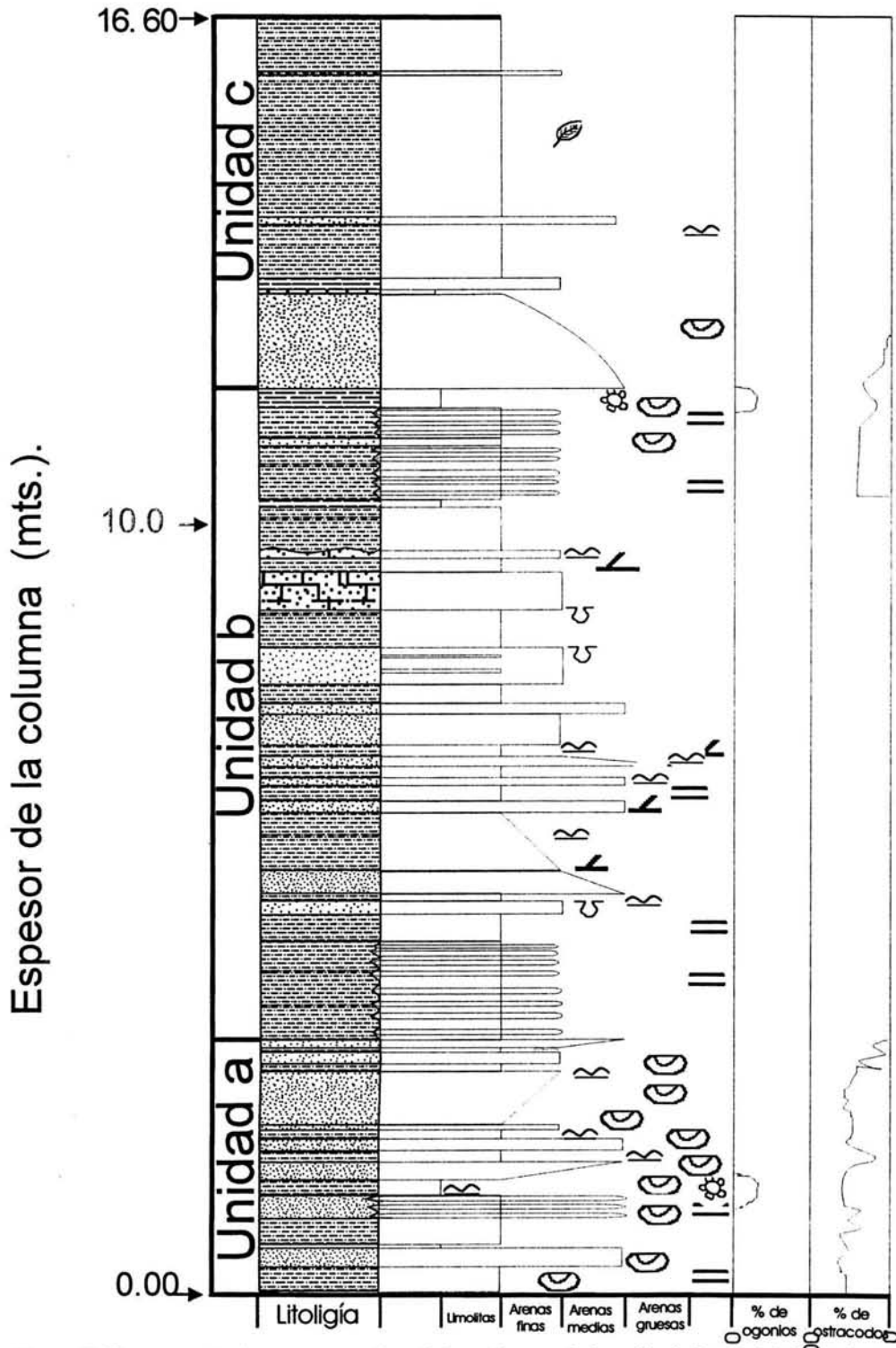


Figura 7. Representación esquemática de la columna 1, "La mina", Panotla Tlaxcala. En esta columna se muestra el estrato donde afloran las maderas fosiles.

La sección 2 fue observada en la localidad "La mina", ubicada en la parte norte del basurero municipal y en la Barranca La Coyotera. En este lugar se puede observar una secuencia litológica formada por 3 unidades (Figs. 6,8). La unidad "a" consiste de la alternancia de estratos de lutitas con estratos de arenas finas, por lo regular el contacto entre los estratos es concoidal. En la base se encuentra gran abundancia de ogonios de carofitas, las cuales se encuentran en pequeños estratos de arenas finas (2 a 5 cm de espesor) intercalados en lutitas. Aquí también se encuentran restos de vertebrados (peces, reptiles). La abundancia de los ogonios va disminuyendo hacia la cima de esta unidad, mientras que los fósiles de ostrácodos van aumentando su abundancia. En la cima de esta unidad dominan completamente los ostracodos y los ogonios desaparecen. La unidad "b" esta formada de estratos regulares de lutitas y arenas medias; dominando las gradaciones inversas y normales donde es común encontrar ostrácodos en las arenas medias. La unidad "c" se caracteriza por grandes cuerpos tubulares, existe alternancia de areniscas medias, lutitas, tobas, todo de origen volcánica. En algunos estratos se observa estratificaciones cruzadas de un ángulo superior a los 45° sugiriendo gran energía. Por la poca accesibilidad al afloramiento no se pudo tomar los datos descriptivos de algunos estratos. En esta unidad no se encuentran fósiles.

La tercera secuencia estratigrafica estudiada fue observada en la localidad "Las antenas", ubicada a 100 mts de las antenas de microondas en el poblado de Temezontla (Figs. 6,9). Esta columna solo se divide en dos unidades. La unidad "a" se caracteriza por poseer en su base una alternancia de estratos de arenas finas (con espesores de 2 a 10 centímetros) con estratos de arenas medias y gruesas con gran biotubación de 50 cm, a 2 metros, posiblemente representan paleosuelos; además esporádicamente existen intercalaciones de arenas calcáreas. La unidad "b" continúa con una alternancia de estratos de ceniza volcánica (arenas medias) y paleosuelos de varios espesores con la intercalación de pequeños estratos de arenas finas. Esta unidad se encuentra interrumpida en la cima por una secuencia de rocas ígneas y basaltos, los cuales en su parte superior son cubiertos por suelos. Esta unidad es separada porque a todo lo largo no se encuentran fósiles in situ, pero si se encuentran pequeños fragmentos rodados.

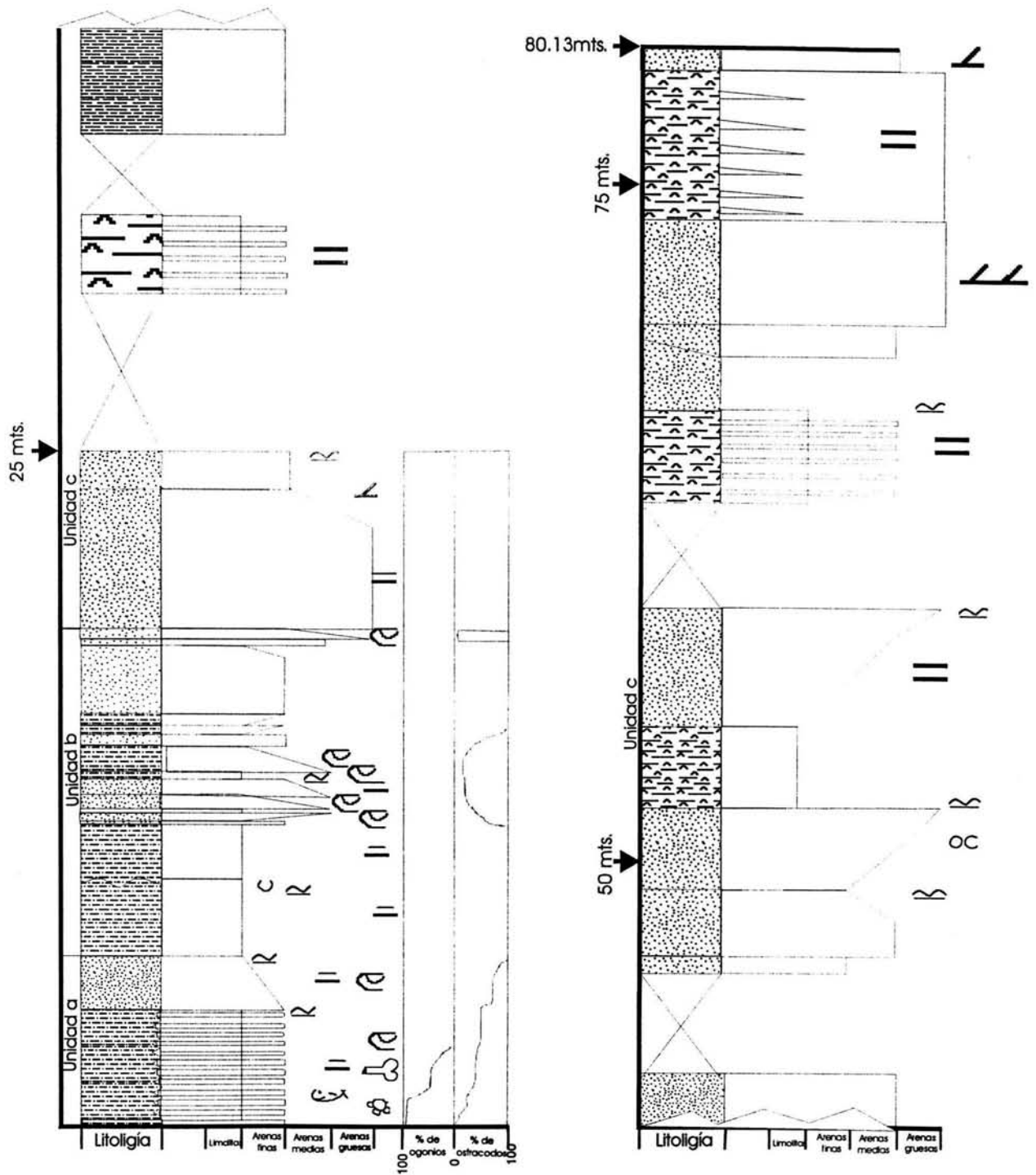


Figura 8. Representación esquemática de la columna levantada en la barranca "La coyotera", cercana al basurero municipal. Localidad La Mina.

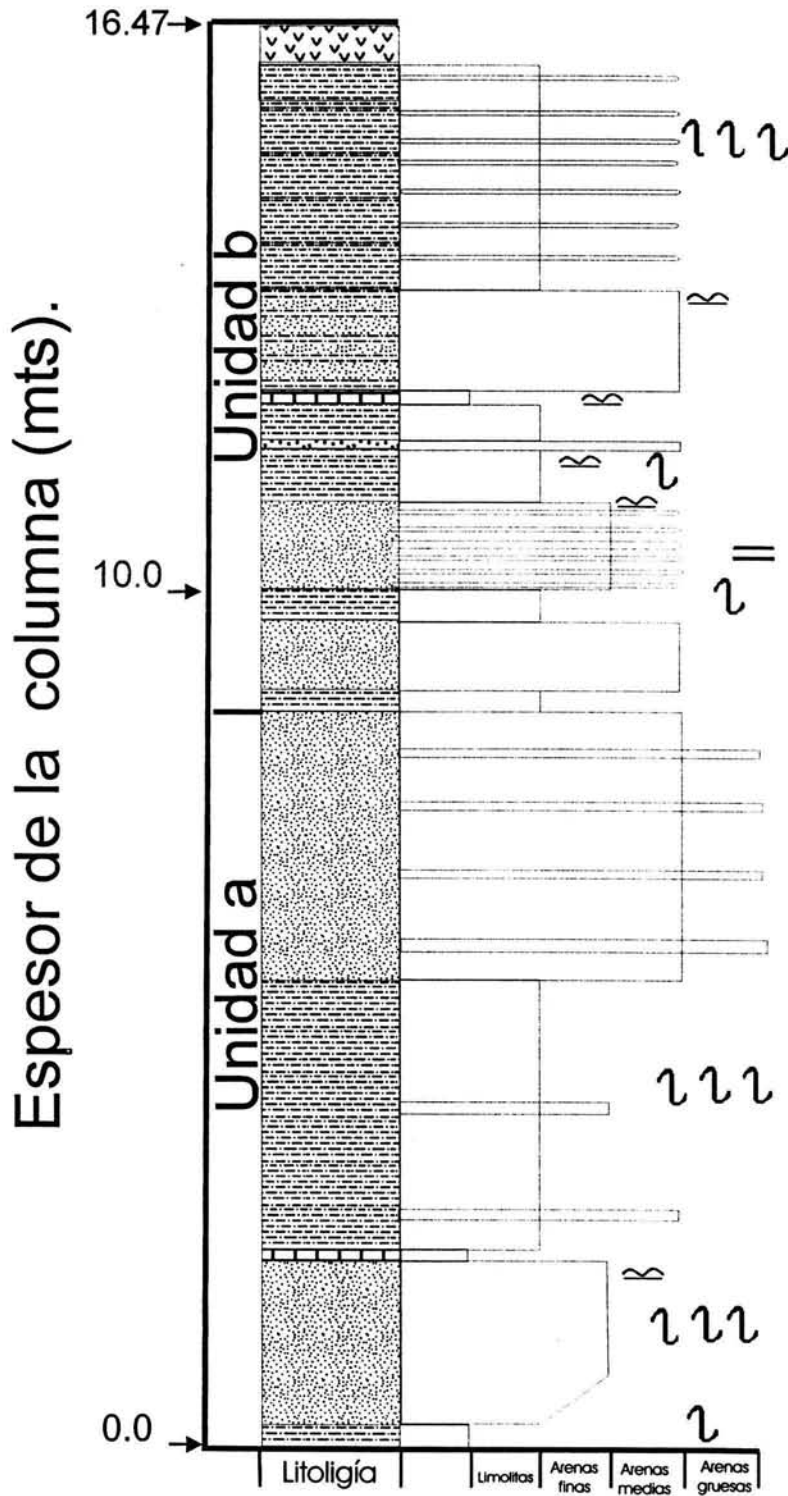


Figura 9. Representación esquemática de la columna levantada a un costado de las antenas de microondas, en la localidad "Las antenas".

Las secuencias estratigráficas descritas muestran una gran abundancia de rocas sedimentarias continentales depositadas en un cuerpo de agua (sedimentos lacustres), y le subyacen rocas sedimentarias de origen volcánico posiblemente también depositadas en los remanentes del cuerpo de agua. Es prematuro hacer una correlación entre las tres columnas aquí presentadas, ya que falta mucha información geológica por levantar como son las fallas y el mapeamiento geológico de la zona.

Fauna asociada. Al describir litológicamente los estratos, y al levantar las columnas se han encontrado fósiles de diferentes organismos aparte de las maderas permineralizadas como son: diatomeas, carofitas, ostrácodos y restos de vertebrados (peces y reptiles),

Diatomeas. Se han encontrado valvas a lo largo de todo el estrato donde se encuentran las maderas permineralizadas. Se reconoce el género:

Ephithemia F. T. Kützin 1844. (Fig. 10a). Es un género exclusivo de agua dulce, es epifítica y epipélica, vive comúnmente en habitats básicos.

Carofitas: Se han encontrado en gran abundancia estructuras reproductoras de este tipo de algas. Y por debajo de los estratos con madera permineralizada. Entre los taxa reconocidos tenemos a:

Lamprothamnium aff. papulosum (Wallroth) Groves (Fig. 10b). Esta alga tiene amplio rango estratigráfico del Cretácico Superior al presente, sin embargo, las características de tamaño y otras diferencias anatómico-estructurales encontradas en los ejemplares ayudan a determinar más específicamente la edad a la que pertenecen, y señala al Terciario superior (Oligoceno-Mioceno). Además este género es indicador de salinidades relativamente altas. Se les ha encontrado en lagos, en diferentes partes del mundo, como son Australia, sur de Francia, Inglaterra, etc., así como en el mar abierto. (Monique Fiest, comunicación personal 2003).

Ostrácodos (Crustáceos). Se encontraron valvas, de diferentes tamaños, al igual que los ogonios se han recolectado por debajo del estrato de la madera, entre los géneros que se reconoce esta:

Limnocithere (Fig. 10c). Este genero es indicativo de aguas con una profundidad de mas de 1.5 mts (Ana Luisa Carreño, comunicación personal).

Vertebrados.

Peces. Se encuentran huesos aislados de vertebrados correspondientes a peces en estratos donde predominan los ostrácodos o aisladamente otros estratos. Entre los géneros reconocidos se encuentran:

- *Ictiobus*, (Fig. 10d), comúnmente llamados matalote o boquin; son grandes peces filtradores y detritofagos, de cuerpo profundo de agua y largas aletas dorsal y anal, habitantes de grandes ríos y lagos de América del Norte (desde Canadá hasta Guatemala). El registro más antiguo corresponde a sedimentos del Mioceno de Dakota del Sur, U.S.A. (Cavender, 1986). Las partes óseas que se han encontrado son dientes faringes, hyomandibular, cuadrado, vértebras y un supraoccipital, que corresponden a *Ictiobus cf. bubalus*. (Jesús Alvarado comunicación personal, 2003). Este reporte es el segundo registró fósil de grupo en México, anteriormente Alvarado-Ortega y Carranza-Castañeda (en prensa) identificaron restos de este género en sedimentos lacustres Pliocenicicos en las cercanías de Tula, Hidalgo.
- *Ictalurus*, comúnmente llamados bagres; son grandes peces de cuerpo comprimido dorsoventralmenté, detritofagos, habitantes de grandes ríos, lagos, y arroyos de América del Norte (desde Canadá hasta Guatemala). En México su registro mas antiguo corresponde al Plioceno, por lo tanto este seria el registro de Bagre más antiguo. Entre las partes óseas que se han encontrado están, el ethmoideo, fragmentos de la mandíbula, dientes, vértebras, y fragmentos de huesos craneales. El registro fósil de bagres en México se limita a *I. dugesi* e *I. spodius*, del Plioceno de Chapala, Jalisco; *Ictalurus sp.* del Pleistoceno de San Luis Potosí (Hernández Jjunquera, 1977). Alvarado-Ortega y Carranza-Castañeda, 2002a-c, identificaron restos de este género en Tula Hidalgo, del Blancano (Plioceno) (Jesús Alvarado, comunicación personal 2003).

