



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**PALEOXILOLOGÍA DE GIMNOSPERMAS EN EL  
JURÁSICO MEDIO, FORMACIÓN TECOMAZÚCHIL,  
DE LA LOCALIDAD DE PARTIDEÑO, OAXACA.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**B I Ó L O G A**  
**P R E S E N T A**

**ORTEGA CHAVEZ ELIZABETH**

**DIRECTOR DE TESIS: Dra. Ma. Patricia Velasco de León**



**MÉXICO, D.F. Noviembre 2013**



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.

## DEDICATORIA

### Mamá

Con tu amor infinito, lucha, esfuerzo y ejemplo, el cual has realizado toda una vida. Te agradezco y te dedico este logro, porque aunque hemos pasado por momentos difíciles siempre estuviste a mi lado brindándome tú mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento, y por darme la fortuna de una carrera para mi futuro.

Gracias por tu paciencia y esas palabras sabias que siempre tienes para mis enojos, mis berrinches, mis tristezas, que te cantara con mi dulce voz, que siempre te preguntara si me querías jajaja y en los momentos felices, por ser mi amiga y ayudarme a cumplir mis sueños, porque este sueño no es solo mío, si no de las dos, te amo mamá.

### Julio y Luis

Les agradezco su apoyo incondicional, el amor, sobre todo la paciencia que me tienen día a día, porque somos los tres mosqueteros y la jefa (mamá), soy inmensamente feliz y orgullosa de que sean mis hermanos, pero también este logro es parte suyo, porque sin ustedes no lo hubiera logrado. Julio con tus instrucciones de cómo llegar a cada sitio, irnos de compras, ser muchas veces mi cómplice, Luis porque eres mi confidente, el que me resuelve mis dudas culturales, el que me peinaba desde que iba en la primaria, me consienten; como no lograrlo sin su apoyo, siempre unidos hermanitos todo sea por ser una familia normal jajaja, los amo.

### Papá †

Un gran ser, siempre en mis oraciones, porque eres mi ángel, un ejemplo de hombre, inteligente, bueno, bondadoso, te quiero papá un día estaremos juntos en la eternidad.

## Irán

Amiga, parte de este trabajo también es tuyo, emprendimos un viaje lleno de aventuras, donde nos tomamos de la mano, desde ese día estamos como muérganos, aprendemos día a día juntas a vivir en este mundo con miles de experiencias, gracias por la paciencia, el amor, las travesuras, las tristezas, siempre apoyándonos, mi cómplice fiel, gracias por esta gran aventura que es una de las mejores en mi vida, te quiero millones, siempre unidas al infinito y más allá.

## Dra. Paty

Dra. Paty mi total admiración, una mujer con grandes convicciones, inteligente, con enormes valores, una gran amiga, las mejores enseñanzas sin duda con usted, un ejemplo del profesionalismo ético y humano, gracias por la confianza y permitirme trabajar a su lado, la quiero y la admiro.

## Dr. Emilio Estrada

Dr. Emilio, por el enriquecimiento y culminación de este trabajo, con sus aportaciones en el tema, y en la redacción. Cabe mencionar Dr. que le agradezco infinitamente que se haya tomado el tiempo de asesorarme, muchísimas gracias, usted es una muestra de profesionalismo y ética, mi total admiración y agradecimiento.

Lo que hoy somos descansa en lo que ayer pensamos y nuestros actuales pensamientos, forjan nuestra vida futura.

Buda Gautama

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México un orgullo pertenecer a la máxima casa de estudios, por siempre sangre azul y piel dorada, y en particular a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, que me brindaron la oportunidad de realizar una carrera profesional.

Al proyecto PAPIIT IN106010-3 Distribución de gimnospermas en el Jurásico de la Región Norte del Terreno Mixteco. Reconstrucción paleontológica por la beca otorgada para la culminación de esta tesis.

A la Dra. Ma. Patricia Velasco de León por el valioso apoyo, tiempo, dedicación, comprensión, una gran paciencia, para realizar este proyecto.

A la M. en C. Erika Ortiz Martínez por sus aportaciones en esta tesis, por su apoyo incondicional en cualquier duda, por las pláticas académicas, y personales es un amor maestra, gracias por la amistad brindada durante todo este tiempo.

Al profesor Rigoberto Rodríguez Becerra por el enriquecimiento en este trabajo con sus aportaciones. Además de brindarme su apoyo durante la carrera.

A la M. en C. Evangelina Galván Mendoza por sus comentarios y observaciones, para este trabajo.

Al profesor Juan Manuel Valderrábano Gómez por la revisión del manuscrito y sus acertados comentarios.

Al Dr. Sergio Cevallos por las asesorías para la incursión del estudio en maderas, a Enoch por su paciencia para facilitarme y asesorarme con el equipo y enseñarme la técnica para cortes de madera, en el Instituto de Geología.

A mi equipo de paleo, Danae, Diego, Miguel, Daniel, Diana, Pedro, increíbles experiencias a su lado, me llevo lindas amistades.

Miguel eres increíble, tus ocurrencias e inteligencia te hacen genial, en este corto tiempo te he tomado un enorme cariño, Dani un amigo de nobles sentimientos, calladito, calladito, pero cuando hablas, hablas jajaja, que este sea el inicio de una gran amistad, los quiero mucho gracias por todo.

Amigas mías, mis pilares, Iran, Aracely, Jessica, Sandra, Tzagaca, siempre estaré agradecida con ustedes.

Aracely amiga, vecina, confidente, te adoro loca, como olvidarte y dejarte, si fuiste y eres mi cómplice, tantas cosas que vivimos, nuestros desayunos, chismes, compras,

y tu frase de "No te preocupes" siempre que pienso en ti, una sonrisa viene a mi rostro, te amo amiga, gracias.

Jessica alias porque jajaja, sabes lo importante que eres para mí, mi total admiración y cariño, eres mi lado racional y dalaí, gracias por estar en mi vida, darle chispa, y reírnos como locas por las cosas más simples, gracias todo, te quiero.

Sandra, siempre con la buena vibra, mi acompañante, mi confesionario, siempre con un consejo que me ayuda y sobre todo tu frase "No te comprés bronceas ajenas" Siempre con la mejor actitud para que uno se sienta bien te quiero muchísimo gracias.

Mis amigos contemporáneos: Nestor, Tonatiuh, Edgar, Braulio, León, los quiero, muchas experiencias, porque estamos en los mejores y peores momentos, porque a pesar de las distancias, siempre estamos unidos en mente y corazón. Siempre los llevo en mi corazón.

Lilia, amiga agradezco el tiempo que compartimos, confidante al máximo, gracias por todo, por esos ataques de risas, por ayudarme a mis muestras jajaja, somos dos chicas muy locas, yo erzo que por eso seguimos unidas, te tengo un gran cariño, muchas gracias

Surga amiga incondicional, gracias por brindarme tu amistad, pasamos aventuras inolvidables, debo agradecerle porque estás en los momentos más importantes de mi vida, porque siempre estás para escucharme, porque me enseñaste que la actitud la pone uno, no los demás, te quiero, muchas gracias.

Arzly y Sergio, amigos siempre estaré agradecida y bendecida con su amistad, mil gracias por darme la fortuna de unirnos, con lo que más aman en esta vida que es la pequeña estrellita, los quiero infinitamente, amiga sabes que te adoro, gracias por tu apoyo.

Selección de Fútbol Rápido, una de las mejores experiencias, un deporte al que amo, y me dejó grandes amigos para toda la vida, porque siempre estaré eternamente agradecida, aguante Ocelotes.

Javier, un gran entrenador y amigo, gracias por confiar en mí, siempre agradecida por brindarme una de las mejores experiencias de mi vida te quiero mucho amigo.

Gustavo ejemplo de amistad, fortaleza y de cuando uno se propone realizar las cosas, se pueden lograr, gracias por brindarme tu amistad y confianza.

Mario, gracias por tu sincera amistad y apoyo en la selección eres un gran jugador del cual se aprende, muchas gracias amigui.