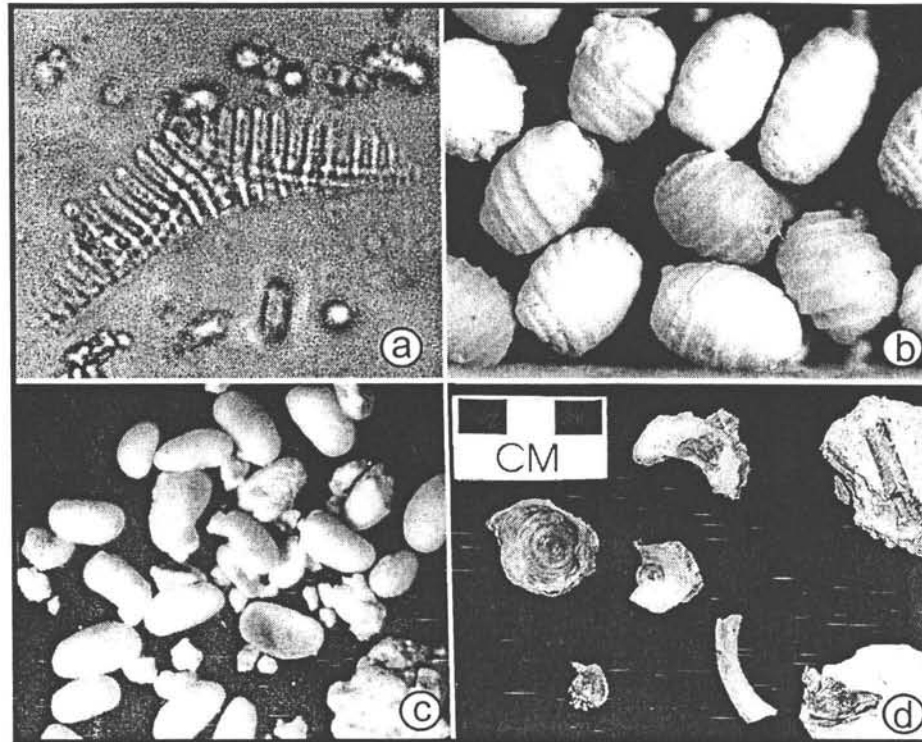


Figura 10. Fósiles asociados en las localidades de las maderas estudiadas. **a**) Valva de *Ephitemia* (diatomea). **b**) Ogonios de carofitas. **c**) valvas de Ostrácodos. **d**) Restos de vertebrados , peces.

RESULTADOS

Angiospermas. Descripción sistemática basada en la clasificación de Cronquist (1981) para angiospermas.

Clase.- Magnoliopsida

Subclase.- Rosidae

Orden.- Myrtales

Familia.- Combretaceae

Género.- *Terminalia*

Especie.- *Terminalia panotlensis* sp. nov.

Castañeda-Posadas & Cevallos-Ferriz.

Figura 11

Holotipo: Lpb-4355 a Lpb-4363 cortes correspondientes a la muestra Lpb 4496.

Paratipos: Lpb-4364 a Lpb-4375 cortes correspondientes a la muestra Lpb 4497

Número de Muestras: 2 ejemplares

Derivación – El epíteto específico refiere al municipio de Panotla, Tlaxcala en donde fue recolectado el material fósil.

Localidad – Las Antenas, Panotla Tlaxcala.

Edad – Oligoceno-Mioceno.

Muestras de comparación: Museo Botánico de Utrecht: *Terminalia* sp U 6624, *T. amazonia* U 939, *T. dichotoma* U 855. (<http://www.nationaalherbarium.nl/>). Xiloteca Nacional de México, UNAM. Mexu 232.

Diagnosis.- Porosidad difusa, anillos de crecimiento presentes; vasos solitarios en 90% y múltiples radiales (2-3 células) en 10%, placa de perforación simple con inclinación de 15–45°, punteaduras intervasculares alternas y poligonales, 7.5–10 µm de diámetro; punteaduras vaso radio opuestas, ovoides, 9-10 µm de diámetro; fibras libriformes, 70% septadas y 30% no septadas; radios homogéneos; parénquima paratraqueal escaso, parénquima marginal con 1-2 bandas.

Descripción. La madera tiene anillos de crecimiento delimitados por una banda de parénquima marginal, compuesta de 1 a 2 células de ancho (Fig. 11a). La madera tiene

porosidad difusa, la mayoría de los elementos de vaso son solitarios (90%), y algunos se unen en agrupaciones radiales de 2-3, se cuentan de 9 – 14 elementos de vaso /mm² (Fig. 11a). Los elementos de vaso en corte transversal tienen forma ovalada, diámetro promedio de 110 µm (85–210 µm), presentan placa de perforación simple con inclinación de 15 a 45°, largo promedio de 30 µm (25–44 µm), contienen abundantes tilides y en algunas zonas se presentan posibles gomas (Fig. 11b). Las punteaduras intervasculares son areoladas, alternas, de forma poligonal y con diámetro promedio de 7.5-10 µm (Fig. 11e). Las punteaduras vaso-radio son opuestas, con 9–10 µm de diámetro, de forma poligonal similar a las de los elementos de vaso (Fig. 11h). Las fibras son septadas en un 70% y no septadas en 30%, con una longitud de 70–120 µm y ancho de 18-20 µm, presentan pared mediana con ancho de 2.5 µm (Fig. 11d). Los radios son uniseriados, homogéneos, y están compuestos por células procumbentes (Fig. 11f, g), miden 30 µm de ancho, tienen altura de 200 µm (110-450 µm) o de 10 células (4-22 células) y su abundancia es de 10/mm (Fig. 11c). Hay parénquima apotraqueal marginal de 1-3 células de ancho, vasicéntrico de 2 a 3 células de ancho y en algunos puntos se observan alas cortas, también tienen parénquima apotraqueal difuso.

Discusión.- La ubicación de la madera dentro del género *Terminalia* está dada por su gran semejanza y parecido con el grupo actual, por lo tanto no se incluye en el género *Terminaloxylon* descrito por Schönfeld (1947), que fue establecido para la madera fósil semejante, con este género. Este género corresponde con uno de los grupos actuales más diversos de las plantas arbóreas tropicales. Mehrotra (1999) menciona que existen cerca de 220 especies, aunque en la página del Missouri Botanical Garden se estipula que son menos las especies por presentar varias sinonimias, además que no se incluye a las especies fósiles. No existe una monografía taxonómica del género por lo que no resulta sencillo poder identificarla, sobre todo basado en la anatomía de la madera.

Características de la madera de Tlaxcala, como son la porosidad difusa, los anillos de crecimiento delimitados por bandas de parénquima, vasos solitarios en 90%, con diámetro promedio de 110 µm, punteaduras intervasculares alternas de 7.5 – 10 µm de diámetro, punteaduras vaso radio opuestas con 9-10 µm de diámetro; fibras libriiformes, septadas y algunas no septadas; radio homogéneos; y parénquima paratraqueal, se ajustan a las características que son diagnósticas de las familias Aceraceae, Betulaceae, Combretaceae y a un grupo de las Leguminosae. Pero

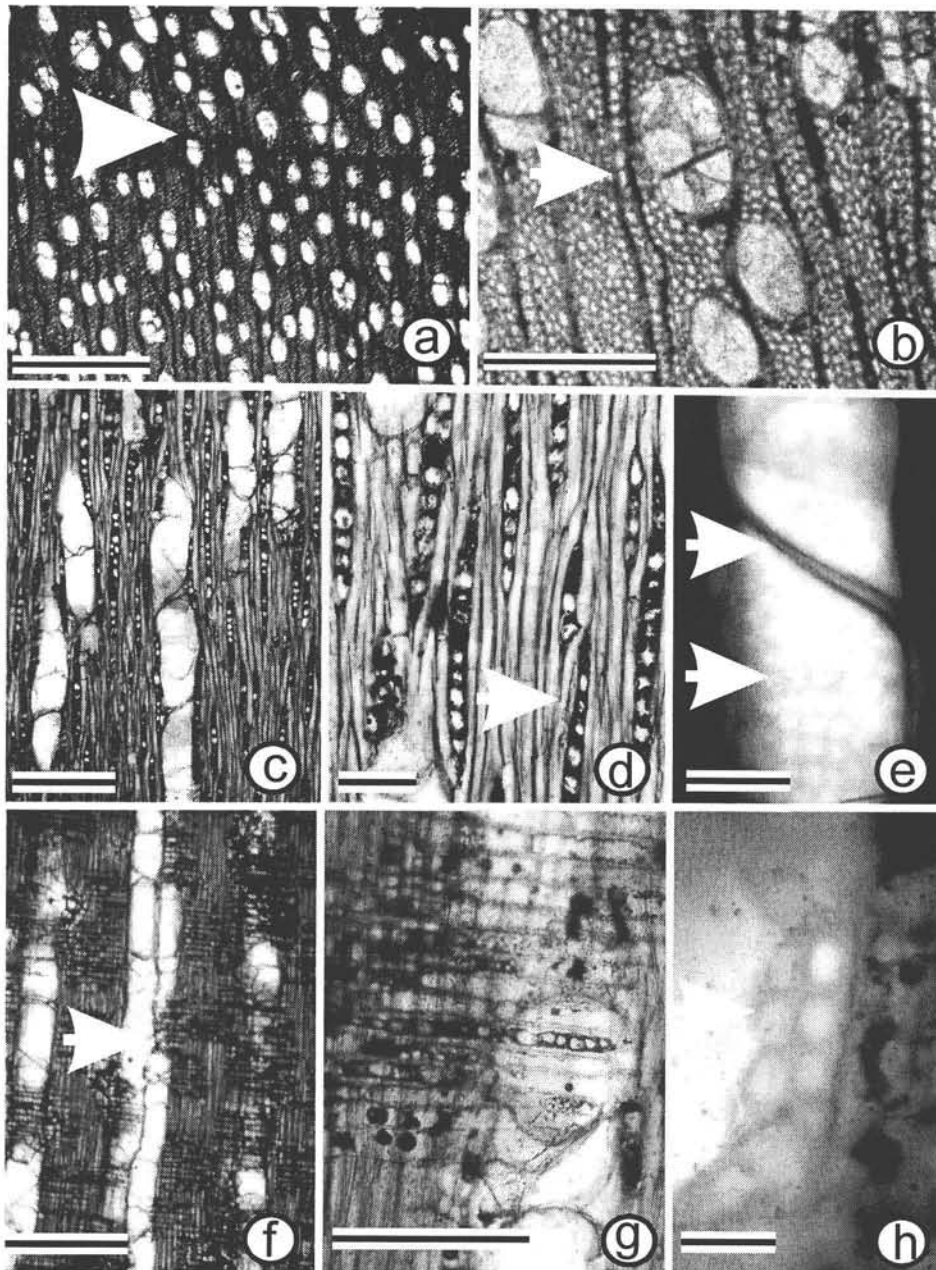


Fig. 11. *Terminalia panotlensis* sp nov. Castañeda-Posadas & Cevallos-Ferriz. **a)** Corte transversal, la flecha señala el límite entre los anillos de crecimiento (parénquima marginal). Escala de 1 mm. **b)** Corte transversal, la flecha señala la forma de los elementos de vaso en esta sección y las abundantes tilides contenida en los mismos. Escala 200 μ m. **c)** Corte tangencial, se observa la inclinación de la placa de perforación y los radios uniseriados. Escala 300 μ m. **d)** Sección tangencial, la flecha señala los radios uniseriados y se distinguen fibras libriformes. Escala 100 μ m. **e)** Acercamiento de un elemento de vaso, señalando la placa de perforación tipo simple, punteaduras alternas. Escala 50 μ m. **f)** Corte radial, mostrando los radios homogéneos. Escala 500 μ m. **g)** Corte radial, mostrando células procumbentes de los radios homogéneos. Escala 150 μ m. **h)** Acercamiento, mostrando las punteaduras vaso-radio opuestas. Escala 10 μ m.

considerando como característica esencial a la placa de perforación simple presente en este fósil, se le puede excluir de la familia Betulaceae, ya que esta presenta placa de perforación éscariforme de varias barras. Por otro lado los radios uniseriados, angostos y pequeños diferencian a este fósil de Aceraceae, cuya madera presenta radios multiseriados y en ocasiones agregados, largos y anchos. Al presentar poco parénquima apotraqueal y más paratraqueal en sus diferentes versiones la madera de la planta en discusión es también excluida de las leguminosas. De esta forma la mejor concordancia entre las de características presentadas en la diagnosis de la madera fósil es con la familia Combretaceae.

En *Terminalia* a nivel genérico se observa que existe también cierta variación, pero las tallas de los elementos de vaso, el largo y ancho de las fibras, los radios, su porcentaje; la dimensión y disposición de las punteaduras intervasculares así como las de vaso-radios, hacen a la madera fósil un buen representante de *Terminalia* y en específico tiene gran parecido cualitativo con *T. amazonia* (Gmel.) Exell., y mientras que cuantitativamente tiene más similitud a *T. bialata* (Chuglam). Los caracteres de la madera fósil no definen a una especie actual y en conjunto sugieren que esta madera representa una especie nueva (Fig. 12).

El registro fósil del género en el país es poco y tan solo es ubicado en algunas formaciones como en La Quinta, Chiapas (Oligoceno-Mioceno) y Paraje Solo, Veracruz (Mioceno). Estos registros están basados en microfósiles (polen) (Cevallos & Ramírez, 1998, Berry 1937, Palacios y Rzedowski, 1993).

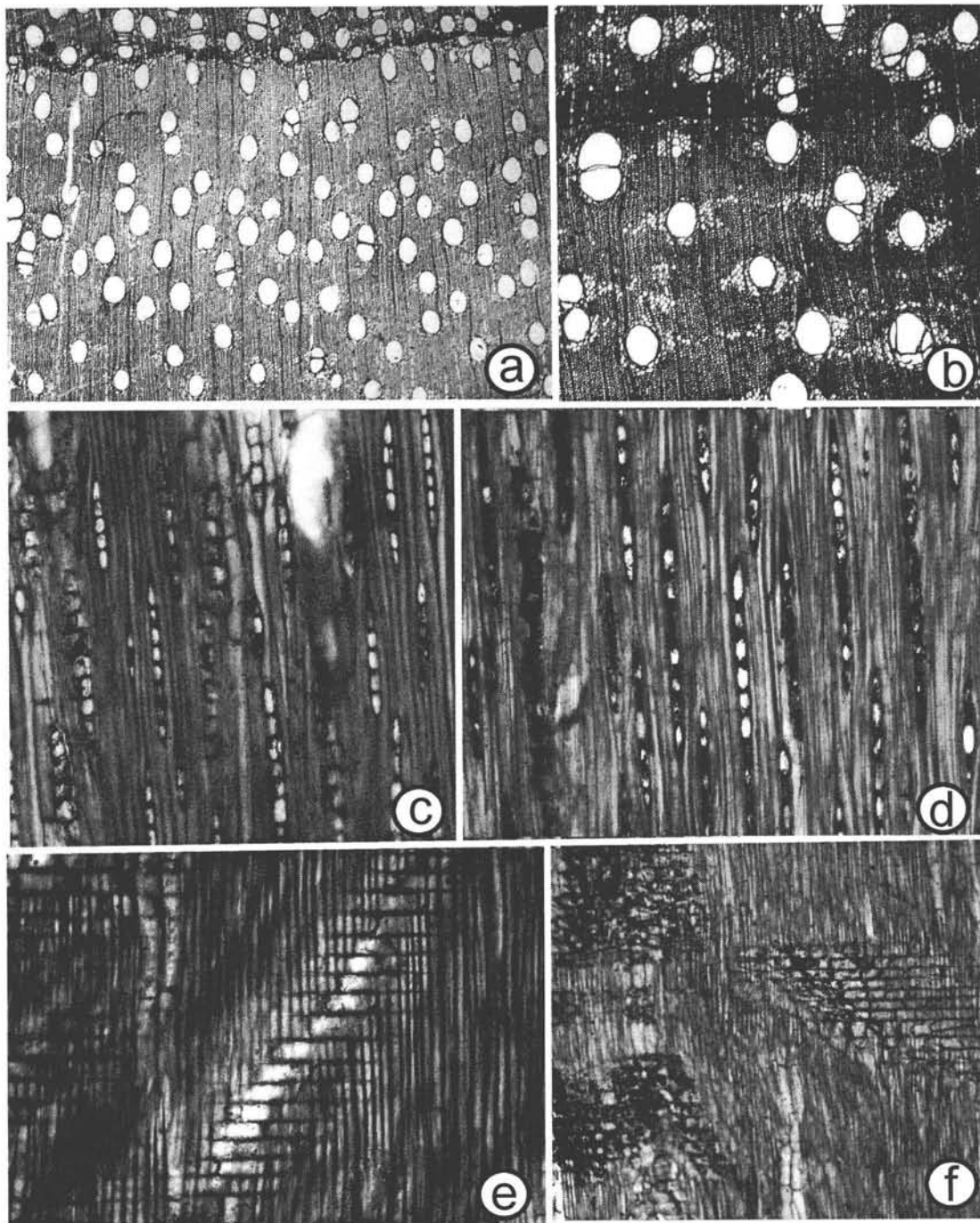


Figura 12. *Terminalia amazonia* (a, c, e) y *T. bialata* (b, d, f) a) Corte transversal, mostrando porosidad difusa. b) Corte transversal, mostrando la porosidad semianular. c) Corte tangencial, mostrando radios uniseriados, fibras libriformes y punteaduras intervasculares alternas. d) Corte tangencial, mostrando radios uniseriados, fibras libriformes y punteaduras intervasculares. e) Corte radial, mostrando radios homogéneos. f) Corte radial mostrando radios homogéneos.

Orden.- Sapindales

Familia.- Meliaceae

Género.- *Cedrela*

Especie.- ***Cedrela tlaxcaliensis* sp. nov.**

Castañeda-Posadas & Cevallos Ferriz.