Sergio Ponky, amigo incondicional, de nobles sentimientos, siempre agradecida porque siempre estuviste y estas para protegerme y apoyarme, muchísimas gracias.

Amigos Gracias por las increíbles experiencias a su lado, son la gente más divertida, ocurrente que conozco, pero también con quien se puede confiar, los quiero Mirna Aidez, Fernando, Chucho, Jair, Mezquita, Christian.

Maestra Carmen, infinitamente agradecida con usted, siempre tendiéndonos la mano, continuamente está presente en los momentos importantes de mi vida, y eso no tiene precio, más que una amiga, es parte de la familia.

Maestra Yuri, una persona admirable, de nobles sentimientos, gracias por el apoyo que me brinda, mi total admiración y cariño.

# ÍNDICE:

RESUMEN .....	1
1.- INTRODUCCIÓN .....	2
2.- JUSTIFICACIÓN .....	4
3.- OBJETIVOS .....	4
4.- MARCO TEÓRICO .....	6
4.1.- CONÍFERAS .....	7
4.2.- ESTRUCTURAS DE LA MADERA .....	10
4.3.- ELEMENTOS DE LA MADERA .....	12
5.- ANTECEDENTES .....	19
6.- ZONA DE ESTUDIO: .....	21
7.- MATERIAL Y MÉTODO .....	26
8.- RESULTADOS .....	27
9.- ANÁLISIS GENERAL .....	42
10.- CONCLUSIONES .....	44
11.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....	45



## RESUMEN

A la fecha son escasos los trabajos que describen la anatomía de la madera del Jurásico de México, los factores principales son poco material recolectado, el estado de conservación es deficiente y su interpretación anatómica es difícil. La madera es importante en el registro fósil porque proporciona una de las mejores fuentes de datos para evaluar los patrones biogeográficos a escala continental, así como su distribución para analizar las variaciones regionales de la flora y el clima. Para poder llegar a las aplicaciones señaladas se necesita una correcta identificación, y una adecuada descripción de la madera.

En este trabajo se estudiaron 152 ejemplares fósiles del Jurásico Medio de la localidad Partideño pertenecientes a la Formación Tecomazúchil. La paleoflora está constituida por: *Zamites*, *Piazopteris*, *Pelourdea*, *Brachyphyllum*, madera, estructuras reproductoras, ramas e impresiones de corteza; el objetivo principal de este trabajo, fue describir e identificar seis ejemplares de madera permineralizada; los cortes permitieron distinguir dos morfotipos.

Las maderas carecen de anillos de crecimiento, poseen traqueidas bien conservadas, de forma cuadrada a rectangular, radios uniseriados, ausencia de vasos; características que permitieron asociarlas con el orden Coniferales, uno de los más importantes dentro de las Gimnospermas y abundante del Mesozoico.

Los dos morfotipos se asignaron al orden de las Coniferales, corresponden a dos familias, el primero presentó afinidad a la familia Araucariaceae, en específico comparte caracteres con los morfogéneros: *Agathoxylon protoaraucana*, *Araucarioxylon carbonaceum*, *Agathoxylon lamaibandianus*. En el caso del segundo morfotipo, presentó caracteres afines a la familia Podocarpaceae, con los morfogéneros: *Podocarpoxyylon nindicum*, *Phyllocladoxylon* Gothan, *Podocarpoxyylon* Gothan.

Por su estructura anatómica, tamaño del tronco, ausencia de anillos de crecimiento, diámetro de las traqueidas, y la macroflora reportada para esta localidad se sugiere que para el Jurásico Medio había un clima cálido-seco.

## 1.- INTRODUCCIÓN

El estudio de la flora fósil de México, basado en material macroscópico, constituye un campo relativamente restringido, ya que los afloramientos continentales con plantas bien conservadas son relativamente escasos. Las floras del Jurásico de nuestro país están constituidas fundamentalmente por gimnospermas, entre las que destacan en primer lugar las cicadofitas, y en segundo las coniferofitas. Unas y otras, durante este período, alcanzaron su máximo desarrollo (Silva-Pineda, 1978).

Durante el periodo Jurásico de México, el registro fósil más abundante de la flora se halla en los depósitos continentales que afloran principalmente en la parte suroriental del país, donde existieron plantas bien desarrolladas durante el Jurásico Temprano y Medio. Entre las mejor conservadas destacan las plantas de las formaciones continentales que se encuentran en el Estado de Oaxaca (Rojas-Chávez, 2010).

El estudio anatómico de las maderas de gimnospermas del Jurásico mexicano es aún escaso. Entre los fósiles vegetales el tipo más perfecto es la madera permineralizada y constituye uno de los testimonios principales de la vida vegetal existente en edades pretéritas.

Los estudios realizados con maderas fósiles pueden dar información sobre la vegetación que estaba presente en un sitio determinado, pero también, sobre climas y temperaturas existentes. Una de las características en la madera es la formación de anillos de crecimiento anuales, que están íntimamente relacionados con las condiciones climáticas y ambientales. Así, en climas donde hay diferencias estacionales, se producen células grandes y de paredes delgadas en primavera células más pequeñas y en invierno paredes gruesas. En los climas cálidos y en los trópicos el crecimiento es continuo y constantemente se agregan células a la madera sin que se hagan evidentes los anillos. Como los árboles reaccionan de preferencia a los cambios de temperatura y luminosidad, cualquier cambio climático queda registrado en los anillos de crecimiento de los árboles. Esto se puede observar en las maderas fósiles e inferir las condiciones ambientales y climáticas en que se desarrollaba la planta y por tanto inferir datos sobre el clima pasado (Torres-González, 2000).

2013

La madera tiene un importante registro fósil y por lo tanto, puede proporcionar una de las mejores fuentes de datos para evaluar los patrones biogeográficos a escala continental, además de la tasa de conservación de la evolución y de largo alcance estratigráfico de los restos de madera, los cuales permiten usar su distribución para analizar las variaciones regionales de la flora en intervalos prolongados (Philippe *et al.*, 2004).

## **2.- JUSTIFICACIÓN**

Los trabajos realizados de madera fósil del orden coniferales en el Jurásico son escasos, han señalado su presencia; autores como Silva-Pineda 2000, Weber 1972, en el estado de Oaxaca.

El estudio de las gimnospermas aporta en la actualidad el avance evolutivo a través del tiempo, en el cual órdenes o familias siguen vigentes; también el análisis de la distribución de las coníferas proporciona una evidencia de que tipo de flora existía, para poder determinar qué condiciones prevalecieron en el mundo durante el Jurásico.

El presente trabajo pretende contribuir a la paleobotánica de México, ya que no se cuenta con ningún trabajo previo en el tema de maderas de coníferas del Jurásico en México, el cual abrirá un campo muy restringido para su estudio; en los cambios evolutivos de las coníferas ocurridos a lo largo de mucho tiempo, los cuales han generado la diversidad vegetal con la contamos en la actualidad.

## **3.- OBJETIVOS**

### **3.1.- Objetivo general**

- Identificar las maderas fósiles de la localidad Partideño perteneciente a la Formación Tecomazúchil, así como determinar las condiciones climáticas existentes durante el Jurásico Medio en el Terreno Mixteco referente a la zona de estudio, empleando la anatomía de maderas de Gimnospermas.

### **3.2.- Objetivos particulares**

- Describir la morfología de las maderas fósiles presentes en la localidad de Partideño Oaxaca.
- Identificar la madera fósil para ampliar el listado taxonómico existente en el estado de Oaxaca.
- Realizar un listado de la paleoflora, de la localidad de Partideño, Oaxaca.

2013

- Interpretar las condiciones paleoclimáticas existentes durante el Jurásico, en la localidad de estudio, empleando la fisonomía de la madera fósil y el listado taxonómico de la zona.

#### **4.- MARCO TEÓRICO**

El conocimiento de las estructuras leñosas de las plantas permite saber en qué situación evolutiva se encuentra. Hoy en día el estudio individualizado del xilema, aporta los argumentos necesarios para enmarcar la planta en el escalón evolutivo que le corresponde (García Esteban *et al.*, 2003).

La Paleoxilología, es el estudio de la anatomía de maderas fósiles con el uso del microscopio, se remonta a Whitman quien en 1831 utilizó por primera vez las técnicas de cortes delgados propuestas por Nicol. De allí en adelante, tanto en Europa como en Estados Unidos, se estudia y se da a conocer una gran cantidad de taxones, con base en esta técnica, (Herbst *et al.*, 2007).

Las gimnospermas aparecieron hace unos 350 millones de años y fueron la vegetación dominante durante el final del Paleozoico y del Mesozoico. Son plantas de porte leñoso, con crecimiento secundario en grosor (producen xilema y floema secundarios), por lo que su crecimiento requiere mucha materia y energía y su ciclo vital es lento (tardan mucho tiempo en formar semillas y producir descendencia). Son plantas vasculares que forman semilla pero carecen de flores, son plantas de hábito arbóreo o arbustivo. Las semillas no están encerradas en carpelos, sino dispuestas sobre escamas organizadas en conos. Estas plantas con semilla son las más antiguas; al parecer, proceden de Pteridospermas helechos del Devónico (Taylor, 1993).

Las gimnospermas constituyen un grupo de plantas caracterizado esencialmente por poseer un aparato reproductor desnudo (*gymnos* = desnudos, *sperma* = semilla). Todas las especies vegetales que presentan esta característica se agrupan en la división XVI de Engler y a la vez se subdividen en cuatro clases.

- CLASE 1a: CICADÓPSIDOS. Comprende 7 órdenes.
- CLASE 2a: CONIFERÓPSIDOS. Es la clase más importante desde el punto de vista maderero. Comprende dos órdenes.

- ✓ Orden 1º: Cordaitales. Orden fósil de grandes árboles que vivieron a partir del Devónico Superior alcanzando su auge en el Carbonífero, formando incluso masas boscosas, para desaparecer al final del Pérmico
- ✓ Orden 2º: Coniferales. Comprende siete familias, una ya extinta. Incluye más de 400 especies vivientes que en su mayor parte se localizan sobre estaciones del hemisferio boreal.
- CLASE 3a: TAXÓPSIDOS. Esta clase sólo incluye un orden, Taxales, y una sola familia, la Taxaceae.
- CLASE 4a: CLAMIDOSPÉRMAS. Comprende tres familias, como el resto de las gimnospermas, esta clase también está compuesta por plantas leñosas (García Esteban, *et al.*, 2003).

#### **4.1.- Coníferas**

Las coníferas son plantas que poseen un tronco leñoso compacto y las estructuras reproductivas masculinas y femeninas formando verdaderos conos. Fueron y son plantas generalmente arbóreas que alcanzan grandes alturas y suelen vivir en comunidades puras o bien asociadas a otros grupos. Es uno de los grupos de gimnospermas más antiguos y que adquirió gran diversificación en el Mesozoico, especialmente durante los períodos Jurásico y Cretácico (Ángeles-Favila, 2009). Perduran en la actualidad con numerosas familias, distribuidas en zonas húmedas, templadas y frías, desde el nivel del mar hasta regiones montañosas.

Para la clasificación de estas plantas los especialistas en botánica se basan en distintos caracteres. Las coníferas comprenden grupos extintos y existentes que son sumamente familiares, como muchos tipos de pinos.

Los troncos de las coniferófitas tienen una estructura leñosa más compacta y la “fructificaciones” están representadas por verdaderos conos (Archangelsky, 1970). Dentro de las coniferofitas, algunos autores han considerado los siguientes tres órdenes:

Cordaitales, Ginkgoales y Coniferales (Archangelsky, 1970). Delevoryas (1963) señala cinco órdenes: Cordaitales, Coniferales, Taxales, Ginkgoales y Gnetales.

Las Ginkgoales, cuya ubicación sistemática es muy discutida, en general se consideran dentro de este grupo, por tener características cercanas a él. Los Ginkgoales con probable origen durante el Pérmico, tuvieron especial expansión en muchos ambientes del Jurásico, periodo en el que alcanzaron su máxima representación (Dávila, 2002). En la actualidad se conserva una sola especie, *Ginkgo biloba*.

Las Cordaitales fueron plantas arborescentes, que alcanzaron gran talla y fueron abundantes en el Paleozoico Superior, extinguiéndose en el Triásico. Las Taxales existieron en el Jurásico y perduran actualmente (Archangelsky, 1970).

Un grupo conocido desde el Triásico es el de las Podocarpaceae, una familia de formas arborescentes y arbustos presente aún con numerosas especies en las regiones cálidas del planeta, con hojas laminares o en forma de escama; las podocarpáceas conocieron amplia difusión precisamente en el Jurásico.

La familia Cupressaceae apareció en el Triásico y se extiende en el Jurásico, con cierta frecuencia se encuentra en estado fósil incluso con partes de tronco. En la actualidad esta es la familia de coníferas que comprende un número de especies vivientes, entre las cuales los cipreses y el enebro son las que resultan más familiares.

Pinaceae son un grupo de las coníferas con una amplia distribución actual, se encuentran desde las regiones de clima templado del Hemisferio Norte. México cuenta con cerca de 11 géneros. Este grupo de vegetales también tiene su origen en el Triásico (Delevoryas and Hope, 1973).

La familia Araucariaceae, cuyas formas ancestrales conocieron gran distribución en el Triásico fue un elemento dominante en Gondwana, pero también cosmopolita (Philippe *et al.*, 2004). Otra familia de coníferas todavía hoy existente y que apareció en el Jurásico es la de las Taxodiaceae, de especial expansión en el Cretácico y en el Paleógeno. En la actualidad comprende pocos géneros, con formas sobre todo arbóreas, y menos a menudo arbustivas; en algunas especies las hojas pueden ser perennes, en otras son caducas.



La familia Cheirolepidaceae (extinta) se basa principalmente en la aparición de su polen y en sus hojas. Esta familia superficialmente similar a Cupressaceae, tuvo una importante abundancia en la flora de la Era Mesozoica (Axsmith *et al.*, 2004). La familia Frenelopsidaceae o "frenelopsids" ha sido utilizada para un grupo de Cheirolepidiaceae con tallos articulados, cutículas gruesas, entrenudos, revestimientos en las bases de las hojas y la reducción de puntas de las hojas libres.

El cerrado dosel de la vegetación durante el Jurásico Inferior y el Jurásico Medio estaría formada por coníferas, fundamental ciertas Cheirolepidaceae y Taxodiáceas, mezcladas con Ginkgoales que dominaría un sotobosque de Bennettitales, Cycadales y Pteridospermales. Por otra parte estos grupos podían formar parte también, de una vegetación abierta y poco saturada tipo matorral acompañadas por los helechos y esfenópsidas (Diéguez, 2003).

De acuerdo con Jeffrey en 1917, las gimnospermas del Paleozoico, de las que proceden las coníferas actuales, carecían de los típicos anillos de crecimiento, y las punteaduras estaban limitadas a las paredes radiales de las traqueidas longitudinales. Durante el Mesozoico se establecieron como caracteres definitivos las variaciones estacionales y las punteaduras areoladas se empezaron a situar sobre la cara tangencial de las traqueidas pertenecientes a la madera terminal del anillo, probablemente como resultado del enfriamiento de la tierra y la aparición de estaciones marcadas. Como consecuencia de esto, los árboles no pudieron crecer de forma continua, sumándose a este cambio la aparición del parénquima longitudinal.

Durante el Jurásico la aparición de este tipo de tejido se situó sobre una posición terminal dentro del anillo, segmentándose lo que hasta entonces se había convertido en traqueidas longitudinales. La yuxtaposición de tales células con el cambium permitió un fácil acceso al "almacén de comida".

Una vez que el parénquima se estableció como carácter permanente dentro de la anatomía de las gimnospermas, se incrementó su presencia y distribución como consecuencia de un lógico proceso evolutivo que terminó por una distribución metatraqueales. Esto no significa que los géneros de coníferas sin parénquima longitudinal o muy escaso se encuentren

menos evolucionadas, sino que en su proceso evolutivo no necesitaron desarrollar tan amplios tejidos de reserva (García Esteban *et al.*, 2003).