Figura 13

Holotipo: Lpb-4376 a Lpb-4388, cortes correspondientes a la muestra Lpb 4498.

Derivación: El epíteto específico es derivado del estado de la república en el que se encontró la madera fósil.

Localidad – Las Antenas

Edad – Oligoceno-Mioceno.

Número de Muestras: Una muestras.

Material de comparación: Xiloteca del INIFAP: *Cedrela odorata* (Roem): INIF x-192, x- 440; *C. mexicana* (Roem) INIF x- 56; Xiloteca Nacional: *C. mexicana* x-56.

Diagnosis. Porosidad anular a semianular, anillos de crecimiento presentes, vasos solitarios 70%, múltiples radiales (2-3 células) 20% y, pequeños racimos 10%; placa de perforación simple, con inclinación de 0 a 15°, presenta gomas; punteaduras intervasculares a lternas, o valadas a poligonales, de 4-5 μm de diámetro, punteaduras vaso radio opuestas de forma ovoide, con un diámetro de 5 μm ; fibras septadas (60%) y no septadas (40%); radios homogéneos; parénquima apotraqueal vasicéntrico y aliforme, parénquima paratraqueal difuso y, parénquima marginal de 1-2 bandas.

Descripción. La madera tiene anillos de crecimiento distinguibles delimitados por una banda de parénquima marginal de 2 a 3 células de ancho, porosidad que varia de anular a semianular y, elementos de vasos en su mayoría solitarios (70%), y en agrupaciones radiales de 2-3 (20%), o pequeños racimos aislados (10%). Los elementos de vaso se cuentan de 5-7/mm² (Fig. 13a). En sección transversal tienen forma de redondeada a ovalada, con diámetro promedio de 156 μm (60 – 250 μm) (Fig. 13b), presentan placa de perforación simple con inclinación de los 2 a 15° (Fig.13e, f), y con abundantes gomas. Las punteaduras intervasculares son alternas, de forma redondeada a poligonal, con diámetro de 4-5 μm (Fig. 13c). Las punteaduras vaso-radios son opuestas, con 5 μm de diámetro y de forma ovoide (Fig. 13d). Las fibras son septadas y

no septadas, con longitud de 430 μm , diámetro de 15-16 μm y grosor de pared mediana, de 2 μm . Los radios son multiseriados, de 3-4 células de anchos, homogéneos, aunque en sus márgenes las células tienden a ser más estrechas (Fig. 13h), miden aproximadamente 60 μm de ancho, tienen una altura de 8 células (5-10 células) y 259 μm (200-240) promedio, su abundancia es de 9-10/mm² (Fig. 13e, 13g). Tiene parénquima paratraqueal vasicéntrico de 2 células de ancho, aliforme de alas muy cortas, parénquima apotraqueal marginal de 1-2 células de ancho y, parénquima apotraqueal difuso.

Discusión. El género *Cedrela* se ha clasificado taxonómicamente basándose principalmente en la anatomía y morfología de las hojas, frutos, semillas y flores, las cuales han permitido reconocer varias especies, sin embargo, algunos autores sugieren que varias son en realidad sinonimias que reflejan el poco entendimiento de la variación natural de estos órganos en el género (Pennington, 2001). Por ejemplo, una propuestas taxonómicas reconoce a *C. odorata* como especie única y dejando a *C. hassleri* (C de Candolle), *C. maxicana*, *C. paraguariensis*, *C. salvadorensis* (Stand), *C. oaxaquensis* (C de Candolle), *C. occidentales* (C de Candolle) como sinonimias (Pennington, 1981, 2001; Quevedo Sopepi, 1993). Esta clasificación sugiere la existencia de gran variabilidad ínterespecífica debido posiblemente a diferentes condiciones ambientales, y/o la competencia intraespecífica existente en los lugares donde habitan. Pero las características anatómicas de esta madera de Tlaxcala, como son, porosidad semianular, vasos con punteaduras intervasculares finas (4-5 μm), punteaduras desde vaso-radio semejantes a las intervasculares, placas de perforación simple, fibras libriforme, septadas y no septadas y, radios multiseriados, en conjunto son encontrados en miembros de la familia Meliaceae (Watson y Dallwitz 1992; Détienne y Jacquet, 1983). Sin embargo, características como porosidad semianular, presencia del 70 % de vasos solitarios y tipo de agrupaciones radiales, además el número de vasos por mm² con promedio aproximado 2-5, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares lisas, parénquima vasicéntrico de alas muy cortas y apotraqueal difuso, radios multiseriados, homogéneos y algunos heterogéneos; ayuda a distinguir esta madera fósil de Tlaxcala de *Guarea* Allemand ex Linné, *Swietenia* Jacquin y, *Trichilia* P. Browne.

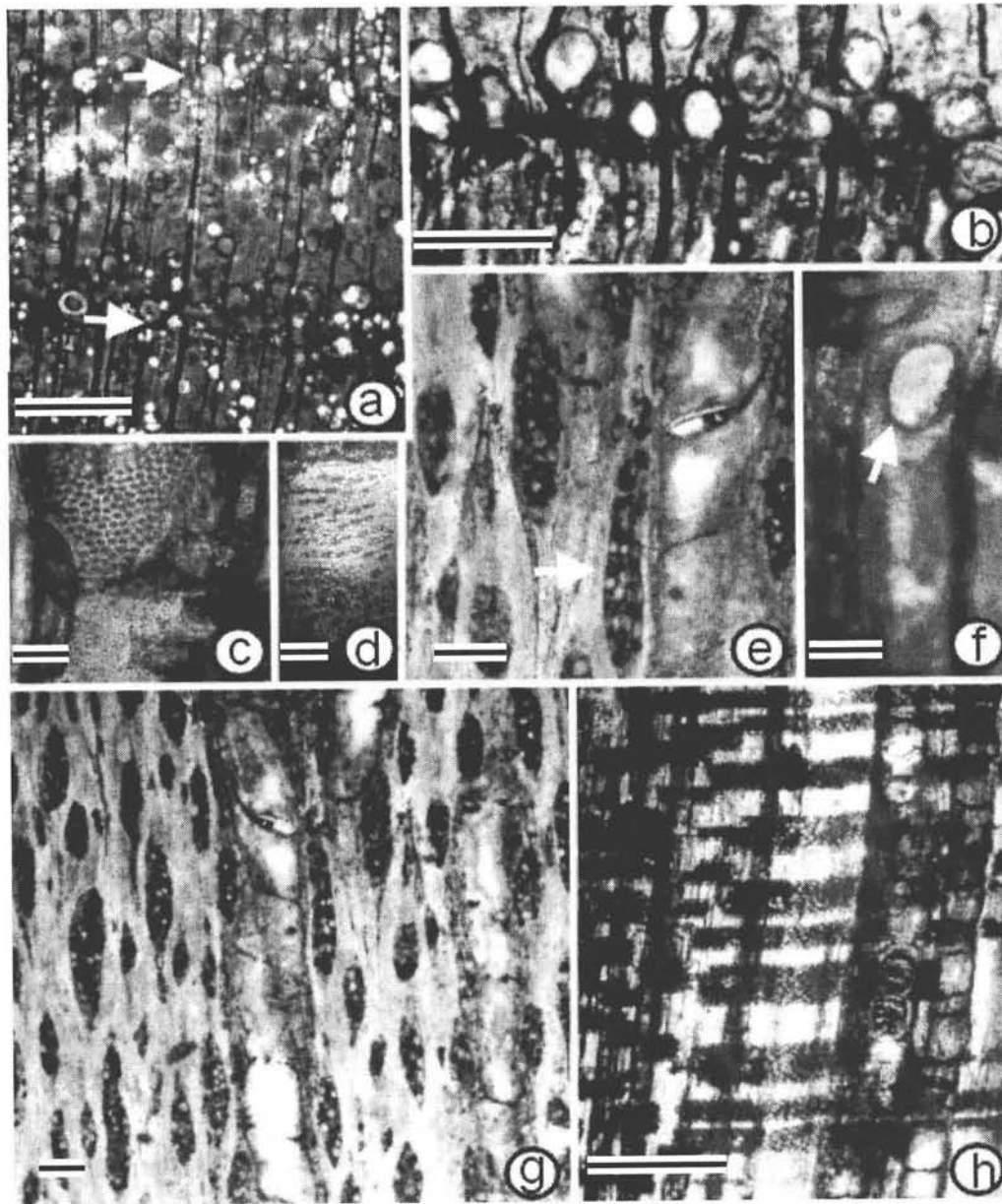


Figura 13. *Cedrela tlaxcaliensis* sp. nov, Castañeda-Posadas & Cevallos-Ferriz. a) Corte transversal, la flecha señala el límite entre anillos de crecimiento (parénquima marginal). Escala 500 μ m. b) Corte transversal, observar la forma del elemento de vaso y las abundantes tilides. Escala 300 μ m. c) Corte tangencial, observar las punteaduras intervasculares alternas. Escala 10 μ m. d) Corte radial, observar las punteaduras vaso-radio, opuestas. Escala 10 μ m. e y g) Corte tangencial, observar los radios multiseriados. Escala 50 μ m. f) Acercamiento de un elemento de vaso (40x), señalando la placa de perforación tipo simple y las punteaduras alternas. Escala 100 μ m. h) Corte radial, observar los radios homogéneos. Escala 300 μ m.

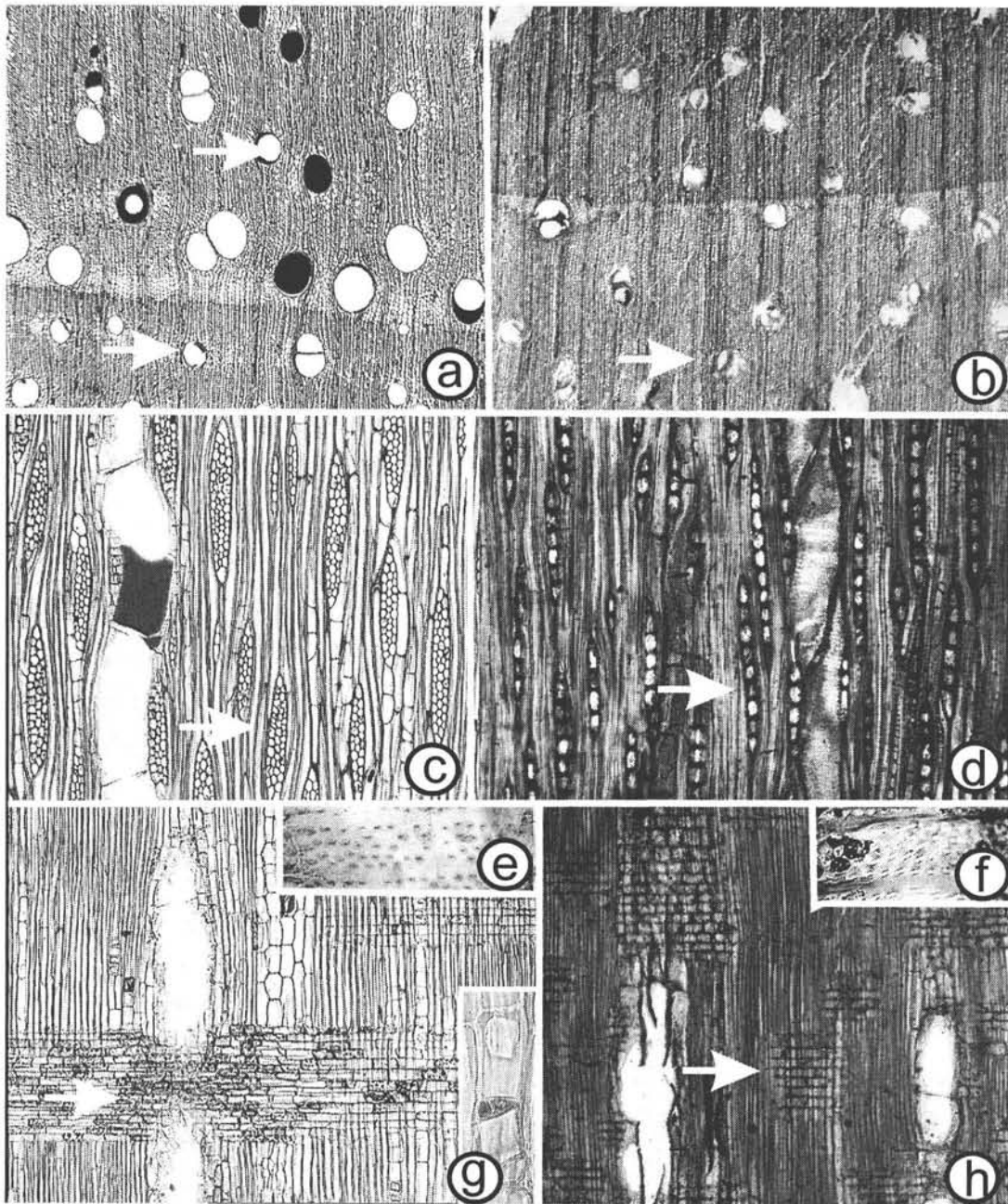


Figura 14. *Cedrela odorata* (a, c, e y g) y *C. mexicana* (b, d, f y h). a) Corte transversal, observar tendencia a porosidad semianular. b) Corte transversal de *C. mexicana*, mostrando la porosidad difusa. c) Corte tangencial mostrando radios multiseriados. d) Corte tangencial, con radios uniseriados. e) Corte radial, con punteaduras vaso-radio opuestas. g) corte radial con radios homogéneos. f) Corte radial, con punteaduras vaso-radio opuestas. h) Corte radial con radios heterogéneos, células cuadradas en los márgenes.

A nivel de especie se encuentran marcadas similitudes y diferencias entre las características anatómicas de la madera fósil de Tlaxcala con *C. odorata* L. y, aun considerando como parte de esta a sus sinonimias especialmente a *C. mexicana* Roem. (Tabla 2).

	Características		<i>C. odorata</i> (Fig.13)	<i>C. panotlensis</i> (Fig 12)	<i>C. odorata,</i> <i>sin. Mexicana</i> (Fig.13)
	Corte Transversal	Vasos mm ²		3-8	5-7
Asociación de vasos		Solitarios 2-3	Solitarios, 2-3 y racimos.	Solitarios y 2-3	
Porosidad		Difusos	Semianular	Semianular	
Diámetro de los vasos		110-170-270	60-156-250	30-170-260	
Forma de los vasos		Ovalada	Ovalada	Ovalada	
Parénquima		Apotraqueal	Marginal	Marginal y difuso	Marginal y difuso
	Paratraqueal	Vasicéntrico con alas cortas o muy alargadas	Vasicéntrico con alas cortas o nulas.	Vasicéntrico con alas largas, y abundante	
Corte Tangencial	Placa de perforación		Simple	Simple	Simple
	Punteaduras intervasculares		Alternas	Alternas	Alternas
	Tamaño de las punteaduras del elemento de vaso		5-7	4-5µm	4µm
	Fibras		No septadas	Septadas y no septadas	Septadas
	Longitud de fibras		770-1050-1750	430µm	
	Radios		Multiseriados	Multiseriados de 3-4	Uniseriados
	Ancho de los radios		50-65µm	60µm	80-90
	Altura de los radios		500 µm	259 µm	300 a 500 µm
	Tipo de radios		Homogéneos	Heterogéneos	Heterogéneos
	Punteaduras vaso radio		Opuestas	Opuestas (forman cordones)	Opuestas (forman cordones)
Corte radial					

Tabla 2. Estructuras correlacionables y distintivas entre *C. odorata*, *C. mexicana* (Algunos autores considerada sinonimia de *C. odorata* y/o *C. panotlensis*.).

Estas diferencias muestran la diversidad fenotípica del género, pero ciertos caracteres como son los distintos tipo de radios (biseriados vs. multiseriados), su altura (largos vs. cortos) y ancho (estrechos vs. largos), la posición de las punteaduras vaso-radio, y el tamaño de las punteaduras, permiten distinguir entre *C. mexicana* de *C.*

odorata como dos morfotipos distintos, y sugieren que estas no son consecuencia del habitat donde se desarrollan. (Fig. 14).

Las comparaciones hechas al género *Cedrela* basadas en la anatomía de la madera señalan que se pueden distinguir tres tipos diferentes de *Cedrela*, las cuales no pueden ser agrupadas en una sola especie por los caracteres tan distintos y poco variables. Si se acepta esto resulta que la madera de Tlaxcala representa a una nueva especie, posiblemente extinta. Estas hipótesis puede ser rechazada o aceptada haciendo mas trabajos a nivel morfológico y anatómico en las especies fósiles y actuales del genero buscando entender caracteres que representan las variaciones naturales.

Su registro fósil es escaso, solo se le conoce en pocas localidades del país y en si de todo el mundo (Tabla 3). Se tiene la teoría que el género se origino en América.

<i>Época</i>	Macrofósiles	Microfósiles
Eoceno	*****	<i>C. trianii</i> , Wyoming, EU. (MacGinitie. 1969) <i>C. eolancifolia</i> Sierra Nevada, California, EU. (Leopold 1983; MacGinitie 1941).
Oligoceno	*****	Alaska
Mioceno	Fm. Tehuantepec, Oaxaca (Berry, 1939) <i>C. trianii</i> Nevada, EU. (Axelrod. 1991) Gunma, Japón Ozaki. 1991.	<i>Cedrela</i> sp. Chiapas. (Palacios y Rzedowski, 1993) <i>C. oregoniana</i> , Nevada, California , EU. (Axelrod 1939; Chaney 1944).
Plioceno	****	Fm. Paraje Solo, Veracruz (Graham, 1976)

Tabla 3. Registro fósil de *Cedrela* en México y América del Norte (Basado en Millar, 1996; Cevallos-Ferriz, 1998 y la base de datos en la web de The Paleobiology Database; ****, ausencia de datos).

Orden.- Laurales

Familia.- Lauraceae

Género.- *Paleohypodaphnis*

Castañeda-Posadas & Cevallos-Ferriz.

Especie.- *Paleohypodaphnis richeria* sp nov.

Castañeda-Posadas & Cevallos Ferriz.

Figura 15

Holotipo: Lpb-4389 a Lpb-4397, cortes correspondientes a la muestra Lpb 4499.

Derivación: El nombre genérico hace referencia al gran parecido anatómico con la madera del género *Hypodaphnis*. El epíteto específico hace referencia a Dr. Hans Richter por su arduo y detallado trabajo con la Familia Lauraceae.

Localidad – Las antenas, Panotla, Tlaxcala.

Edad – Oligoceno-Mioceno

Numero de muestra: Una muestra.

Material de comparación: Museo Botánico de Utrecht. U 6174.

Diagnosis. Porosidad difusa, anillos de crecimiento presentes, delimitados por una banda de parénquima de 1–2 células de ancho, vasos solitarios y múltiples radiales (2-4 células) y algunos en racimo; placa de perforación simple, punteaduras intravasculares alternas y ovaladas; punteaduras vaso-radio opuestas, de forma ovoide; traqueidas vasicentricas de 60 μm diámetro, punteaduras opuestas; fibras libriformes, septadas y no septadas, radios homogéneos, parénquima paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal difuso, parénquima marginal de hasta 2 células de ancho; células oleíferas presentes, y cristales tipo romboide presente en las fibras.

Descripción. La muestra fósil tiene anillos de crecimiento delimitados por una banda de parénquima marginal constituido de 1 a 2 células de ancho, porosidad difusa con ligero arreglo tangencial (Fig. 15a). Los elementos de vasos se encuentran solitarios (70%), en agrupaciones radiales de 2-3, y en racimos; se cuentan en promedio 4-5/ mm^2 (Fig. 15b), aunque en la madera temprana hay de 3-4 y en la tardía de 6-8. Los elementos de vaso en sección transversal tienen forma redondeada a ovalada, y diámetro de 70 μm

(60-240), placa de perforación simple (Fig. 15f) y, abundantes gomas; las punteaduras intervasculares son alternas, redondas a poligonales y, con diámetro de 5-7 μm (Fig. 15h). La madera tiene traqueidas vasicéntricas con diámetro de 60 μm y, punteaduras areoladas opuesta (Fig. 15d). Las punteaduras vaso-radios son opuestas, con 7 μm de diámetro (Fig. 15i). Las fibras son septadas y no septadas, tienen longitud de 430 μm y espesor de pared de 3 μm . Los radios son homogéneos (Fig. 15g), formados únicamente por células procumbentes (Fig. 15j), son biseriados en su gran mayoría, aunque se cuentan algunos uniseriados; son cortos tiene de altura y están compuestos 4 a 9 células (Fig. 15k). El parénquima en la madera es apotraqueal marginal y difuso; mientras que el parénquima paratraqueal es vasicéntrico, compuesto de 2 a 4 células con alas muy cortas, en algunos sitios se une formando pequeñas bandas, y en otras regiones es claramente confluyente (Fig. 15a, b). Hay células oleíferas distribuidas aleatoriamente en la madera, en sección tangencial tienen diámetro de 100 μm promedio (Fig. 15e, f). También hay cristales romboidales contenidos en cámaras dentro de las fibras (Fig. 15 k).

Discusión. La presencia de células oleíferas marca una gran diferencia y caracteriza a un grupo pequeño de plantas entre las familias con hábito arbóreo o arbustivo, como son Annonaceae, Aristolochiaceae, Canellaceae, Degeneriaceae, Eupomatiaceae, Hernandiaceae, Lauraceae, Magnoliaceae, Monimiaceae, Myristicaceae, Piperaceae, Rutaceae, Schisandraceae, Trimeniaceae, y Winteraceae (Carlquist, 1979). La presencia de elementos de vaso, placa de perforación simple, y punteaduras alternas, además de radios biseriados y alguno cuantos uniseriados y homogéneos, restringe aun mas el grupo de familias al que puede pertenecer esta madera fósil, señalando a Lauraceae y Hernandiaceae (Metcalf, 1987). Ambas familias comparten características a nivel de la anatomía de la madera, pero son distinguibles por caracteres anatómicos de los granos de polen y las hojas (Metcalf, 1987).

La familia Lauraceae se puede separar en dos grandes grupos basándose en la anatomía de su madera (Richter, 1978): el primer grupo tiene placa de perforación éscarariforme, mientras que el segundo grupo tienen placa de perforación simple. La mayoría de géneros de la familia Lauraceae tiene madera con placa de perforación éscarariforme y solo unos cuantos géneros tienen placa de perforación simple. Si se busca en conjunto caracteres encontrados en el tronco como son punteaduras vaso-radio opuestos y redondeados, punteaduras intervasculares de 4-7 μm de diámetro y, radios

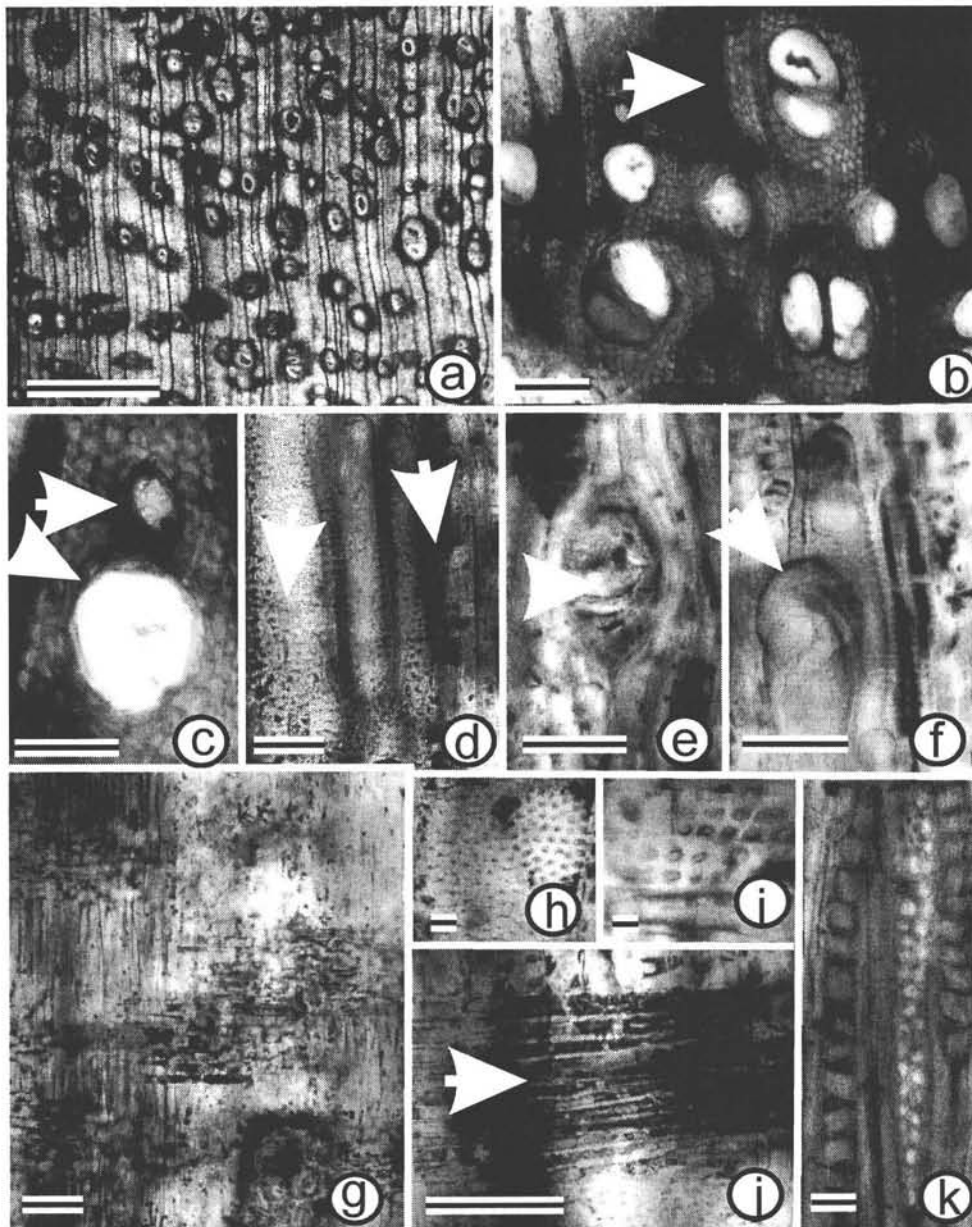


Figura 15. *Paleohypodaphnis richeira* sp. nov. Castañeda-Posadas & Cevallos-Ferriz. a) Corte transversal, mostrando porosidad semianular, abundancia de parénquima vasicéntrico y tendencia a formar alas. Escala 1mm. b, c) Corte transversal, mostrando los dos diferentes tipos de tamaño de vasos. Escala 100 μ m. d) Corte tangencial, elementos de vaso (izquierda) y las traqueidas vasicentricas (derecha) Escala 50 μ m. e, f) Células de aceite en vista tangencial y radial respectivamente. Escala 100 μ m. g, j) Corte radial, muestra radios homogéneos formados por células procumbentes. Escala 100 μ m. h) Corte tangencial, se muestran punteaduras intervasculares. Escala 10 μ m. i) Corte radial, muestra las punteaduras vaso- radio. Escala 10 μ m. k) Corte tangencial, muestra radios uniseriados y cristales encerados en camaras. Escala 5 μ m.

completamente homogéneos formados por células procumbentes, la madera fósil se excluye de varios géneros de Lauraceae y de la familia Hernandiaceae. Tomando en cuenta todas estas características el único género con posible afinidad al fósil es *Hypodaphnis*. Este género tiene características peculiares como son: presencia de vasos solitarios y en agregados, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas de 4-7 μm de diámetro, punteaduras opuestas y ovaladas, radios biseriados y homogéneos completamente, células oleíferas, cristales en las fibras, y parénquima axial. Esta descripción se asemeja con la descripción de la madera fósil.

La comparación de la madera a nivel específico es difícil, ya que se ha descrito una sola especie. Las diferencias existentes entre la especie actual y la fósil de Tlaxcala son el tamaño de los vasos, la presencia de dos tipos de tamaño de vasos y los traqueidas vascicéntricas, así como la disposición del parénquima a lo largo de la madera, por lo que es preferible nombrar una nueva especie para el material fósil.

Gimnospermas

Hacer la distinción entre los diferentes géneros de este grupo de plantas a través de la anatomía de la madera, es relativamente "sencillo". Esta diferenciación se realiza de acuerdo al arreglo y a la presencia – ausencia de ciertas estructuras, además de la forma y disposición de las traqueidas, tamaño y tipo de los radios, presencia o ausencia de los canales de resina, y de especial importancia son las punteaduras del campo de cruzamiento, ya que estas se encuentran clasificadas por su forma, tamaño y tipo de abertura (Fig. 16). Esta aseveración es valida para las coníferas, en especial, para las actuales. Pero las observaciones hechas para este trabajo sugieren que es necesario entender mas sobre la variabilidad de los caracteres citados arriba, especialmente si se desea identificar fragmentos de madera fósil.

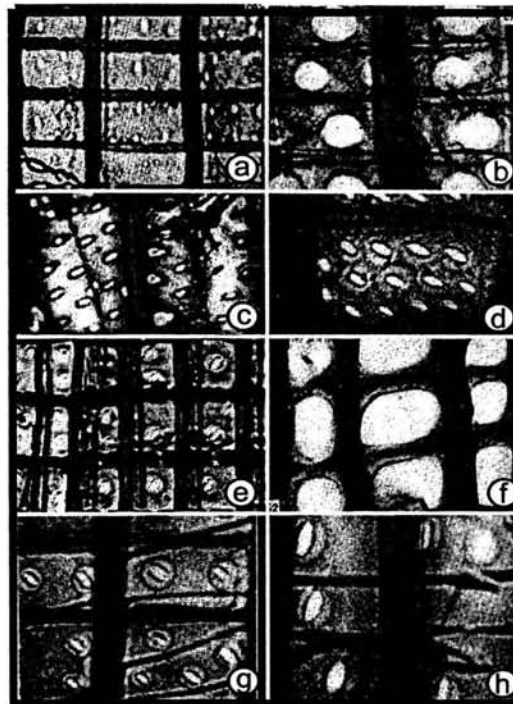


Figura 16. Representación de diferentes tipos de punteaduras de campo de cruzamiento en las gimnospermas. Con objetivos de 100x a) Piceoide (*Picea*). b) Dacrydoide (*Dacrydium*). c) Araucaroide (*Cycas*). d) Araucaroide (*Aghatis*). e) Cupresoide (*Juniperus*). f) Pinoide (*Pinus*). g) Cupresoides (*Taxus*). h) Podocarpoides (*Podocarpus*). Tomado de Greguss, (1955).

División.- Coniferophyta

Clase.- Pinopsida

Orden.- Pinales

Familia.- Podocarpaceae

Género.- *Podocarpus*.

Especie.- ***Podocarpus mexicanoxylon* sp nov.**

Castañeda-Posadas & Cevallos Ferriz.

Figura 17

Holotipo: Lpb-4409 a Lpb-4423, cortes correspondientes a la muestra Lpb 4500.

Paratipo: Lpb-4424 a Lpb-4495, cortes correspondientes a la muestra Lpb 4501 a Lpb 4505.

Derivación. El epíteto específico refiere al ser el primer registro de madera fósil en México.

Localidad: La Mina, Panotla, Tlaxcala.

Edad: Oligoceno-Mioceno.

Numero de muestra: 6 muestras.

Material de comparación: Xiloteca del INIFAP: *Podocarpus aff reichi* INIF x-474,

Diagnosis. Anillos de crecimiento distinguibles, con transición abrupta; traqueidas de forma cuadrada, con diámetro tangencial de 12 μm , pared lisa, y punteaduras areoladas con un diámetro de 2.5 μm arregladas en una sola hilera; parénquima axial abundante formando pequeñas bandas tangenciales; los radios uniseriados, homogéneos, con altura de 1 a 4 células. Punteaduras podocarpoides en campos de cruzamiento.

Descripción. La madera tiene anillos de crecimiento distinguibles, con transición abrupta entre ellos, con promedio de 142 traqueidas (140-145) de espesor, de las cuales 3 traqueidas corresponden a la madera tardía y 140 promedio a la madera temprana (Fig. 17a). En sección transversal los traqueidas tienen forma cuadrada, diámetro tangencial promedio de 12 μm (10-15 μm), y espesor de pared de 2.5 μm . El parénquima axial muy abundante en la madera temprana tendiendo a formar bandas (Fig. 17b). En vista tangencial las traqueidas tienen paredes lisas, largo promedio de 1800 μm (900–2200 μm) (Fig. 17c) y, varias trabeculas, que dividen a la traqueida en 2 a 4 secciones. En vista radial se observan la punteaduras circulares areoladas sobre las traqueidas, arregladas

en una sola hilera, con diámetro de 10 μm (Fig. 17e). Los radios son uniseriados (Fig. 17c, d), homogéneos (Fig. 17h), con un ancho de 15 a 17.5 μm y altura de 1 a 4 células. En los campos de cruzamiento se observan de 1 a 4 punteaduras tipo podocarpoide de 4 a 5 μm de diámetro (Fig. 17f, g).

Discusión. Las punteaduras de campo de cruzamiento tipo podocarpoide en la madera fósil restringe en gran parte al grupo de coníferas al que corresponde, en su mayoría miembros de la familia Podocarpaceae y algunos de la familia Cupresaceae. Además, la ausencia de canales resiníferos y la gran abundancia de parénquima axial, delimita a solo unos cuantos géneros su posible afinidad. Entre estos se tiene a *Cupressus* L., *Juniperus*, *Libocedrus* y *Podocarpus*. *Cupressus* en los campos de cruzamiento tiene punteaduras diminutas tipo cupresoide, traqueidas más pequeñas, y textura fina a comparación de la madera fósil que tiene textura gruesa o tosca punteaduras tipo podocarpoide y traqueidas más gruesas. Por otro lado, *Libocedrus* tiene en las paredes radiales de las traqueidas 2 hileras de punteaduras, mientras que la madera fósil se encuentra en una sola hilera; además, en *Libocedrus* las punteaduras de las traqueidas son más grandes en diámetro que la fósil. Y aunque en sección transversal la madera del fósil de Tlaxcala se parezca demasiado con la madera de *Juniperus*, por la presencia del abundante parénquima axial y con tendencia a formar bandas, en la sección tangencial y en la radial la diferenciación se hace mas clara, ya que *Juniperus* tiene punteaduras tipo cupresoide y muy diminutas, además que posee radios con mayor altura y mayor grosor. Consecuentemente, las características de la madera fósil del estado de Tlaxcala se asemejan más a la madera de *Podocarpus*. Ambas comparten el mismo tipo de punteaduras (podocarpoides), el número de punteaduras por campo de cruzamiento (1-4) con dimensiones semejantes (4-5 μm), las punteaduras de la traqueidas arregladas en una sola hilera y, la gran abundancia de parénquima axial y, su arreglo semibandeado (Fig. 17).

Su registro fósil basado en macrofósiles es muy escaso en el país. Si se considera que *Podocarpoxyton* es un género de madera con una anatomía afín a *Podocarpus*, pero que principalmente por la edad y otros factores no se acepta como un *Podocarpus sensu stricto*, se puede decir que el género posiblemente se encuentra en sedimentos Cretácicos de Chihuahua (Andrade-Ramos, 2003) y Sonora (Cevallos-Ferriz, 1992). Sin embargo, basándose en polen se tienen registro del género solo desde el Oligoceno, y en

el Mioceno para el Norte de Chiapas y el Istmo de Tehuantepec (Graham, 1972). No obstante su registro a nivel mundial es mas completo, se le conoce desde el Triasico y se encuentra representado por diversos órganos vegetales. El nuevo registro tiene gran relevancia para el entendimiento de la paleodiversidad de México.