En la figura 1 se enlistan los grupos que pertenecen a las gimnospermas del Triásico y Jurásico. Las plantas terrestres eran vasculares con y sin semillas, las plantas que poseen sus semillas desnudas, ubicadas directamente sobre hojas o sobre ramas, sin encontrarse encerradas en un ovario son conocidas como gimnospermas, en este último grupo están las coníferas que siguieron diversificándose. También, aparecieron las cicadáceas, cuyo aspecto externo es como el de una palmera. Ambos grupos de plantas aún existen, pero no con tanta abundancia de especies.

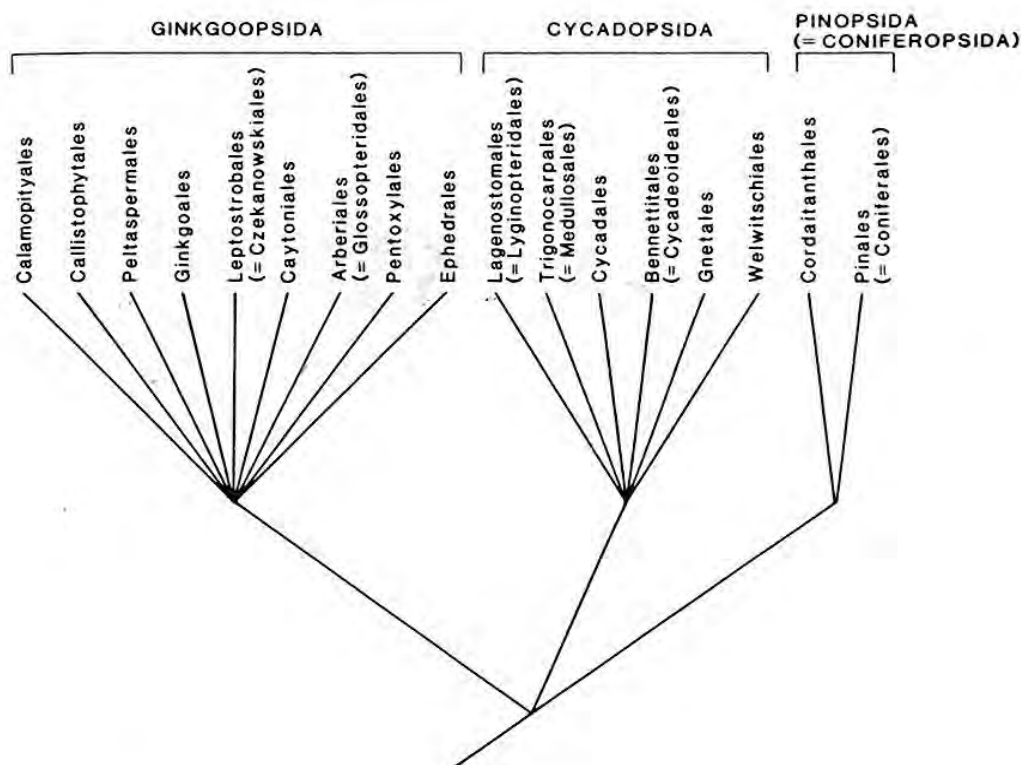


Fig. 1 Cladograma de la Clasificación de Gimnospermas según Meyen 1984 (tomado de Beck 1988).

## 4.2.- Estructura de la madera

La madera (del lat. *materia*), xilema (del griego lignificarse) o leño (del lat. *Lignum*) es la parte sólida de los árboles por debajo de la corteza. Es el conjunto de elementos lignificados. La madera es un tejido exclusivo de los vegetales leñosos, que como tales tienen diferenciados y especializados sus tejidos. Estos están formados por células que se pueden asemejar a tubos huecos, en el que la pared del tubo correspondería con la pared celular y el interior hueco con el lumen de la célula. De forma general se puede decir que la madera está formada principalmente por la unión de estas células; su tamaño, forma y distribución junto con otros elementos anatómicos, como los radios leñosos, la presencia de canales resiníferos, traqueidas, o de vasos en el grupo de las angiospermas, etc. son los que dan lugar o definen las diferentes especies de madera. Esta estructura tubular es la que confiere las propiedades que tiene la madera, que depende en gran medida de las propiedades de la pared (Wiessel, 2006).

Debido a la presencia de paredes celulares gruesas y lignificadas se puede conocer bosques petrificados que fueron sepultados hace millones de años, lo que permite estudiar las estrategias de conducción y protección de especies extintas, así como generar información sobre paleoclimas, paleoecología, construir modelos ecoanatómicos, hidráulicos, entre otros (<http://www.izt.uam.mx/cosmosecm/gimnospermas.html>).

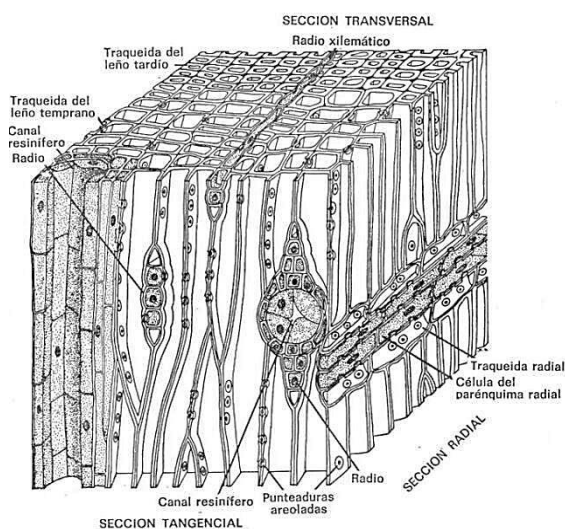


Fig. 2 Ubicación tridimensional de la estructura de la madera (tomado de [http://www. Tipos-de-Maderas -Parte-1.html](http://www.Tipos-de-Maderas -Parte-1.html), 2013).

Hoy en día el estudio individualizado del xilema, aporta los argumentos necesarios para enmarcar la planta en el escalón evolutivo que le corresponde.

Al hacer un estudio, y/o descripción, de los elementos celulares de la madera, éstos se deben observar desde tres planos distintos. Los planos, o secciones, son orientados con referencia al eje principal de la planta, y son llamados: transversal, tangencial y radial (Fig. 3).

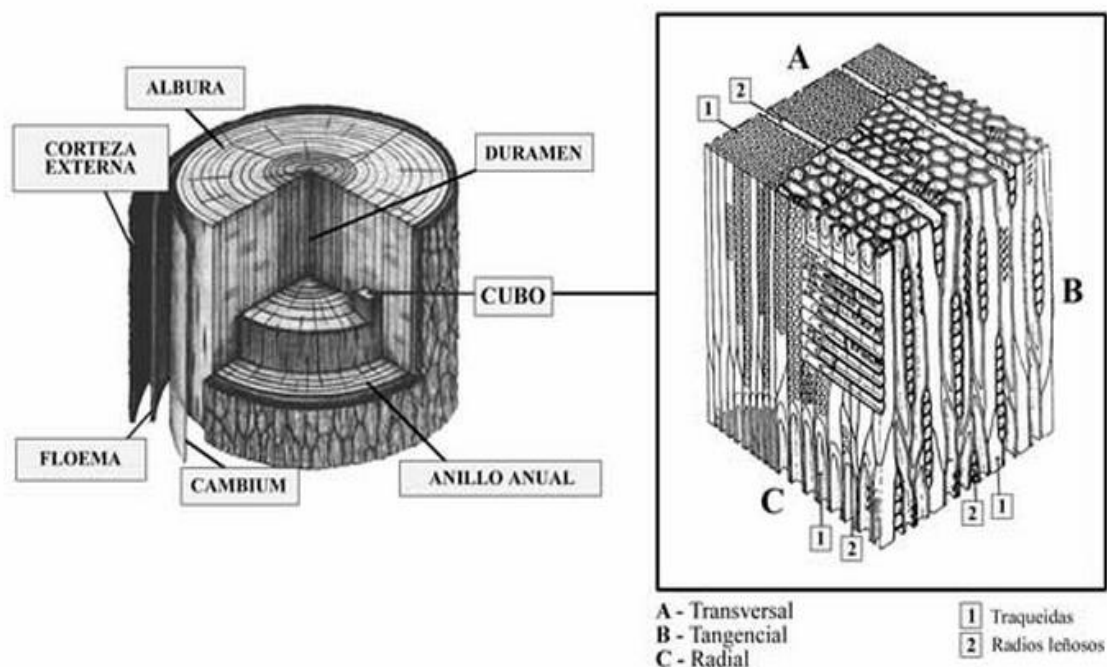


Fig. 3 Ubicación tridimensional de los diferentes planos, o secciones para el estudio de la madera (tomado de Castañeda Posadas, 2007).

#### 4.3.- Elementos anatómicos de la madera

Por su particularidad estructural, Coníferas y Angiospermas deben tener un tratamiento diferenciado.

Dado que es el tema central de la tesis, a continuación se habla específicamente de cada estructura de las Gimnospermas (coníferas).

En el leño de las coníferas se encuentran los siguientes elementos estructurales (Fig. 4):

- Traqueidas Axiales
- Parénquima Vertical o Axial
- Traqueidas Radiales
- Parénquima Transversal – Radios
- Células Epiteliales
- Canales Resiníferos
- Traqueidas en series Axiales

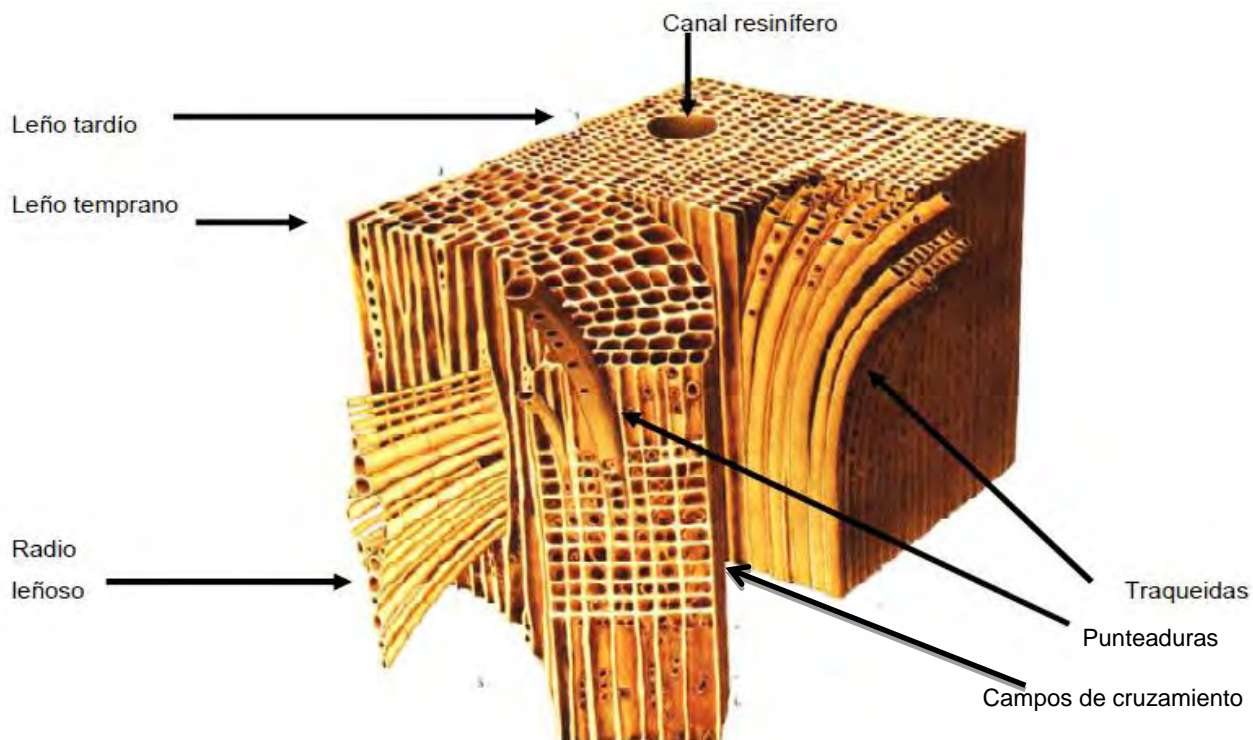


Fig. 4 Aspecto microscópico tridimensional de la madera de Coníferas (tomado y modificada de Giménez *et al.*, 2005).

➤ Traqueidas Axiales

Son células alargadas y estrechas, de extremos más o menos puntiagudos, que ocupan el 95% del volumen de madera. Estos elementos celulares tienen una longevidad muy corta una vez diferenciadas a partir de las células iniciales fusiformes del cambium; pierden su contenido celular, transformándose en tubos huecos de paredes lignificadas que desempeñan la función de conducción y sustentación del leño. Para que se produzca la circulación de sustancias en el leño, desde las raíces a las hojas, por las partes periféricas de la albura, las paredes de estas células presentan puntuaciones areoladas, a través de las cuales los líquidos pasan de una célula a otra.

El estudio de estas punteaduras y su disposición tiene gran valor en la identificación de maderas (Fig. 5). Pueden disponerse en una o más hileras axiales u organizadas en las siguientes formas:

- A. Uniseriados aislados o solitarios
- B. Multiseriados opuestas
- C. Multiseriadas alternas

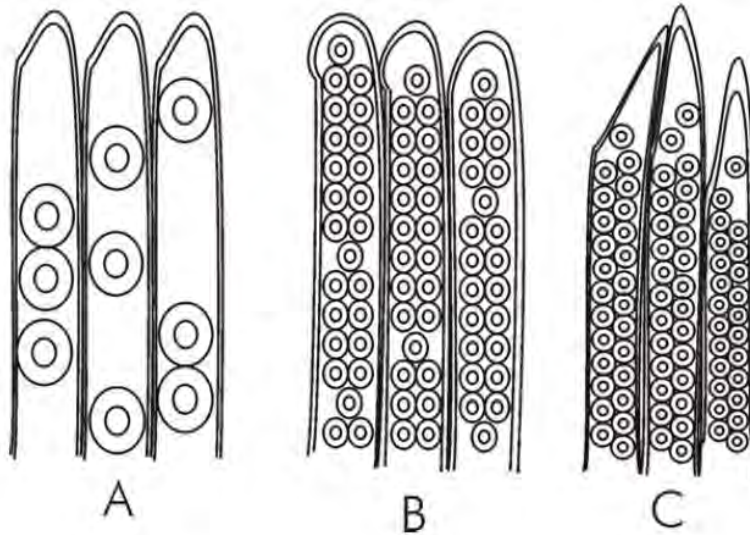


Fig. 5 Disposición de las puntuaciones areoladas: A: Uniseriadas, solitarias o aisladas; B: Opuestas; C: Alternas (tomado de Giménez *et al.*, 2005).

Como regla general, las puntuaciones areoladas se localizan en las paredes radiales de las traqueidas axiales y son ocasionales las tangenciales.

La morfología de las traqueidas correspondientes al inicio y final del período vegetativo es diferente:

1. Las traqueidas del leño temprano presentan paredes delgadas, lumen grande, muchas puntuaciones areoladas y vistas en sección transversal tienen forma poligonal.
2. Las traqueidas del leño tardío poseen paredes gruesas, lumen pequeño, pocas puntuaciones areoladas y tiene forma rectangular cuando son observadas transversalmente.

➤ **Parénquima Vertical o Axial**

Son células de forma rectangular y paredes normalmente delgadas, no lignificadas, más cortas que las traqueidas axiales. Su función es el almacenamiento de sustancias nutritivas en el leño. Este tipo de células no es común en las Coníferas, pero están presentes en géneros como *Podocarpus* y *Cupressus*.