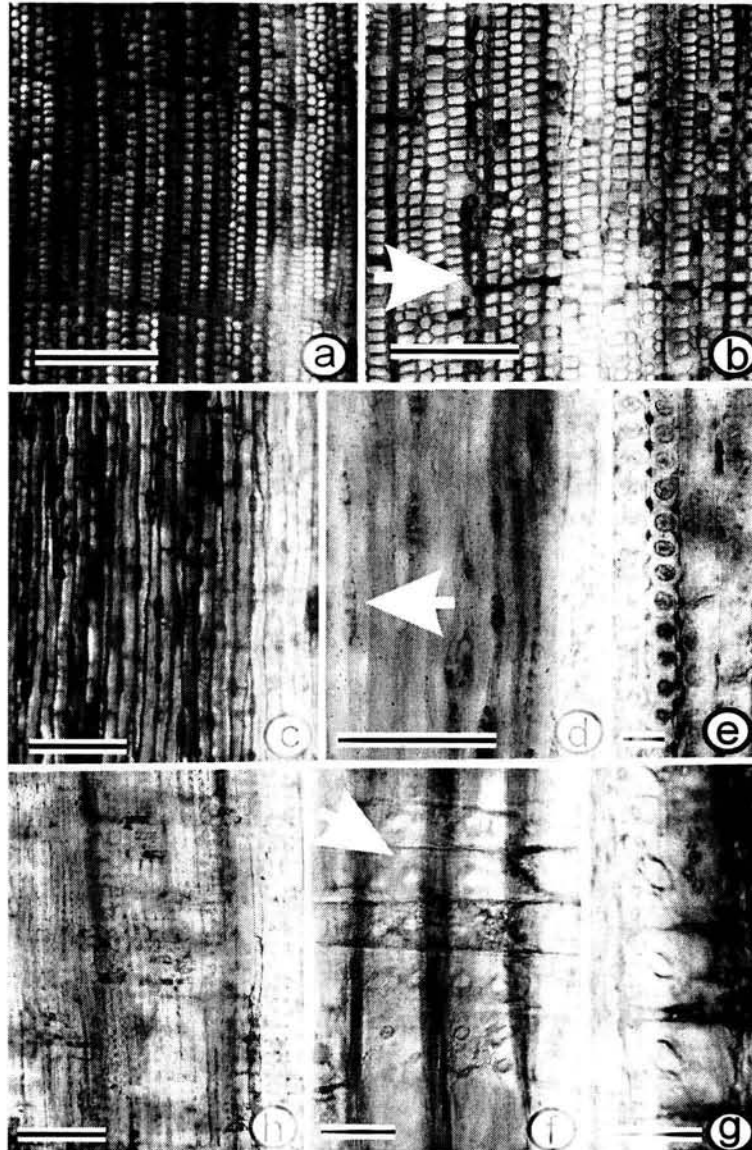


Figura 17. *Podocarpus mexicanoxylon* sp. nov. Castañeda-Posadas & Cevallos-Ferriz. **a)** Corte transversal, mostrando transición abrupta de los anillos de crecimiento. Escala 100 μ m. **b)** Corte transversal, mostrando la transición entre madera tardía y madera temprana dada por el engrosamiento de algunas traqueidas y la abundancia de parénquima formando bandas. Escala 100 μ m. **c y d)** Corte tangencial, mostrando radios uniseriados angostos. Escala 100 μ m. **e)** Corte radial, mostrando punteaduras areoladas arregladas en una hilera. Escala 10 μ m. **f)** Corte radial, mostrando radios homogéneos. Escala 100 μ m. **g, h)** Corte radial, mostrando punteaduras tipo podocarpoides, dispuestas de 1 a 4 por campo de cruzamiento. Escala 10 μ m.

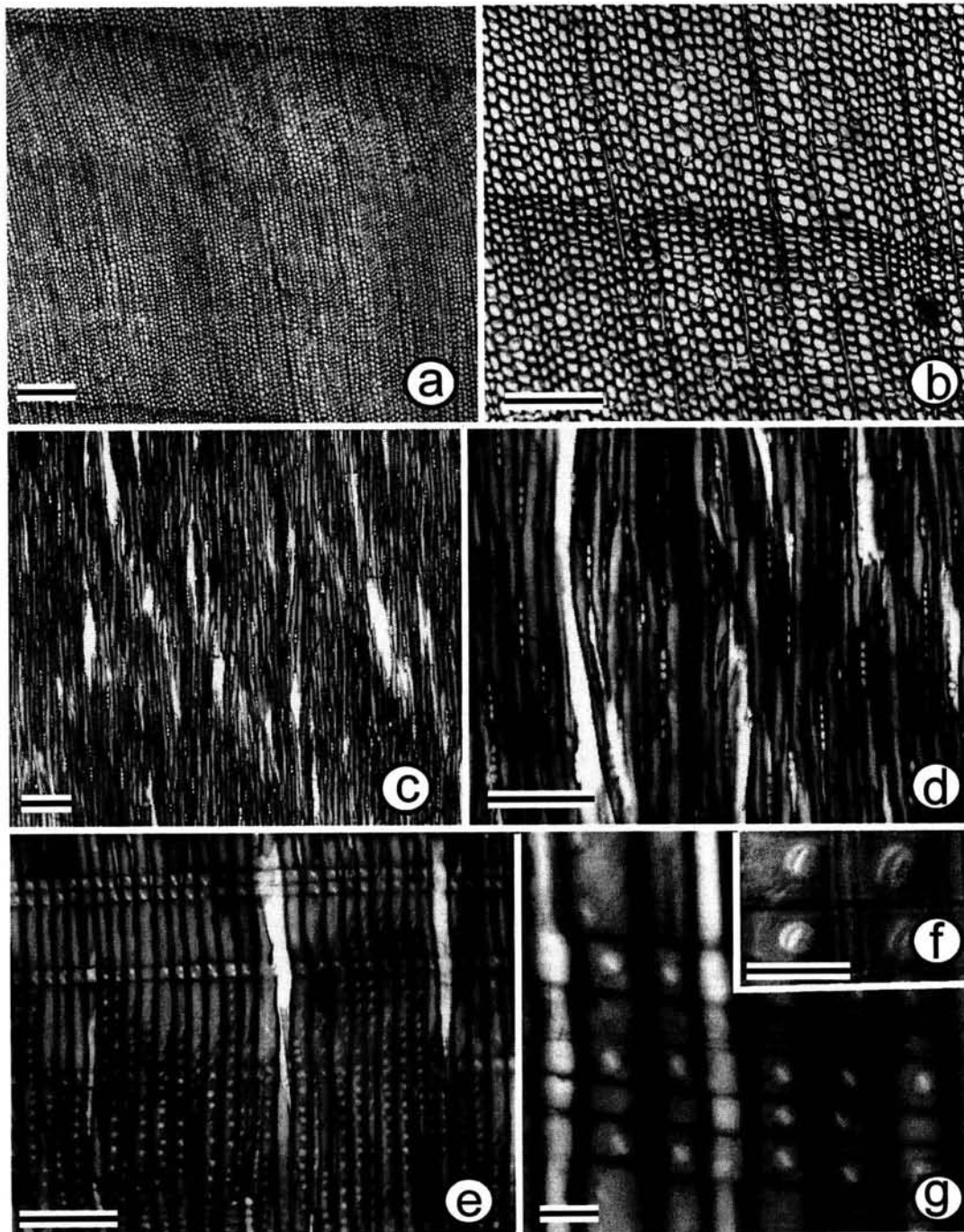


Figura 18. *Podocarpus* sp. a y b) Corte transversal, mostrando la abundancia de parénquima axial y límite abrupto entre anillos de crecimiento. Escala 100 μ m. c y d) Corte tangencial, mostrando radios uniseriados de 3 a 6 células de altura y traqueidas. Escala 100 μ m. e) Corte radial, mostrando radios homogéneos, punteaduras áreoladas arregladas en una sola hilera. Escala 1 mm. g) Corte radial, mostrando punteaduras de campo de cruzamiento tipo podocarpoide, acomodadas de una por campo de cruzamiento. Escala 20 μ m. f) Acercamiento de las punteaduras del campo de cruzamiento. Escala 20 μ m.

Orden.- Taxales

Familia.- Taxaceae

Género.- *Taxus* L.Especie.- *Taxus olverai* sp nov.

Castañeda-Posadas & Cevallos Ferriz.

Figura 19

Holotipo:Lpb-4398 a Lpb 4408, cortes correspondientes a la muestra Lpb 4506.z<

Derivación. El epíteto específico refiere a Patricia Olvera, por su trabajo en la recuperación de la Xiloteca del INIFAP.

Localidad: Las antenas, Panotla, Tlaxcala.

Edad: Oligoceno-Mioceno.

Número de Muestra: Una muestra.

Material de comparación: *Taxus brevifolia*. Nutt.

Diagnosis. Anillos de crecimiento con límite transicional, traqueidas cuadradas y gruesas; radios uniseriados, de dos tipos debido a sus alturas, los pequeños tienen 150 μm y 3 células de alto y los grandes 12 células y 280 μm de alto. Las traqueidas en sección radial tienen punteaduras areoladas alineadas en 2 a 3 hileras y diámetro de 23-25 μm , con engrosamiento doble en espiral; las punteaduras de campo de cruzamiento son tipo cupresoides, miden 23 μm de diámetro, y hay solo una por campo; tienen células parénquima de manera difusa.

Descripción. La madera tiene anillos de crecimiento distinguibles, con límite no distinguible a simple vista, constituidos en promedio por 12 traqueidas (11-14), de las cuales 9-10 corresponden a la madera temprana y 3-4 a la tardía (Fig. 19a). Los anillos tienen bandeado de radios uniseriados separados por 3 traqueidas internas. Las traqueidas en vista transversal tienen forma cuadrada a ovalada, con diámetro tangencial de 30 μm (25-50) y pared de 7.5 μm de ancho tienen largo promedio de 1500 μm . En sección radial, la pared presenta engrosamiento doble en espiral y con arreglo opuesto (Fig. 19h). Los radios son uniseriados con un ancho de 5 μm (Fig. 19c, d y e), por su altura se pueden dividir en dos tipos, los pequeños tienen promedio 3 células de alto y miden 150 μm , y los largos promedian 12 células y miden 280 μm (Fig. 19d). Los radios son homogéneos. En las paredes radiales de las traqueidas se observan las punteaduras

areoladas acomodadas en hileras de dos y en algunas zonas (como en las terminaciones) se cuentan hasta tres (Fig. 19f, g). Las punteaduras areoladas presentan un diámetro de 23- 25 μm . En campo de cruzamiento se observan punteaduras de forma cupresoide, contándose de 1 -2 /campo, con un diámetro de 23 μm (Fig. 19i, j y k). Tiene células de parénquima distribuidas de manera difusa.

Discusión. Características mostradas en la madera fósil como son el engrosamiento doble espiral en las paredes de las traqueidas, la ausencia de los canales de resina y las punteaduras del campo de cruzamiento tipo cupresoide, restringen el número de géneros a los que puede corresponder. Entre estos géneros esta *Callitris* Vent., y todos los miembros de la familia Taxales. La presencia de parénquima descarta los géneros *Torreya* Arn., y *Nohotaxus* (Greguss 1955). Dejando como posibles plantas semejantes al fósil a miembros de maderas *Amentotaxus* Pilger, *Cephalotaxus* y *Taxus*. Por no presentar anillos distinguibles, tener paredes del parénquima lisas, de punteaduras en las traqueidas de 2 a 3, y de 1 a 3 por campo de cruzamiento con diámetros mayores a las 20 micras, su semejanza es mayor con la madera del genero *Taxus* (Fig.20).

En México su registro fósil es muy poco conocido, por lo que se tiene así el primer registro basado con macrofósiles. Para la región América del Norte se le encuentra presente en el Eoceno, en la Formación Clarno, Oregón, y al norte de Washington en sedimentos con la misma edad. Para el resto del mundo el registro es más amplio, principalmente para Norte América, lugar donde se postula que tuvo su mayor distribución en el Cretácico. Se contempla que *Taxus* migro del América del Norte hacia Europa y Asia durante el Eoceno, cuando las condiciones climáticas eran mas calido húmedas lo que permitía el desplazamiento de las comunidades vegetales, mientras que las plantas boreales se restringían en distribución, aislaban y especiaban (Leopold & MacGinitie 1972). *Taxus* logro su mayor diversidad durante el Mioceno (McIver y Basinger 1989). Las especies Terciarias eran quizás más distintas, en lo que se refiere a comportamiento ecológico, ya que *Taxus* había evolucionado en un ambiente que había permanecido relativamente estable por un gran periodo de tiempo (Richard W, 1999). Se le ha encontrado relacionado con comunidades vegetales parecidas a los pastizales durante el Mioceno Tardío (Axelrod 1976; El Jacobs *et al.* 1999). El hallazgo de *Taxus* en México durante el Oligoceno-Mioceno y, asociado a una comunidad tropical, da un mejor y más amplio panorama del grupo en cuanto a sus adaptaciones ecológicas.

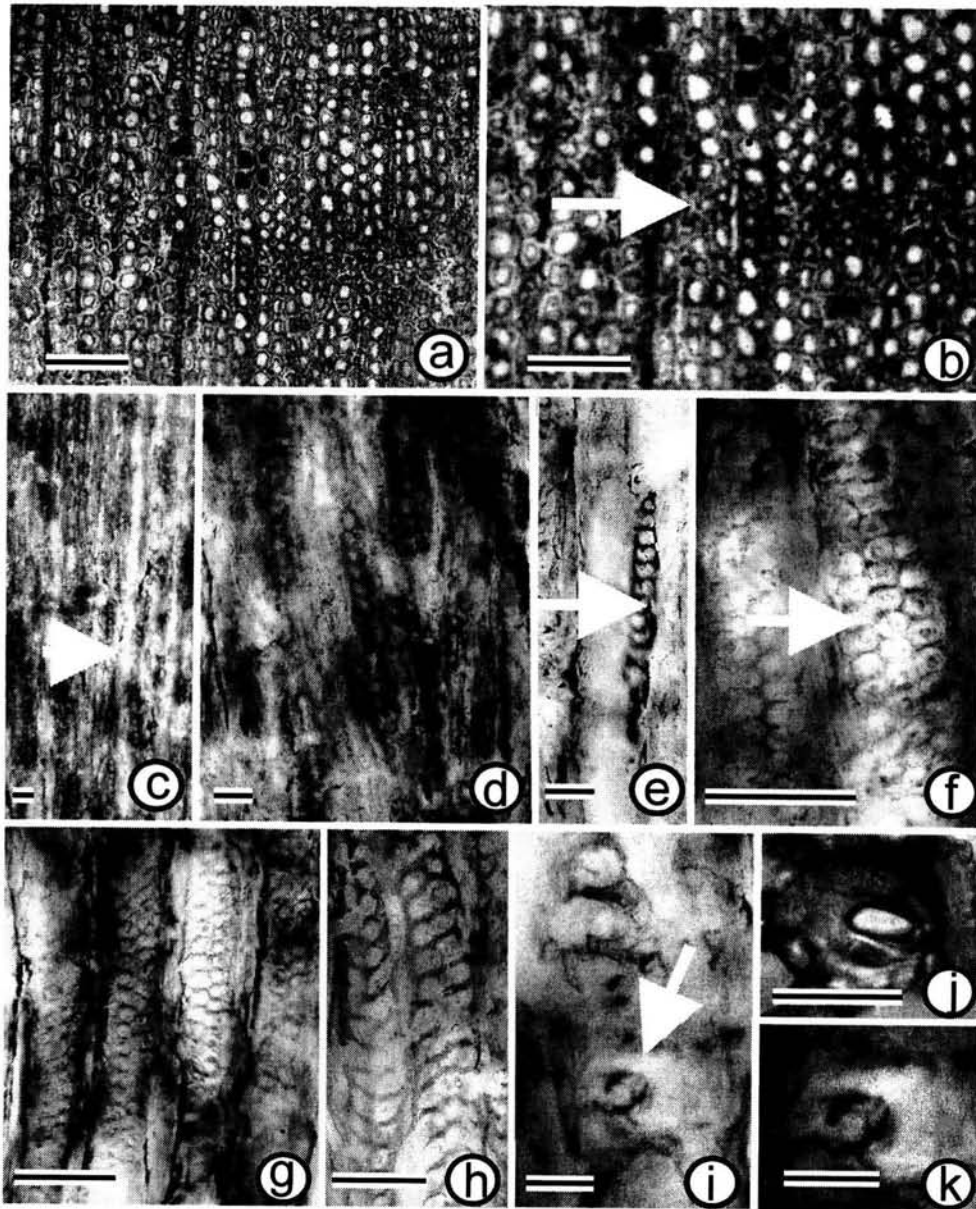
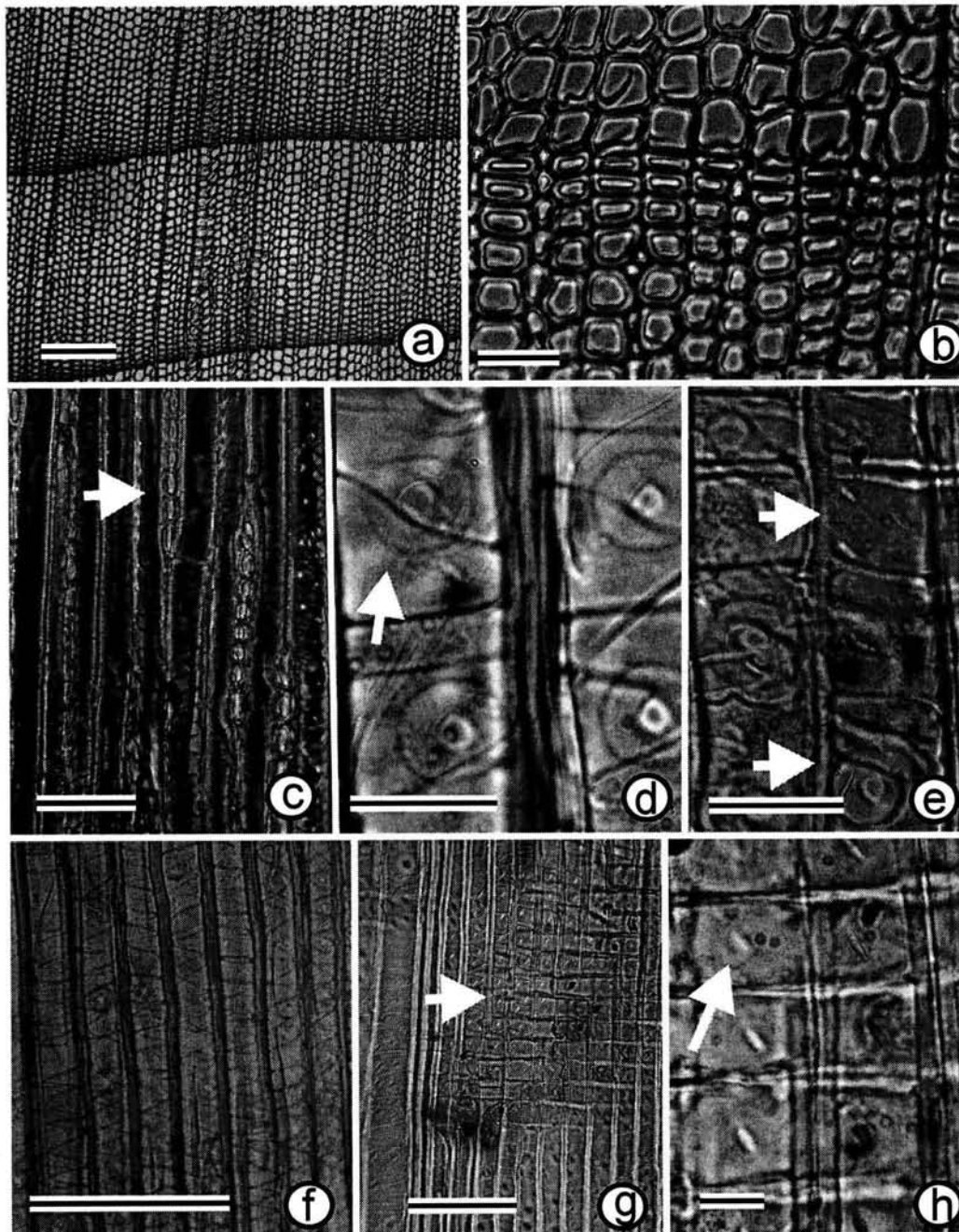