Cuando están presentes pueden presentarse dispersos en el leño, parénquima axial difuso (*Podocarpus* sp.). Cuando forma fajas en los límites de los anillos de crecimiento se denomina parénquima axial marginal (*Tsugaheterophylla*), o asociadas a canales resiníferos como en *Pinus* sp. Como los demás elementos parenquimáticos, son longevas y tienen puntuaciones simples.

➤ **Traqueidas Radiales**

Tienen la misma naturaleza que las traqueidas axiales con diferente orientación. Presentan punteaduras areoladas en sus paredes, son de menor tamaño, de forma de paralelepípedo y se encuentran asociadas a los radios (radios heterogéneos).

Normalmente forman sus márgenes inferior y superior y más raramente su interior.

Su función es la conducción transversal de los nutrientes del leño y el sostén del vegetal. Frecuentemente sus paredes internas presentan espesamientos irregulares típicos (espesamientos dentados o indentaduras) de valor diagnóstico

➤ **Parénquima Radial (Radios)**

Son fajas de células parenquimáticas de largo variable que se extienden radialmente en el leño, en sentido perpendicular a las traqueidas axiales y cuya función es almacenar y conducir transversalmente sustancias nutritivas (Fig. 6).

Las células parenquimáticas se caracterizan por presentar paredes delgadas, no lignificadas y puntuaciones simples. Los radios de Coníferas pueden estar formados exclusivamente por células parenquimáticas: radios homogéneos, como en *Podocarpus*, *Araucaria*, o presentar traqueidas radiales, generalmente en sus márgenes: radios heterogéneos, como en *Pinus*, *Picea*. Son finos normalmente uniseriados, biseriados o triseriados, según el número de hileras de células que los formen.

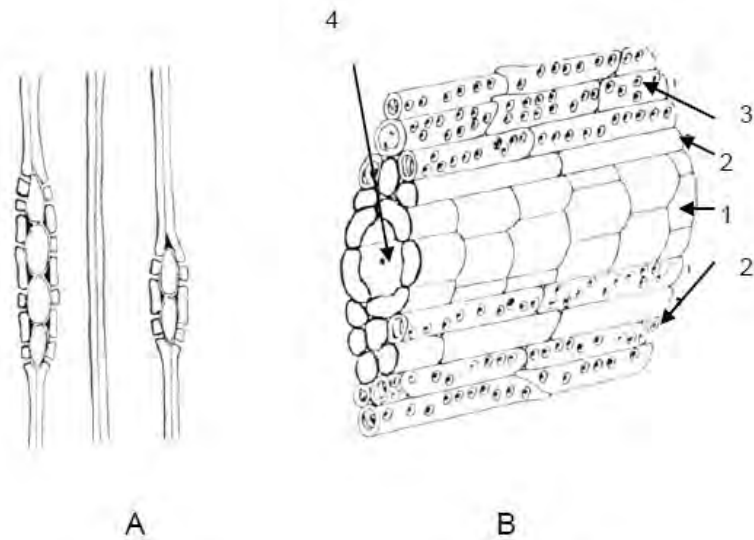


Fig. 6 Aspecto de los radios en Coníferas: A) Radios Uniseriados; B) 1- traqueidas de los radios, 2- células parenquimáticas, 3- células epiteliales, 4- canal resinífero (tomado de Giménez *et al.*, 2005).

Cuando incluyen un canal resinífero en su interior son más alargados, recibiendo el nombre especial de radios fusiformes.

➤ **Campos de cruzamiento**

Es de gran importancia en la identificación de las maderas los diferentes tipos de punteaduras que surgen en la zona de contacto entre las células parenquimáticas de los radios y las traqueidas axiales, llamadas campos de cruzamiento (Fig.7).



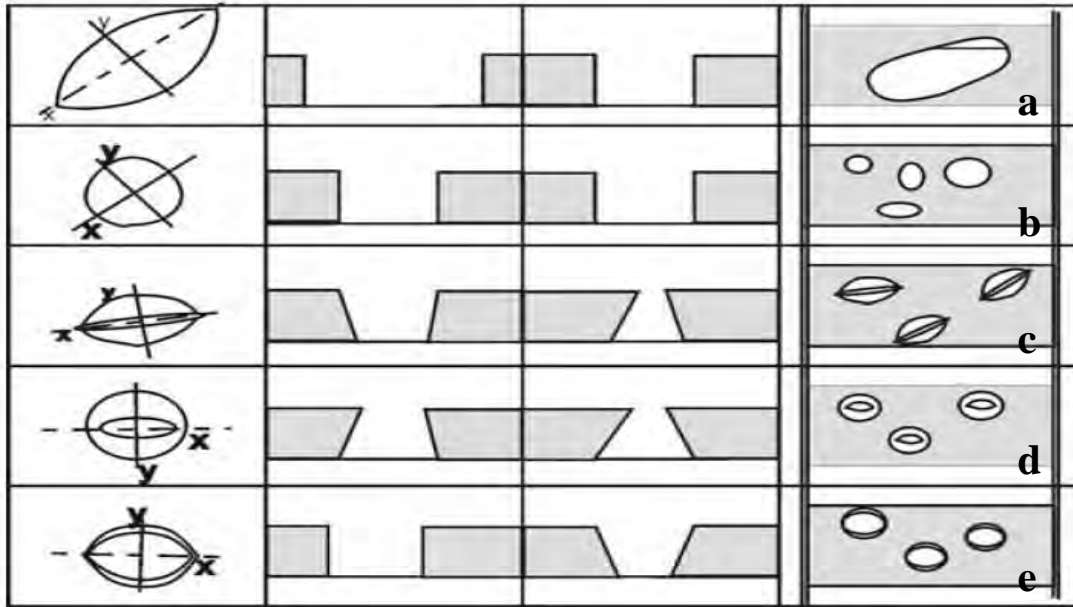


Fig. 7Punteaduras en los campos de cruzamiento en coníferas.  
a- fenestroides b- pinoides c-piceoide d- cupresoides e-taxodeoide (tomado y modificada de Giménez *et al.*, 2005).

➤ Células Epiteliales

Son células de parénquima axial especializadas para la producción de resinas, que circundan los canales resiníferos formando un epitelio. Morfológicamente se distinguen los elementos del parénquima axial normal por ser más cortas y hexagonales, con un núcleo grande y protoplasma denso.

Las células epiteliales pueden presentar paredes espesas y lignificadas como *Picea* sp., o paredes finas no lignificadas como *Pinus* sp., significando un detalle de valor diferencial.

➤ Canales Resiníferos

Los canales resiníferos son espacios intercelulares revestidos por células epiteliales (epitelios) que vierten resinas producto de su secreción. En el leño pueden ocupar una posición:

- Vertical: canales resiníferos longitudinales o axiales.
- Horizontal: hileras de canales resiníferos transversales u horizontales dentro de un radio (radio fusiforme). Constituyen un elemento importante en la

diferenciación de las maderas, pues en algunas están siempre presentes (*Pinus* sp., *Picea* sp.), y en otras están ausentes (*Sequoia* sp., *Araucaria* sp.).

➤ Traqueidas en Series Axiales

En algunas especies, ocasionalmente, se observan ciertas traqueidas más cortas y de extremidades rectas, muy semejantes en su forma a las células del parénquima axial, pero se las distingue por la presencia de puntuaciones areoladas y paredes relativamente espesas y lignificadas. Estas células son probablemente vestigios de evolución de los vegetales y tienen como función la conducción de líquidos y la sustentación del vegetal.

Aparecen en el leño principalmente asociadas a los canales resiníferos junto a las células del parénquima axial.

## 5.- ANTECEDENTES

La presencia de madera fósiles de coníferas en la República Mexicana ha sido señalada en varias ocasiones (Maldonado-Koerdell, 1950; Weber, 1972; Barrera- Escorcia, 1982; Cevallos-Ferriz, 1983). Sin embargo, han sido escasamente estudiadas y son pocas las localidades continentales con estos fósiles, debido a los procesos geológicos a que estuvo sujeto el territorio nacional invadido en gran parte por agua, durante el periodo Jurásico-Cretácico (199.6-65.5M.a.) (Silva-Pineda, 2000).

Weber (1980) menciona que Nathorst en 1899 describió algunas coníferas de Oaxaca como *Pseudofrenelopsis* y dos posibles especies de *Sequoia*. Florín (1963, 1966) realizó una serie de mapas de distribución de coníferas fósiles y modernas. En cuanto al área que hoy es México, Weber (1972) informó sobre el hallazgo ramas de *Pagiophyllum* y madera no identificable en la Formación La Casita, Serlin *et al.*, (1980) describieron en sedimentos de la Formación Olmos en Coahuila, *Aachenia knoblochi* y conos de *Kobalotrabusolmosesis*. Silva-Pineda (1978) publica una reseña de las floras jurásicas de México. En su listado de las especies registradas, hasta la fecha solo aparecen *Dadoxylon mexicanum* (Wieland), con el nombre genérico de *Araucarioxylon*, *Brachyphyllum* sp. y *Podozamites* como coníferas. Ferrusquia y Comas (1980) mencionaron coníferas en rocas de ambiente marino sin nombre del municipio de Huajuapán de León, Papalutla, Oaxaca.

Actualmente en México, las localidades con flora fósil continental, presentan baja presencia de coníferas. El primer registro de coníferas en México data del Pérmico (Leonardiano) de la región de Tlahuelompa-San Mateo, en los estados de Hidalgo y Veracruz (Ángeles-Favila, 2009).

El registro fósil de los géneros de coníferas del Mesozoico incluyen: *Brachyphyllum*, *Pagiophyllum*, *Cypariisidium*, *Geintzia*, *Elatocladus*, *Cupressinocladus*, *Pytyocladus* y *Podozamites* (Silva-Pineda, 2000).

El estudio de la flora de fósil de México, basado en el material macroscópico, constituye un campo relativamente restringido, ya que los afloramientos continentales con plantas bien conservados son relativamente escasos. No obstante, los hallazgos de madera fósil son abundantes pero en muchas ocasiones solo son reportadas, mas no estudiadas.

El estudio anatómico de las maderas de gimnospermas del Jurásico es aún escaso. Entre los fósiles vegetales el tipo más perfecto es la madera permineralizada y constituye uno de los testimonios principales de la vida vegetal existente en edades pretéritas.

El análisis de la distribución de las coníferas también proporciona una evidencia de las diferencias entre las flora del Hemisferio Norte con la del Hemisferio Sur, lo que indica que no prevalecieron condiciones completamente uniformes en todo el mundo durante el Jurásico. Wesley (1973) señala que la mayoría de los géneros de la familia Podocarpaceae, tanto en el Mesozoico como en la actualidad, está confinada al Hemisferio Sur, y que el carácter provincial de las floras del Jurásico está acentuado por la ausencia de las familias Taxodiaceae, Cupressaceae y Pinaceae en el Hemisferio Sur.

Velasco de León *et al.*, (2007) documentaron la presencia del género *Brachyphyllum* en la localidad de San José Ayuquila, del Jurásico de Oaxaca, a partir de revisiones bibliográficas y análisis morfológicos de este género. Posteriormente Ángeles-Favila (2009) estudia la anatomía de hojas de *Brachyphyllum* de otras localidades y propone la existencia de nuevas especies en las localidades de, Huauchinango en Puebla, Coquimatlan en Colima, y Cualac en Guerrero.

## 6.- ZONA DE ESTUDIO:

OAXACA:

La zona de estudio se encuentra ubicada en la localidad de Partideño perteneciente a la Formación Tecomazúchil, localizada en el municipio de Silacayoapan, en la región de la Mixteca, y con coordenadas 17° 47' 31.2" longitud Oeste, 98° 17' 37.7" latitud Norte a 1573 msnm. (Figura 8).

De las seis familias de coníferas vivientes cuatro de ellas tienen representantes nativos en el estado: Cupressaceae, Pinaceae, Podocarpaceae y Taxaceae. El clima que predomina es cálido o semicálido subhúmedo



Fig. 7 Imagen de la Zona de Estudio, Localidad Partideño Oaxaca. (tomado y modificado de <http://www.explorandomexico.com.mx/state/19/Oaxaca/> 2013)

## GEOLOGÍA

La Formación Tecomazúchil consiste en una secuencia clástica continental no rítmica, una alternancia de conglomerados arcósicos, conglomerados arenosos y areniscas líticas y

arcósicas, limonitas y lodolitas. Presenta una secuencia conglomerática, que cubre discordantemente al basamento metamórfico y que tiene un contacto transicional en la región de Santa Cruz-Texcalapa con la Formación Chimeca, de edad Oxfordiana, que la sobreyace (Ortega, 1978).

A la Formación Tecamazúchil se le ha asignado una edad Jurásica Media, ya que se correlaciona con el Grupo Tecocoyunca, aunque la parte inferior es correlativa probablemente con el Conglomerado Cualac. En la parte superior descansa la Caliza Chimeco del Oxfordiano, en contacto transicional (Silva-Pineda, 1978). La columna estratigráfica medida es de 180 metros, y se caracteriza por la presencia de:

- ❖ Sublitoarenita: La matriz es de minerales arcillosos, el cementante lo conforma óxido de hierro de allí que derive el color pardo característico.

La mayor parte de los fragmentos son restos de esquistos.

El cuarzo presente es de origen metamórfico y volcánico, los cristales son subredondeados y algunos angulosos, además de ser equilgranulares de tamaño medio, por lo que la roca presenta una clasificación moderada.

Algunas fracturas de la roca están rellenas de carbón lo que indica la presencia de materia orgánica.

- ❖ Arenita lítica: Los sedimentos que conforman a la roca están moderadamente maduros, puesto que presentan cristales subredondeados.

El cuarzo presente es de origen metamórfico y es subanguloso, mientras el cuarzo de origen volcánico es anguloso.

Se observan cristales en contacto lo que denota la presencia de cementante, mientras la matriz está constituida por arcillas.

La roca está bien consolidada.

Prevalecen los fragmentos de roca sobre los cristales de cuarzo y feldespatos.

- ❖ Arenítica lítica conglomerática: El tamaño de grano varía desde fino hasta mayores a 6mm, lo que denota el nombre de la roca, es una roca mal clasificada puesto que existe una gran variedad de tamaños de grano.

Los sedimentos están mal clasificados, se destaca la presencia de biotita.

El cuarzo presente es de origen volcánico y metamórfico.

Los cristales se observan de subangulosos a subredondeados.

La matriz es de grano muy fino, en este caso arcillas y el cementante se observa como óxido.

- ❖ Conglomerado arenoso o litarudita: La roca es de grano grueso inmerso en una matriz arenosa.

El cementante presenta poca oxidación.

Recibe el nombre de conglomerado arenoso puesto que es mayor la presencia de líticos de diámetro mayor a 2mm.

- ❖ Sublitoarenita: El tamaño de los líticos es de arena fina.

Se considera una roca bien clasificada dado que el tamaño de sus componentes es homogéneo.

El cementante está conformado por óxido de hierro.

La matriz está compuesta por arcillas, probablemente producto de la alteración de los feldespatos.

- ❖ Grauwaca lítica: La matriz está formada por arcillas secundarias mientras el cementante contiene abundante óxido de hierro.

Los feldespatos se encuentran alterados a seriscita.

Los fragmentos de roca son angulosos, lo que indica poco transporte.

La roca presenta una clasificación regular con líticos de tamaño de grano medio.

Subarcosa: Los minerales son subredondeados de tamaño de arena muy fina.

Presenta óxido de hierro en el cementante.

Los líticos se encuentran bien clasificados puesto que son de un tamaño homogéneo, hay minerales opacos y biotita. El cuarzo es metamórfico y presenta bordes subredondeados por lo que la madurez de los sedimentos es moderada.