Figura 19. *Taxus olverai* sp nov. Castañeda-Posadas & Cevallos-Ferriz. a) Corte transversal mostrando anillos de crecimiento. Escala 100 μ m. b) Corte transversal, transición de los anillos de manera indistinguible, solo se nota el engrosamiento de algunas traqueidas. Escala 100 μ m. c, d, e) Corte tangencial mostrando radios uniseriados pequeños, y pared lisa de las traqueidas Escala 10 μ m. f y g) Corte tangencial, mostrando el arreglo de las punteaduras areoladas en hileras de 2 y 3. Escala 50 μ m. h) Corte radial, mostrando el engrosamiento doble en espiral, en la traqueida de la izquierda se observa la unión de los diferentes engrosamientos, en la derecha se observa un solo engrosamiento. Escala 50 μ m i) Corte radial, mostrando el campo de cruzamiento donde se ubica a una punteadura tipo cupresoide. j y k) Corte radial, mostrando punteaduras cupresoide. Escala 30 μ m.



- Figura 20. *Taxus* sp. a) Corte transversal, mostrando anillos de crecimiento, Escala 300 μm . b) Corte transversal, transición abrupta entre la madera temprana y la madera tardía. Escala 50 μm . c) Corte tangencial, mostrando los radios uniseriados y engrosamientos de la pared de las traqueidas. Escala 100 μm . d) Corte tangencial, mostrando punteaduras aureoladas. Escala 20 μm . e) Corte radial, comparación entre punteaduras aereoladas (flecha abajo) contra las punteaduras del campo de cruzamiento (arriba). Escala 20 μm . f) Corte tangencial, mostrando engrosamientos en espiral doble. Escala 100 μm . g) Corte radial, mostrando campo de cruzamiento. Escala 100 μm . h) Corte radial mostrando punteaduras del campo de cruzamiento cupresoides. Escala 10 μm .

DISCUSIÓN

Las maderas de Tlaxcala. La identificación de las plantas actuales a través de sus maderas es un proceso que día con día es más utilizado, ya que las descripciones de los ejemplares de las xilotecas son minuciosas y muy completas, a tal grado que éstas se pueden utilizar para identificar y/o comparar el material fósil con algún grupo actual. Pero el identificar y relacionar el material fósil con una especie actual no es realmente sencillo, ya que hay varios factores que intervienen en su determinación. Entre ellos la variación existente a nivel específico y el tiempo (geológico) transcurrido, aunque puede darse poca variación fenotípica dependiendo de su historia biológica. El reconocimiento de las especies se debe al entendimiento de esta variabilidad que arbitrariamente puede no concordar en 90% con su representante actual y, además, se tomará en cuenta esta discusión el concepto de especie paleontológica, que dice que pueden ser asignados dos individuos o grupos de individuos a la misma especie, si no están temporalmente y espacialmente juntos.

El trabajo de descripción e identificación de las maderas fósiles de Panotla Tlaxcala resulto en el reconocimiento de cinco géneros y especies, que reflejan condiciones eco fisiológicas muy particulares. Por un lado, tenemos representado al grupo de las angiospermas por los géneros *Cedrela*, *Hypodaphnis* y *Terminalia*, cuyos representantes actuales solo se desarrollan en condiciones tropicales. La distribución de *Terminalia* es pantropical, *Cedrela* es neotropical (América Tropical) y *Hypodaphnis* solo vive en la Selva del Congo, por lo que comparten parámetros ecológicos, como son, la temperatura media anual mayor a los 20°, la precipitación media anual entre los 2500 y 4000 mm suelos bien drenados, suelos de origen ígneo (*Terminalia* y *Cedrela*), su establecimiento altitudinal varia desde el nivel del mar hasta los 900 mts. Por otro lado, *Terminalia* es un componente dominante en las selvas altas perennifolias, *Cedrela* es formador secundario de las selvas altas, bajas y a veces se le encuentra en el bosque mesófilos de montaña, mientras que *Hypodaphnis* solo se encuentra como formador dominante de la selva alta perennifolia. En México la distribución de *Terminalia* se restringe solo al sur de Veracruz, Chiapas, Tabasco y Quintana Roo, mientras que *Cedrela* se distribuye a lo largo de de todo el litoral donde se encuentre una selva tropical en cualquiera de sus modalidades.

Por otro lado, la importancia de *Podocarpus* y *Taxus* representantes del gran grupo de las gimnospermas, se deriva de que su registro fósil basado netamente en macrofósiles

para el Cenozoico del país es escaso a nulo. Actualmente ambos géneros se encuentran en ambientes templados, con gran humedad. En México, se distribuyen ambos géneros en los bosques mesófilos de montaña ubicados en la vertiente del Golfo de México, principalmente en el estado de Veracruz (Rzedowski 1988), aunque también se les encuentra asociados a algunos bosques de *Pinus* y *Cupressus* (Fig.21).

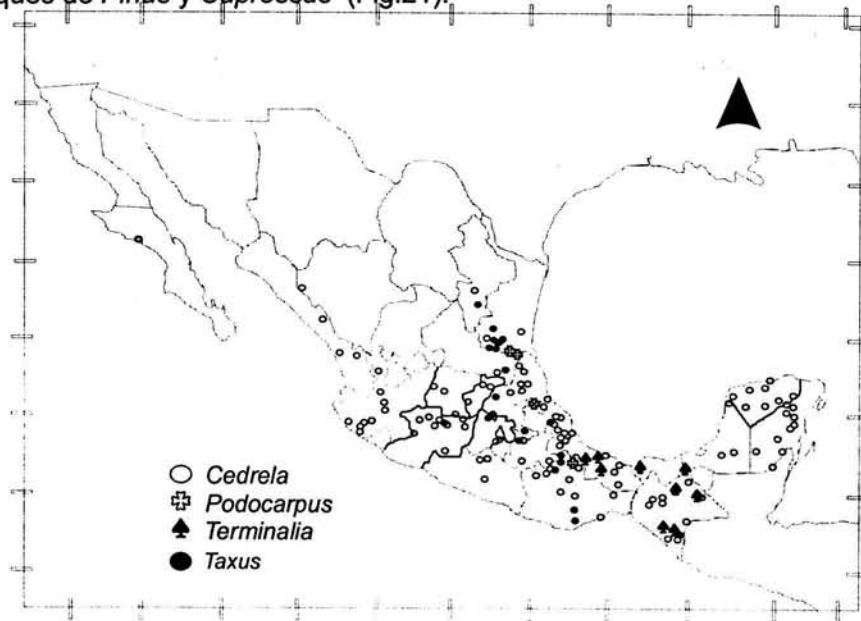


Figura 21. Distribución de los géneros y de las especies actuales encontradas en Panotla, Tlaxcala. (Mapa modificado de la CONABIO, 2001).

Con los datos anteriores se puede deducir que la presencia de las maderas fósiles de Tlaxcala aquí estudiadas son representantes de una comunidad cenozoica análoga a una Selva alta perennifolia o Bosque mesófilo montaña establecidos actualmente del lado este de la Sierra Madre Oriental, principalmente al sur de Tamaulipas, Veracruz, y algunos en Tabasco y Chiapas; en otras palabras se encuentran en comunidades Tropicales a templados establecidas en la vertiente del Golfo de México.

Las Selvas tropicales en México. Un ecosistema por lo regular es reflejo de ciertos factores o condiciones bióticas y abióticas, entre ellos los climáticos, topográficos, edafológicos, latitudinales, geológicos, etc. Por ejemplo, la complicada topografía (más de 50% del territorio nacional se encuentra en altitudes mayores a los mil metros sobre el nivel

del mar), junto con las diferencias determinadas por la latitud, producen un mosaico climático con un número muy grande de variantes (Rzedowski, 1978). Por lo tanto, al describir un ecosistema se mencionan todos estos elementos que lo componen.

Un bosque tropical húmedo es un ecosistema que requiere de un clima calido, con temperatura entre (22° - 26° C), se ubica geográficamente entre los 30° latitud norte y sur, tiene precipitación anual mayor de 2000 mm; y tres meses de sequía poco drástica (60 mm de precipitación mínimo). Al mismo tiempo los bosques tropicales suelen desarrollarse en regiones donde los suelos son bien drenados, suelen ser de un origen ígneo o son derivados de algún evento volcánico (cenizas volcánicas), aunque también pueden estar constituidos por sedimentos de calizas, margas y lutitas (Rzedowski, 1978; Pennington-Sarukhán, 1968, 1998).

Varios autores han dividido a este ecosistema en subecosistemas para su comprensión, entendimiento y estudio. Todos toman como rasgos importantes las variantes existentes en el clima y topografía, pero también los de la vegetación que la constituye; por ejemplo, el tipo de especies que la componen, la altura promedio del dosel o cubierta vegetal (Tabla 4).

Pennington y Sarukhán (1999)	Miranda (1951)	Miranda y Hernández X (1963)	Rzedowski (1966)	Flores et al (1971)	Rzedowski (1978)
Selva alta perennifolia	Selva alta siempre verde	Selva alta perennifolia	Bosque tropical perennifolio	Selva alta perennifolia	Bosque tropical perennifolio
Selva mediana o baja perennifolia	Selva baja siempre verde	Selva mediana o baja perennifolia, parte de bosque caducifolio	Bosque deciduo templado	Bosque caducifolio	Bosque mesófilo de montaña
Selva mediana o alta subperennifolia	Selva baja siempre verde	Selva alta o mediana subperennifolia	Bosque tropical perennifolio	Selva alta y mediana subperennifolia	Bosque tropical perennifolio
Selva baja subperennifolia		Selva baja subperennifolia	Bosque tropical subcaducifolio		
Selva alta o mediana subcaducifolia	Selva alta subdecidua	Selva alta o mediana subcaducifolia	Bosque tropical subcaducifolio	Selva alta y mediana subcaducifolia	Bosque tropical subcaducifolio

Tabla 4. Equivalencias aproximadas de las distintas clasificaciones del Bosque Tropicales en México. Modificada de Rzedowski (1978).

Pennington y Sarukhán (1968, 1999) siguen los lineamientos del sistema de clasificación de Miranda y Hernández X. (1963), para poder tener una separación seminatural de las selvas tropicales basándose en criterios como son, la temperatura y precipitación anual del lugar, la composición del elemento arbóreo dominante, la altura promedio del dosel, las condiciones edafológicas y altitudinales del área, y en algunos casos mencionan los litológicos. Con base en estos criterios, conociendo ciertas características biológicas, ambientales y edáficas es posible definir o identificar un ecosistema de este tipo. No obstante, hay que señalar que cualquier ecosistema es único y que nunca va a ser idéntico a otro, aunque exista gran semejanza entre ellos. Entre las características que Pennington y Sarukhán (1968, 1999) hacen notar de cada ecosistema para tener su división o clasificación de las selvas tropicales están las siguientes:

La selva alta perennifolia, tienen clima Calido tipo A (según Koopen), se ubica alrededor de los 30° latitud norte o sur; tiene precipitación mayor de 2000 mm al año; hay existencia de tres meses poco drásticos de sequía con 60 mm de precipitación mínima, la temperatura varía entre los 22° y 26°, (no llega a ser menor de los 20°) y la temperatura del mes más frío y el más caliente oscila entre 5 y 7° C. La vegetación presenta árboles con altura promedio de 30 m de alto y algunos hasta 65-75 m (e. g. *Terminalia amazonia* y *Dialium*), y diámetros de entre 30 y 60 cm., pero pueden llegar hasta 2 a 3 m como *Terminalia* y *Swietenia*, que por lo regular presentan cortezas lisas. En esta comunidad se desarrollan *Terminalia amazonia*, *Dialium guianense* Aubl., *Calophyllum brasiliense* Camb., y *Vochysia guatemalensis* Don; además se suman los géneros *Cojoba*, *Talauma*, *Aspidosperma*, *Brosimum*, *Pouteria*, *Licania*, *Swartzia* y *Guatteria* (Pennington y Sarukhán, 1968, 1999). Esta selva se distribuye en la vertiente del Golfo de México desde la intersección de los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz hasta la parte norte de las montañas de Chiapas.

La selva mediana o baja perennifolia se establece a una altitud de entre 1000 a 2500 msnm, tiene temperatura media anual de 18°, presenta bastante niebla y humedad durante todo el año y se encuentra en climas calidos. La altura promedio de los árboles que en ella crecen oscila entre los 15 y 25 m. Este tipo de selva se encuentra restringida al área de los volcanes San Martín y Santa Marta en el Macizo de los Tuxtlas, Veracruz (Sousa Sánchez, 1968), y el cerro El Vigía, y en EL Triunfo Chiapas (Miranda 1962). Especies dominantes de estas comunidades pertenecen a los géneros *Oreopanax*, *Clusia*, *Myrica*,

Rapanea, Alfaroa, Alsophila, Hediosmun, Matayba, Ocotea, Roupala, Podocarpus, Clethra, Viburnum, Ardisia, Osmanthus, Eugenia. Esta comunidad es relacionada o comparada con la que proponen Rzedowski y McVaugh (1966) como bosque mesófilo de montaña la cual es caracterizada por la presencia de las especies de *Clethra, Clusia salvinii, Matudaea trinervia* Lundl., *Osmanthus americanus* (L.) Benth & Hook, *Podocarpus aff. reichei, Ardisia, Conostegia, Oreopanax xalapense* Dcne., *Sarurauia serrata* DC., y *Styrax*.

- La selva mediana o alta subperennifolia se desarrolla bajo temperaturas cálidas, al igual que la selva alta perennifolia, pero se caracteriza por tener precipitación de entre 1100 a 1300 mm anuales, una época de sequías de tres a cuatro meses bien marcada, topografía irregular, ningún mes presenta temperatura menor a 18° C y la oscilación entre la temperatura del mes más frío y del más caluroso varía entre los 6 y 8°, y por lo regular el suelo tiene origen volcánico o calizo. En estas áreas los árboles no tienen gran tamaño debido al relieve del lugar, los árboles son angulosos, aumenta la abundancia de palmeras, y pueden distinguirse tres estratos arbóreos bien marcados. Las especies representativas de esta comunidad son *Brosium alicastrum* Sw., *Manilkara zapotilla* Jacq., *Pimenta dioica* L., y a veces es acompañada de *Bursera simaruba* Sarg., *Zuelania guidonia* Swartz, *Carpodiptera ameliae* Lund, *Tabebuia, Alseis, Aspidosperma, Coccoloba, Swartzia, Thounina* y *Vides* (Pennington y Sarukhán, 1999).

Rzedowski (1966, 1978) agrupa a estos últimos tres tipos de comunidades dentro de los bosques tropicales perennifolios.

La selva baja subperennifolia está muy relacionada con la selva alta perennifolia, además de algunas sabanas, ya que presenta las mismas condiciones climáticas y de humedad, lo único que la distinguen son sus características edáficas, cuyos suelos son profundos, que se inundan en temporada de lluvias y pueden llegar a secarse en épocas secas. Las especies que contiene son *Byrsonima crassifolia* L, *Crescentia alata* H.B.K, *C. Cujete* L., *Curatella americana* L., *Haematoxylum campechianum* L., *Metopium brownei* y *Cameraria latifolia* L (Pennington – Sarukhán, 1999).

La selva alta o mediana subcaducifolia, se presenta bajo condiciones térmicas semejantes a las de una selva tropical perennifolia y alta o mediana subperennifolia, solo que su precipitación anual varía, encontrándose entre los 1000 a 1200 mm, tiene una

temporada seca muy marcada y prolongada, y esta libre de heladas. Sus suelos son muy oscuros y abundantes sobre rocas basálticas o graníticas y afloramiento de calizas. Esta vegetación esta representada en la porción central de Veracruz y se compone por árboles con altura promedio de 25 a 30 m, como *Tabebuia rosea*, *Enterolobium cyclocarpum* Jacq., y *Spondias* sp. En la península de Yucatán se encuentra un limite entre esta selva y la selva alta tropical perennifolia, comenzando con una pequeña porción y ampliándose hacia los limites con Yucatán y Quintana Roo, estando compuesta por *Brosimum alicastrum*, *Piscidia piscipula* L., *Enterolobium cyclocarpum* Jacq., *Ceiba pentadra* L., *Sideroxylon foetidissium*, *Caesalpinia guameri* Greenm., y *Cedrela odorata* (Miranda 1958). También se encuentra distribuida en la Vertiente del Pacifico desde Sinaloa hasta Chiapas, aquí se encuentra representada por *Brosimum alicastrum*, *Aphanathe monoica*, *Astronium graveolens* Jacq., *Bernoullia flammea* Oliv., *Bursera arborea*, *Calophyllum brasiliense* Camb., *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides*, *Tabebuia donnel-smithii*, *Dendropanax arboreus* L., *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus continiflora* H.B.K., *F. involuta* Liemb, *F. mexicana*, *Hura polyandra* Baill., *Cordia seleriana*, *Coccoloba barbadensis* Jacq., *Inga laurinia* Wild., *Jatropha peltata*, *Plumeria rubra*, *psidium sartorianum*, *Swartzia simplex* y *Vitex hemsleyi* Briq. (Pennington-Sarukhán 1999).

Es posible que al conocer, encontrar o deducir un conjunto de elementos ecológicos, biológicos, climatológicos, o edafológicas relacionados con los fósiles y/o las rocas que los contienen, se pueda inferir a la comunidad vegetal de la que formaban parte. Aunque deducir el establecimiento de las selvas tropicales en México ha sido punto de controversia durante los últimos 20 años, el intercambio de ideas y los planteamiento de los sitios del origen y rutas de migración de las plantas que conforman estas comunidades, han cambiando conforme se avanza en el estudio de la flora fósil del país (González Medrano 1996, 1998; Graham 1993, 1999; Cevallos-Ferriz & Ramírez 1998 y en prensa; Morley, 2001; Went 1998). Seguramente el entendimiento de la paleoflora que se encontró en Panotla Tlaxcala aumentara conforme los datos para esta interpretación se acumulan.

Implicaciones paleobiológicas. Los caracteres anatómicos de los fósiles de Panotla, Tlaxcala, como son los anillos de crecimiento poco distinguibles, la porosidad difusa, las placas de perforación simples (en todas las especies), el diámetro promedio de los elementos de vaso de 130 μm , el tamaño de las punteaduras intervasculares de 7 μm en promedio, el largo de los elemento de vasos de 600 μm en promedio, la gran cantidad de

parénquima paratraqueal vasicéntrico y difuso, sugieren que el ambiente donde se desarrollaban estas plantas se caracterizaba de una alta humedad y temperatura (Carlquist, 1975 y 1988). Estas condiciones pueden encontrarse en una selva tropical perennifolia o, algo intermedia entre un bosque mesófilo de montaña y una selva tropical.

Varios autores (e.g. Graham, 1972 y Rzedowski, 1988) proponen que, las plantas que ocupan los sitios fríos, templados, y los pastizales secos son básicamente de origen septentrional, mientras que las selvas (húmedas a deciduas) son de origen meso y sudamericano, y en el caso de la selva húmeda de expansión realmente muy reciente (posiblemente unos 15 a 20 mil años). Los fósiles de Panotla, Tlaxcala, en contraste sugieren que el establecimiento de comunidades vegetales semejantes a las selvas tropicales actuales en México parece preceder la unión de las dos grandes masas continentales que conforman el continente Americano a través del Istmo de Panamá (América Central). Esta sugerencia se opone al menos parcialmente a la idea de que la ubicación geográfica de México en una zona de transición entre dos grandes regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical, Fig. 22), su ubicación en la franja intertropical y su pronunciada orografía es responsable en gran medida de la riqueza biológica y diversidad de ambientes (Guzmán, 1990; Rzedowski 1988; Toledo 1988).

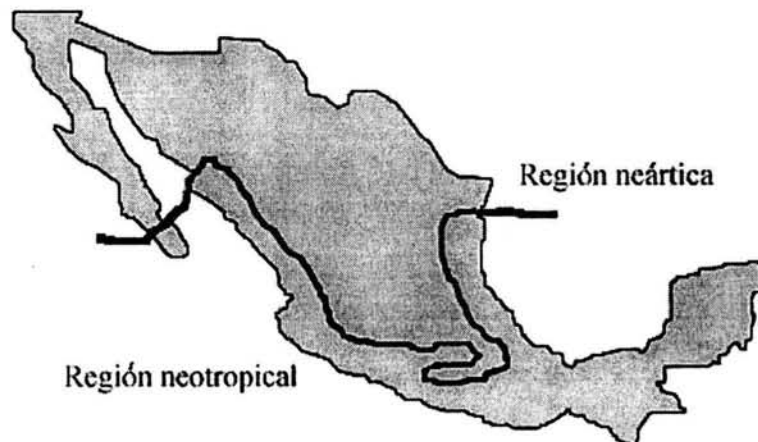


Figura 22. Regiones biogeográficas de México (Toledo, 1988).

Debido a esto, la propuesta que dice que México constituye una zona biogeográficamente compuesta, donde el contacto entre biotas ancestrales ha dado como

resultado una rica mezcla de fauna y flora con diferentes historias biogeográficas (Flores y Gerez, 1994) debe seguir siendo estudiada para reforzar y/o modificar la hipótesis.

Existen quienes (e.g. Graham 1999, Morley, 2001) manejan que los cambios climáticos severos ocurridos durante el Pleistoceno, propiciaron el establecimiento de especies de climas fríos, mientras que las especies de climas tropicales se extinguieron en gran parte de las áreas que ocupaban, por lo que su distribución se restringió a ciertas zonas denominadas "refugios pleistocénicos". El aislamiento que sufrieron las especies en estos refugios dio origen al surgimiento de nuevas especies, que extendieron su área de distribución cuando los glaciares se retiraron. Este proceso produjo, de acuerdo con algunos científicos, un incremento considerable en el número de especies, por lo que un buen número de las especies presentes en México son de origen relativamente reciente y de naturaleza endémica (Cordero y Morales, 1998). Esta hipótesis tal vez pueda ser aplicada para algunas familias cuyas radiaciones tuvieron lugar recientemente, pero existe evidencia en el registro fósil de que muchas familias se establecieron y diversificaron antes de las glaciaciones del Cuaternario (González Medrano, 1996; Morley, 2001).

Entonces, tomando el nuevo registro de Tlaxcala ¿cuando se originaron o se establecieron las selvas tropicales en México? Sabiendo que las condiciones actuales donde se establecen estas comunidades, están limitadas por requerimientos físico-químicos, las Selvas o Bosques Tropicales mexicanos se pudieron establecerse básicamente en cualquier momento a lo largo de gran la historia geológica de México, donde se han presentado diferentes escenarios desde el origen de las Angiospermas.

Debido a que el estrato de las maderas se encuentra ubicado por debajo de las cenizas volcánicas, las cuales se han determinado con una edad Miocénica, (INEGI, 1981; Castro, 2000), Por lo que posiblemente uno de estos escenarios se pudo presentar durante el Mioceno (aproximadamente de 25 a 20 millones de años)

De acuerdo al registro geológico del Mioceno, se sugiere o se ha interpretado que México tenía una configuración de una gran semipenínsula que poco a poco iba aumentando su extensión continental, teniendo dos grandes cadenas montañosas en los extremos. Del lado este, se encontraba la Sierra Madre Oriental en proceso de levantamiento, y al mismo tiempo las aguas del Golfo de México iban en retroceso. Del lado

opuesto (oeste) se desarrollaba una gran cadena montañosa de origen volcánico la cual se observa actualmente un poco disectada llamada La Sierra Madre Occidental. Y en la porción central sur del país se comenzaba a formar la Faja Volcánica Mexicana, por lo que tan solo se encontraban pequeños volcanes aislados (Carrasco-Núñez et al, 1997; Ferrari, 2000; García-Palomo, 2002; Gómez-Tuena, 2000; Ruiz-Martínez et al, 2000). Todas las condiciones físicas antes mencionadas contribuyen en la alteración de otros factores como son los topográficos y los climatológicos (temperatura y humedad) a un nivel local o regional.

Por ejemplo las corrientes de aire húmedo que llegaban al centro de esta paleopenínsula provenían principalmente del Golfo de México. Como en la actualidad, estas corrientes son arrastradas principalmente por el viaje que seguían las corrientes marinas de agua caliente provenientes del ecuador, lo que ahora llamamos Corrientes del Caribe, que se dirigía al Golfo y al no existir barrera continental que la desviara hacia el norte (Florida), pasaba de largo, de Océano a Océano (Atlántico-Golfo-Pacífico), por lo que ahora llamamos Centroamérica (el cual en ese tiempo todavía no se formaba), provocando así movimiento de corrientes de aire húmedos y calientes (Bachmann, 2001). Esta humedad podría penetrar hasta el centro del país por el corredor que provocaban ambas cadenas montañosas, donde al oeste la humedad chocaba con la Sierra Madre Occidental y la Oriental que aunque de menor tamaño también la retenía. También hay que tomar en cuenta que las primeras elevaciones de la Faja Volcánica Mexicana retenían de esta humedad generando de un lado (al sur) condiciones calido-húmedas (tropicales) y hacia al otro lado (al norte) condiciones calido subhúmedas (subtropicales).

Las condiciones topográficas y climáticas que dominaban hace 20 m. a. hacia la parte sur de México, podrían sugerir la formación de una gran paleocuenca en el centro de esta megapenínsula, al final del mega corredor donde posiblemente las condiciones más áridas se encontraban hacia el occidente y las más húmedas al sur y oriente de esta región. Todo el drenaje posiblemente era dirigido hacia la Vertiente del Golfo. Posteriormente el desarrollo de la Faja Volcánica Mexicana, dividió a esa gran paleocuenca en pequeñas cuencas, donde unas se secaron y otras continuaron hasta el Pleistoceno (Fig. 23).

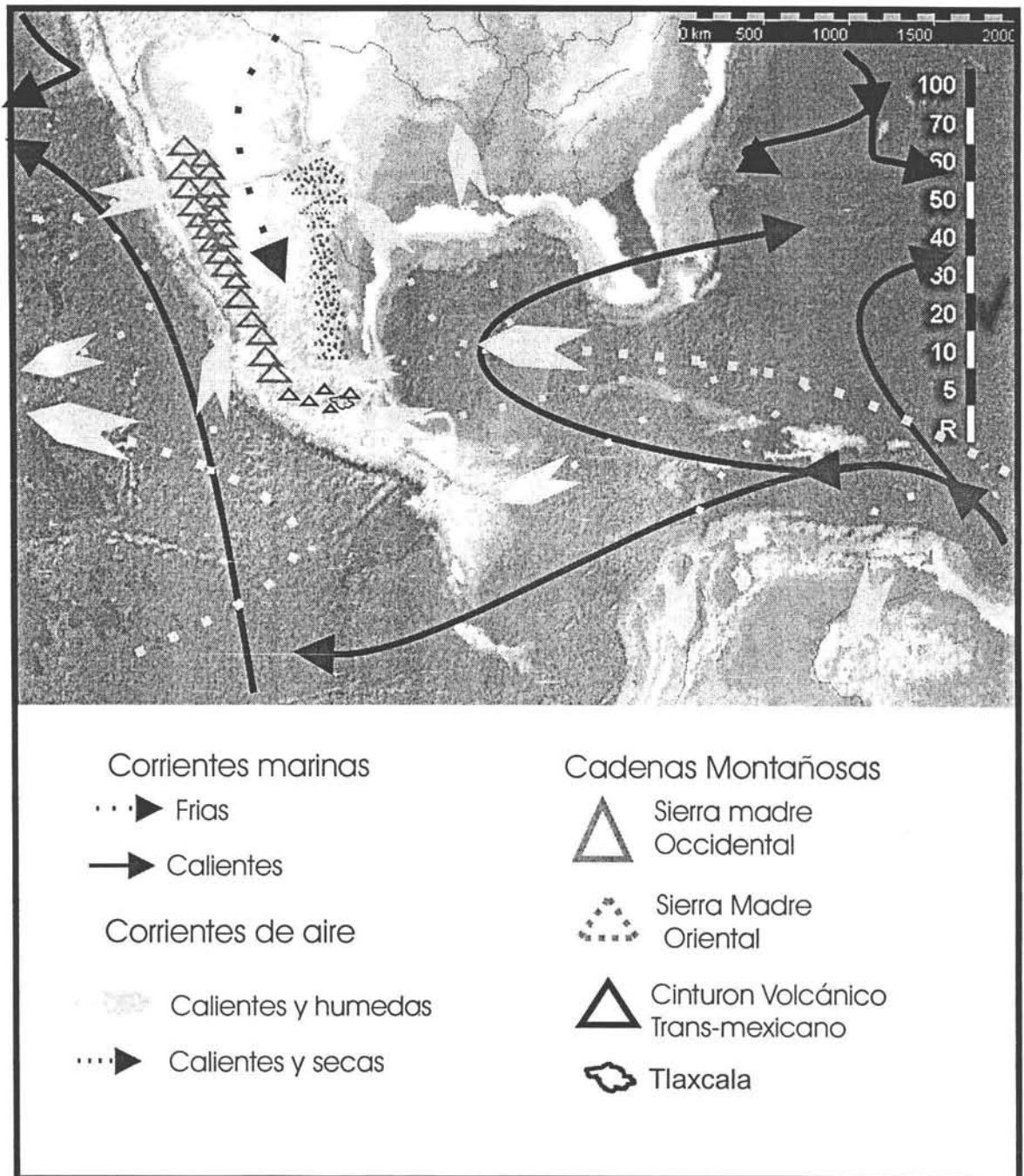


Figura 23. Representación esquemática de la paleogeografía de México en el Mioceno, mostrando la interacción con las corrientes de aire húmedo y seco.

Debe tenerse en claro que aunque estos ecosistemas no se desarrollaron con los mismos taxa que en la actualidad, seguramente presentaban dinamismo y complejidad semejante al de los actuales.

En el pasado, alrededor de 20 millones de años, las condiciones no eran las mismas. Las evidencias encontradas en las estructuras anatómicas y las afinidades ecológicas que presentan las plantas representadas por maderas, así como los fósiles asociados y la información que se encuentra en las rocas que componen los diferentes estratos en Panotla, Tlaxcala, sugieren que los rasgos eco-fisiológico que permitieron el desarrollo de géneros como *Terminalia*, *Cedrela*, *Hypodaphnis*, *Taxus* y *Podocarpus* en una sola comunidad, se dieron bajo condiciones particulares, promovidas por la evolución geológica (fisiográfica) y biológica.

Por lo tanto, la región de Panotla Tlaxcala se encontraba en la parte sureña de lo que entonces era parte del territorio mexicano. Este escenario se componía de suelos de origen volcánico, en especial de ceniza (suelos dada sus características de drenaje y nutrientes son "óptimos" para el desarrollo de los géneros *Terminalia*, *Cedrela* y *Podocarpus* y, además están registrados en la composición de los estratos); alturas menores a los 900 msnm (Altura limitante para el desarrollo de *Terminalia*), vegetaciones cuyo requerimiento eco fisiológicos eran alta humedad (aproximadamente 2000mm), una temperatura elevada (entre 20° y 25°) y constante (condiciones necesarias para el desarrollo de *Cedrela*, *Terminalia*, *Hypodaphnis*, *Podocarpus* y *Taxus*), como puede ser una selva alta perennifolia o algo cercano a un bosque mesófilo de montaña. Esta comunidad vegetal se encontraba cerca de un paleólago, posiblemente salado (por la abundancia de las carofitas), el cual fue disminuyendo su salinidad, hasta convertirse en un lago de agua dulce con una profundidad un poco mayor a 1.5 m de profundidad (presencia de los ostrácodos y diatomeas).

Se debe tener en consideración que los cambios en el relieve resultado del levantamiento de montañas (franja del eje neovolcanico), trajo como consecuencia cambio en las corrientes de aire. Además, produjo la formación de condiciones topográficas y climáticas variadas donde los diferentes grupos de plantas y animales se especieron y adaptaron generando así las diferentes comunidades. Las características actuales de la región de Panotla Tlaxcala, que aunque se encuentra ubicada dentro de las latitudes subtropical de la tierra, tiene condiciones muy diferentes al de una selva tropical, debieron

originarse después del establecimiento de las condiciones calido-húmedas que promovieron el establecimiento de la comunidad representada por los fósiles. El paleólogo posiblemente fue extenso y al originarse la actividad volcánica de la Malinche, mencionada anteriormente fragmento este paleólogo en pequeños recintos, teniendo así los paleólogos registrados por Roberto Rico (1993 y 1995) en la región de Calpulalpan.

Panotla actualmente tiene clima templado subhúmedo con lluvias en verano, caracterizado por precipitación mínima de 6.3 mm y máxima de 165.0 mm y temperatura máxima de 24.3 ° C, además de vegetación compuesta por una comunidad de pino blanco (*Pinus pseudostrobus*), encinos (*Quercus spp.*) y cedro blanco (*Cupressus benthamii*). En las partes medias de los cerros de este municipio existe abundante vegetación secundaria de tipo matorral. (Rzedowski,1988). Esta vegetación regional es resultado de la geografía actual de la zona dentro del continente; por ejemplo la altitud que varía de 2200 a 2300 msnm (provocada por el Eje Neovolcánico), y se encuentra en la parte trasera de la sombra orográfica proyectada por Sierra Madre Oriental. Esta hipótesis puede ser rechazada o aceptada realizando más trabajos sobre la geología y paleontología del área de estudio.

Por lo tanto, las maderas fósiles de Panotla Tlaxcala son una fuerte evidencia del establecimiento de comunidades tropicales durante el Mioceno en la parte central de México, con ciertas características fisiológicas muy particulares, aunque se tienen elementos representantes de comunidades netamente tropicales, se cuenta con elementos que viven actualmente en condiciones templadas, pero la mayoría de los grupos señalan la presencia de ambientes con altas temperatura y humedad, por lo que hay que considerar que las comunidades vegetales establecidas durante el Mioceno en Tlaxcala no pueden ser semejantes a las actuales, en el mejor de los casos se les puede considerar análogas y en las que no hay que esperar la misma composición vegetal, ni la misma distribución actual, pero sí con el mismo dinamismo que encontramos, en este caso en una Selva tropical.

CONCLUSIONES

- El presente estudio de las maderas permineralizadas miocénicas procedentes de Panotla Tlaxcala, centro de México, permitió la identificación de cinco taxas distintos, *Terminalia*, *Cedrela*, *Hipodaphnis*, *Podocarpus* y *Taxus*. Todos son registros nuevos para el estado. Los géneros *Hypodaphnis* y *Taxus* serían el primer registro para México, *Terminalia* y *Cedrela* son el primer registro basándose en microfósiles.
- La asociación de maderas fósiles de Tlaxcala aporta información sobre las condiciones ambientales que se desarrollaban en esos tiempos en la región. Por un lado muestran que era un lugar que no superaba los 900 msnm, donde existían suelos de origen volcánico, y por otro lado existía una temperatura y humedad elevada.
- Las maderas de Panotla Tlaxcala, señalan la presencia de una asociación vegetal análoga a aquellas comunidades florísticas presentes en las selvas Tropicales de México. Además, muestra una fuerte evidencia de que las comunidades vegetales que actualmente conocemos tienen una historia más antigua y compleja.
- La distribución actual de los diferentes grupos de organismos encontrados como fósiles (Maderas y Peces) en Panotla Tlaxcala, reflejan parcialmente la evolución de los organismos y sus asociaciones de los ecosistemas presentes en la vertiente del Golfo de México.
- Tlaxcala tiene un gran potencial en la investigación paleontológica, la cual todavía no se realiza en muchos sitios, y tiene mucho que mostrar.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarado-Ortega J, y Carranza-Castañeda, O.** 2002. The fossil fishes from Pliocene localities near Tula de Allende, Hidalgo, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 22(3):32A
- Andrade Ramos M. P.** 2003. *Paleontología de una localidad del Cretácico tardío de Altares-Chihuahua*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM México. 60 p.
- Arnold, D.H., y Mauseth, J.D.** 1999. Effect of environmental factors on development of wood. *American Journal of Botany* 86 (3): 367-371.
- Axelrod D. I.** 1991. The Early Miocene Buffalo Canyon Flora of Western Nevada. *University of California Publications in Geological Sciences* 135:1-76
- Baas y Carlquist.** 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. *IAWA*. 6 (4): 349-355.
- Barajas Morales J., Ángeles Álvarez G. y Solís Sánchez P.** 1997. Anatomía de las maderas de México: Especies de una selva alta perennifolia 1. *Publicaciones Especiales del Instituto de Biología*, UNAM. México 16. 128 p.
- Barefoot A. C. y Hankins F. W.** 1982. *Identification of Modern and Tertiary Woods*. Clarendon Press. New York. 189 p.
- Benkova Vera E.** 2001. *Variations in wood anatomy of some Maloideae species in relation to climate*. International Conference *tree rings and people*. Davos 22-26 september.
- Carlquist S.** 1975. *Ecological Strategies of Xylem Evolution*. University of California Press. 259 p.
- ____ 1988. *Comparative Wood Anatomy*. Springer- Verlag. Berlin. 436 p.
- Carrasco-Núñez G., Gómez-Tuena A., Lozano L.** 1997. Geologic Map of Cerro Grande Volcano and Surrounding Area, Central Mexico. *Geol Soc Am Map and chart series MCH081*. Geological Society of America, Boulder, CO 1 sheet, 1-10 p.
- Castro Goeva R.** 1999. *Historia eruptiva reciente del volcán La Malinche*. Tesis de Maestría. Instituto de Geofísica, Posgrado de Geofísica, UNAM. México.

- Cevallos-Ferriz S. R. S.** 1992. Tres maderas de gimnospermas cretácicas del norte de México. *Anales del Instituto de Biología*. UNAM. Serie Botánica. 63 (2): 111-137.
- ____ y **Barajas Morales J.** 1994. Fossil Woods from the El Cien Formation in Baja California Sur: Leguminosae. *IAWA Journal*, 15 (3): 229- 245 p.
- ____ y **Ricalde M.** 1995. Palmeras fósiles del norte de México. *Anales del Instituto de Biología*, Serie Botánica. 66, 1-106 p.
- ____ y **Weber, R.** 1992. Una madera fósil de dicotiledónea en el Cretácico superior (Maestrichtiano) en Coahuila, México. *Revista del Instituto de Geología*. UNAM 10, 65-71 p.
- ____ y **Ramírez J. L.** 1998. Las Plantas con Flores en el Registro Fósil. *Facultad de Ciencias UNAM. Ciencias* 52, 46-57 p.
- ____ y _____. *Bosquejo de la Evolución Florística de Oaxaca*. En prensa.
- Contreras A., Cota E., García, P., González C., Montellano, M., Quiroz, S., Rivera, S., Sour, F.** 1997. *Paleontología*. Primera edición. Facultad de Ciencias, UNAM. 246 p.
- Cordero, C. y Morales, E.** 1998. *Panorama de la biodiversidad de México*. Conabio (manuscrito).
- Cronquist A.** 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University, Nueva York.
- Détienne P. y Jacquet P.** 1983. *Atlas D'identification des bois de L'amazonie et des régions voisines*. Center Technique Forestier Tropical.
- Farjon A.** 1998. *World Checklist and Bibliography of Conifers*. Richmond, U.K.: Royal Botanical Gardens at Kew. URL: <http://www.conifers.org/po/po/index.htm>
- Felix J. y Nathorst A.** 1899. *Versteinerungen aus dem mexikanischen Staat Oaxaca. Fossile Hölzer von Tlacolua*. En Felix y A. Lenk, Beiträge zur Geologie und Paleontologie der Republik México Leipzig 2: 46-51.
- Ferrari L., Conticelli S., Vaggelli G., Petrone Ch.M., Manetti P.** 2000. Late Miocene volcanism and intra-arc tectonics during the early development of the Trans-Mexican volcanic Belt. *Tectonophysics* 318: 161-185.
- Flores, O. y Gerez, P.** 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*. UNAM/CONABIO. México.

- García-Palomo, A., Macías, J.L., Tolson G., Valdez G., Mora.,** 2002. Volcanic stratigraphy and geological evolution of the Apan region, east-central sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Geofísica Internacional*, Vol 2 : 133-150.
- Gómez-Tuena, A., Carrasco-Núñez, G.** Cerro Grande volcano: the evolution of a Miocene stratocone in the early TransMexican Volcanic Belt. *Tectonophysics* 318: 249-280.
- González Medrano, F.** 1996. Algunos aspectos de la evolución de la vegetación de México. *Bol. Soc. Bot. México* 58: 129-136 p.
- _____. 1998. La vegetación de México y su Historia. *Facultad de Ciencias UNAM. Ciencias* 52, 58-65 p.
- Graham, A.** 1972. Some aspects of Tertiary vegetational history about the Caribbean Basin. In *Memorias de Simposia, I Congreso Latinoamericano, V Mexicano de Botánica*, Mexico, D.F. p. 97-117.
- _____. 1993. *History of the Vegetation: Cretaceous (Maastrichtian)- Tertiary*. In: Flora of North America editorial committee. Flora of North America, North of México. Oxford University Press, New York, USA. 1: 57 – 70 p.
- _____. 1999. *Late Cretaceous and Cenozoic History of North America Vegetation*. Oxford University Press. New York.
- Greguss, P.** 1995. *Identification of living gymnosperms on the basis of xyloatomy*. Akadémiai Kiadó Budapest. Hungria. 350 p.
- Guenther, E.W. y Bunde, H.** 1973. Investigaciones geológicas y paleontológicas en México durante los años de 1965 y 1969. *Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala*, México 7 ,19-20.
- Guzmán, G.** 1990. La diversidad micológica en los bosques de México y su importancia en el equilibrio ecológico. *Simposio Biodiversidad de México-Conservación de la Selva en Mesoamérica*. Diciembre 10-13, 1990. Xalapa, Ver
- Hernández Junqueira, A.** 1997. *Fauna local de la Media Luna, Pleistoceno Tardío, Municipio de Río Verde, San Luis Potosí, México*. Tesis de Licenciatura. UNAM. Facultad de Ciencias, México.
- Hilger, W.** 1973. Observaciones respecto a la geología de la región de Puebla-Tlaxcala. *Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala* 7, 3-6 México.

- INEGI.** 1981. *Síntesis geográfica de Tlaxcala*, SSP. México. 14-16.
- IWA Commitee.** 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *AIWA Bolletin* n. s. 10 (3): 219-329.
- _____. 1964. *Multilingual glossary of terms used in wood anatomy*. Verlagsanstalt Buchdruckerei Konkordia Winterthur, 86 p.
- Jacobs, Bonnie F., John D. Kingston, Louis L. Jacobs.** 1999. The origin of grass-dominated ecosystems. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 86:590-643.
- Kribs D. A.** 1959. *Commercial Foreign Woods on the American Market*. Dover Publications, Inc., New York.
- Lamb H.P.A. y Ntima O.O.** 1971. *Terminalia ivorensis*. Common wealth Forestry Institute, Oxford University. Whitemore, P.C. 1972. Tree Flora of Malaya I (FRI, Keopong), Longman, London. 174 p.
- Leopold, E B., y MacGinitie, H. D..** 1972. *Development and affinities of Tertiary floras in the Rocky Mountains*. In: A. Graham (ed.), Floristics and Paleofloristics of Asia and Eastern North America, Elsevier, Amsterdam, London, and New York. pp. 147-200,
- López- Ramos, E.** 1979. Carta Geológica de los estados Puebla y Tlaxcala, escala 1:500 000. *Instituto de Geología*, UNAM. G-21.
- MacGinitie H. D.** 1969. The Eocene Green River Flora of northwestern Colorado and northeastern Utah. *University of California Publications in Geological Sciences* 83:1-140
- Martínez Cabrera, H. I.** 2002. *Maderas de la Formación El Cien (Oligoceno- Mioceno) Baja California Sur, México. Determinación Taxonómica (Anacardiaceae y Moraceae) y biogeografía Histórica de Moraceae*. Tesis de Licenciatura. UNAM, Facultad de Ciencias, México.
- Mehrotra R. C. Awasthi N. y Dutta S. K.** 1999. Study of fossil wood from the upper Tertiary sediments (Siwalik) of Arunachal Pradesh, India and its implication in palaeoecological and phytogeographical interpretations. Review of Palaeobotany and Palynology. 107, issues 3-4, November. 223-247 p.
- Metcalf, R.** 1987. *Anatomy of the dicotyledons*. Volume III. Second Edition. Clarendon Press. Oxford.

- Miranda, F.** 1958. *Estudios acerca de la vegetación*, In E. Beltran (ed), Los recursos naturales del suroeste y su aprovechamiento. Publ. Inst. Méx. Rec. Nat. Renov., vol. II: 215-271.
- Miranda, F.** 1962. *La Vegetación de Chiapas*, 1 y 2, ed del Gobierno de Chiapas, México.
- Meyen S. V.** 1987. *Fundamentals of Paleobotany*. Chapman and Hall. New York.
- Morley, R. J.** 2001. *Origin and Evolution of Tropical Rain Forests*. John Wiley & Sons, Inc. 378 p.
- Müller-Stoll, W.R y Mädler, E.** 1967. Die leguminosen-Hölzer. Elien Revision der mit Leguminosen verglichenen fossilen Losen und Berscheidung älterer und Arten. *Paleontographica* 119 B: 95-174.
- Ohngemach, D. y Straka, H.** 1978. La historia de la vegetación de la región Puebla Tlaxcala durante el Cuaternario Tardío. *Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala*, 15 , 189-205. México.
- Ozaki, K.** 1991. Late Miocene and Pliocene Floras in Central Honshu, Japan. *Bulletin of Kanagawa Prefectural Museum Natural Science Special Issue* 1-244
- Palacios Chávez, R. y Rzedowski, J.** 1993. Estudio palinológico de las floras fósiles del Mioceno inferior y principios del Mioceno medio de la región de Pichucalco, Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana*. 24: 1-96.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J.** 1968. *Árboles Tropicales de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J.** 1999. *Árboles Tropicales de México*. UNAM & Fondo de Cultura Económica. México.
- Pérez Olvera C., Carmona Valdovinos T. y Rogel Gómez M.** 1980. Estudio Anatómico de la Madera de 43 especies Tropicales. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico* 63
- Pérez Olvera C., Olvera C, P., Corral López, G.** 1982. Estudio Anatómico de la Madera de 26 especies de angiospermas de clima templado. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Mexico.
- Poole, I.** 2000. Fossil angiosperm wood: its role in the reconstruction of biodiversity and palaeoenvironment. *Botanical Journal of the Linnean Society* 134: 361-381.

- Poole, I., Mennega, A.M.W., y Cantrill, D.J. 2003. Valdivian ecosystems in the Late Cretaceous and Early Tertiary of Antarctica: Further evidence from myrtaceous and eucryphiaceous fossil wood. *Review of Paleobotany and Palynology* 124: 9-17.
- Ramos M. A. 1987. *La diversidad biológica en México. Identificación de prioridades nacionales*. Manuscrito. 215 p.
- Rico, R., Martínez, I. Fernández, Ma. Del R., Aragón, J., 1993. Fluctuaciones en las asociaciones fósiles de diatomeas del paleolago Tlaxcala, Tlaxcala. *First international conference on climatic change in México* Taxco, Guerrero México. 5th-9th of July.
- Richter H. G. Y Dallwitz M. J. 2000. *Commercial timber: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval*. In English, French, German, and Spanish. Version: 4th May 2000. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>
- Ruiz-Martínez V.C., Osete M.L., Vegas R., Nuñez-Aguilar J.I., Urrutia-Fucugauchi J., Tarling D.H. Palaeomagnetism of Late Miocene to Quaternary volcanics from the eastern segment of the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Tectonophysics* 318: 217-233.
- Rzedowski J. 1966. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. *Acta Cient. Potos.* 5: 5-19.
- _____. 1978. *Vegetación de México*. Editorial LIMUSA. México D.F. 428 p.
- _____. 1988. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Simposio Diversidad Biológica de México*. 3-7 Octubre, 1988. Oaxtepec Morelos. 6 p.
- _____. y McVaugh, R. 1966. La Vegetación de Nueva Galicia. *Cont. Iniv. Mich. Herb.* 9(1): 1-123.
- Sarukhán J., Soberón J. y Larson-Guerra J. 1996. *Biological Conservations in a High Beta-diversity Country*. En: Di Castri, F. y T. Younès (eds.). *Biodiversity Science and Development: Towards a New Partnership*. CAB International.
- Schweingruber F. H. 1990. *Anatomy of European woods*. Paul Haupt Berne and Stuttgart Publishers. Suiza.
- Sousa Sanchez, M. 1968. Ecología de las Leguminosas de la zona Los Tuxtlas, Veracruz. *Anales Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México*, serie Botánica. 39: 121- 160.
- Stewart Wilson N. 1983. *Paleobotany and the evolution of plants*. Cambridge University Press. New York.

- Tan, F., Shi Suhua Z., Yang, G., Xun y Wang Yuguo.** 2002. Phylogenetic relationships of Combretaceae (Combretaceae) inferred from plastid, nuclear gene and spacer sequences. *Journal Plant Research*. October 2002.
- Taylor, T. N. y Taylor, E. L.** 1993. *The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Prentice Hall. New Jersey.
- Toledo, V. M.** 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 81:17-30.
- Unger, F.** 1845. *Synopsis Plantarum Fossilium*. Leipzig.
- Unger, F.** 1857. Beiträge zur näheren Kenntnis des Leithakalkes. *Denkschr. Akad. Wiss.* 14, 13-38.
- Vilaclara, G. Rico Montiel, R. y Aragon Navarro, J. L.** 1993. Análisis de eventos aloctonos y paleólogo de Tlaxcala, Tlax. México. *First international conference on climatic change in México Taxco, Guerrero México*. 5th-9th of July.
- _____, _____ y **Miranda, J.** 1997. *Effects of perturbations on diatom assemblages in Tlaxcala paleolake, Mexico*. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 846-851.
- Vliet Van.** 1979. Wood Anatomy of the Combretaceae. *Blumea*. 25 (1), 141-223.
- Von Erffa A., Hilger W., Knoblich Kl., y Weyl R.** 1976. Geología de la cuenca alta de Puebla-Tlaxcala y sus contornos. *Comunicaciones Proyecto Puebla Tlaxcala* 13, 99-116 México.
- Watson, L. and Dallwitz, M. J.** (1992 onwards). *The Families of Flowering Plants: Descriptions, Illustrations, Identification, and Information Retrieval*. Version: 14th December 2000. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>
- Wheeler, E y Baas, P.** 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *IAWA Bulletin n.s.* 12: 275-332.
- Wheeler, E, Pearson R.G. Lapasha, C A, Hatley W y Zack T.** 1986. Computer-aided Word identification. An enhanced Oxford/PRL type data base. North Carolina Agricultural Research Station Bulletin 474.
- Went, T.** 1998 *Composición, afinidades florísticas y orígenes de la flora arbórea del dosel de los bosques tropicales húmedos de la vertiente mexicana del Atlántico*. In T. P.

Ramamoorthy, R. Bye, a Lot y J. Fa (eds). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM. 792 p.

Wiemann, M.C., Wheeler, E., Manchester, S.R., y Portier K.M. 1998. Dicotylenous wood anatomical characters as predictors of climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 139: 83-100.

Wolfe, J. A. 1971. Tertiary Climatic Fluctuations and methods of analysis of tertiary floras. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 9 27-57 p.

Paginas en Internet.

- Berry, Edward 1937: <http://www.wku.edu/~smithch/biogeog/BERRI1937.htm>
- Bachmann, Raik. 2001: <http://www.fiu/orgs/caribgeol>
- The paleobiology Database: <http://www.pbdb.org>.
- Nationaal Herbarium of Nederland: <http://www.nationaalherbarium.nl/>
- Rico, Roberto. 1995. <http://www.igeofcu.unam.mx/pagumec/taxco/rrm2.htm>
- Spjut, Richard W. 1999. <http://www.worldbotanical.com/>
- www.botanik.uni-bonn.de/conifers/po/