En la Figura 9 se muestra la columna estratigráfica, y se sitúa la parte de paleoflora, reportada para la localidad en la Formación:



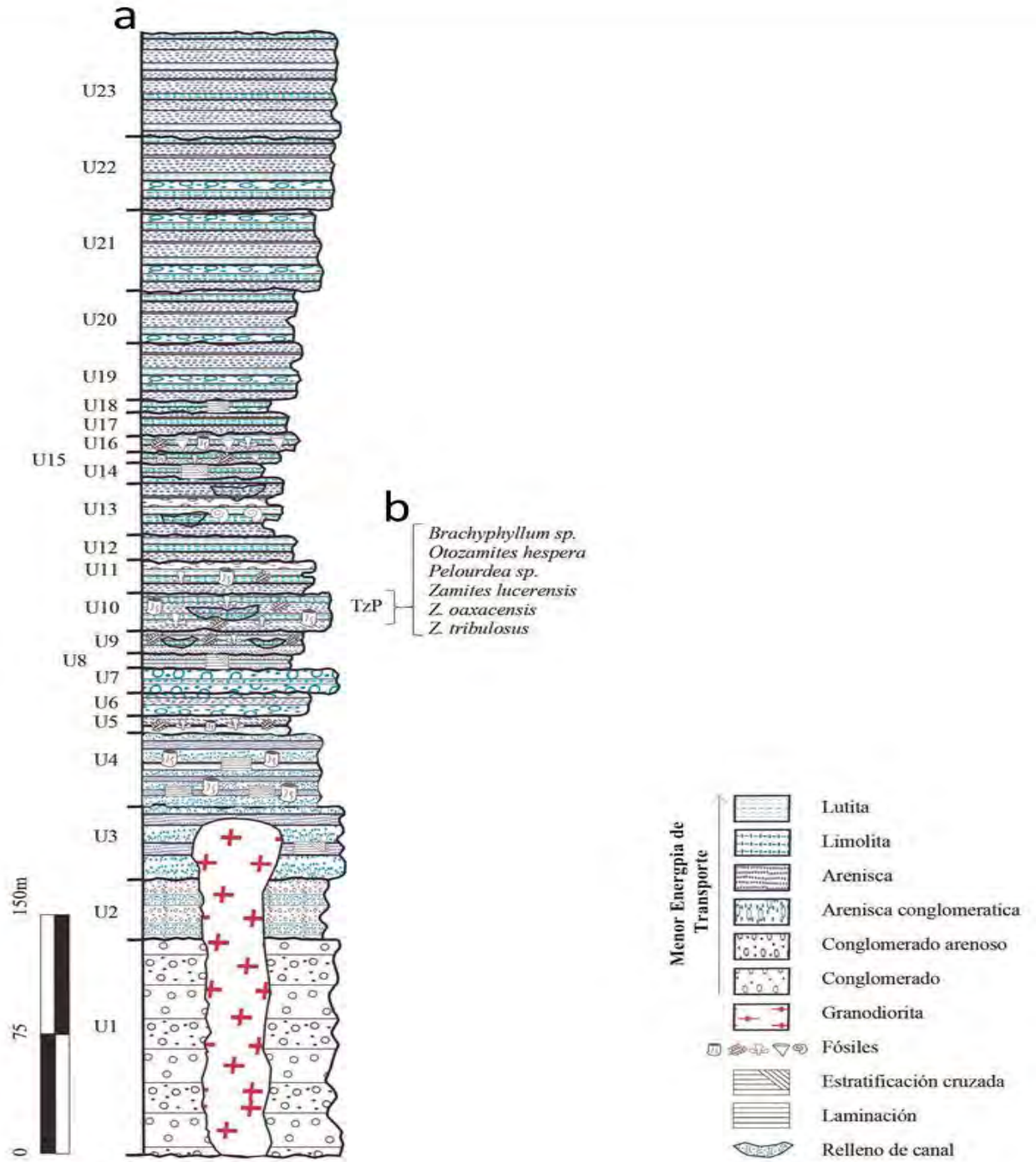


Fig. 9 Formación Tecmazúchil. a. Columna estratigráfica. b. Estratos donde se colectó el material estudiado. (tomada y modificada de Grimaldo Ávalos, 2008)

## 7.- MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una consulta en la carta geológica Castillo Nieto *et al.*, (1996) del estado de Oaxaca, para localizar afloramientos de edad Jurásica y delimitar la zona de estudio, las cartas geológicas consultadas tienen un escala de 1:500,000. Posteriormente se hizo una búsqueda bibliográfica de registro de paleoflora de gimnospermas como madera fósil, impresiones de corteza, conos, y hojas de coníferas, en los afloramientos pertenecientes al Jurásico para poder hacer una colecta de madera fósil (Ángeles Favila 2010, Escalera Ramírez 2010, Rojas Chávez 2010, Grimaldo Ávalos 2010).

Se llevaron a cabo cuatro salidas a la zona de estudio, se recolectaron seis ejemplares de maderas en la localidad de Partideño Oaxaca, localizada en el municipio de Silacayoapan, en las coordenadas 17° 47' 31.2'' longitud Oeste, 98° 17' 37.7'' latitud Norte a 1573msnm., cerca del poblado de Cieneguillas. También se recolectaron megafósiles como (ramas, conos, hojas). Los fósiles recolectados, fueron protegidos con hule espuma y colocados en contenedores, para evitar fracturas o daños, durante el traslado al laboratorio.

Se realizó un estudio paleo-xilológico de seis fragmentos de madera fósil del Jurásico Medio, así como un listado taxonómico de 152 spp de plantas, pertenecientes a la Formación Tecomazúchil, depositados en la Colección Paleontológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México CFZTzp 1-152.

Se seleccionó el material que fue más adecuado para hacer los tres diferentes tipos de cortes Petrográficos (Transversales Tr, Longitudinal Tangenciales Tg, Longitudinal Radiales R). Se tomaron medidas de los ejemplares con una cinta métrica, largo y ancho de los leños fosilizados, se tomaron fotografías de los ejemplares antes de realizarles los cortes petrográficos.

Para obtener la descripción de las maderas fósiles se llevó a cabo su estudio anatómico detallado. Realizando cortes petrográficos ubicando tridimensionalmente los tres planos, transversal, tangencial, y radial, se realizaron los cortes con una cortadora Industrial MK. 101 Pro. Posteriormente se desbastaron con abrasivos carborundum de diferente calibre No. 120 No. 180 No. 320 No. 400, en esta secuencia. Los porta objetos se biselaron del lado

donde se pegó el corte. Las muestras antes de colocarlas en el porta objetos se colocaron en una parrilla de calentamiento a secar; cuando el material se encontró seco, se preparó el adhesivo epóxico y se colocó una buena cantidad sobre el corte y sobre éste, el porta objeto. Las muestras se dejaron secar 72 horas. Después se desbastaron hasta obtener una lámina hasta que alcanzará un espesor de  $30\mu\text{m}$  para su posterior observación al microscopio.

La descripción de las maderas se realizó en la observación en un microscopio OLYMPUS E-330. en los diferentes objetivos 4x, 10x, 20x y 40x, se tomaron fotos con una cámara digital OLYMPUS E-620 de acuerdo a los caracteres observados, se describe la anatomía de cada madera. Para completar se muestran los promedios de los tipos y/o especies de los morfotipos como: presencias y ausencias de anillos de crecimiento así como de conductos resiníferos, forma de traqueidas, tipo de radios, se tomaron parámetros de tamaño, cantidad y forma de traqueidas, radios, punteaduras en los campos de cruzamiento en sus diferentes cortes petrográficos.

Las medidas de los distintos elementos anatómicos se hicieron con un promedio de 25 mediciones, (mínimo y máximo). Se siguió terminología de la lista de caracteres microscópicos de maderas blandas (I.A.W.A., 2004), además de la comparación de literatura, con madera de coníferas actuales y fósiles (García Esteban 2003, Ghotan 1904); amplia comparación con la literatura especializada en madera fósil reportada para el Jurásico.

Con los caracteres antes mencionados se elaboraron tablas correspondientes a las muestras para posteriormente hacer una base de datos para los caracteres estudiados y determinar los fósiles.

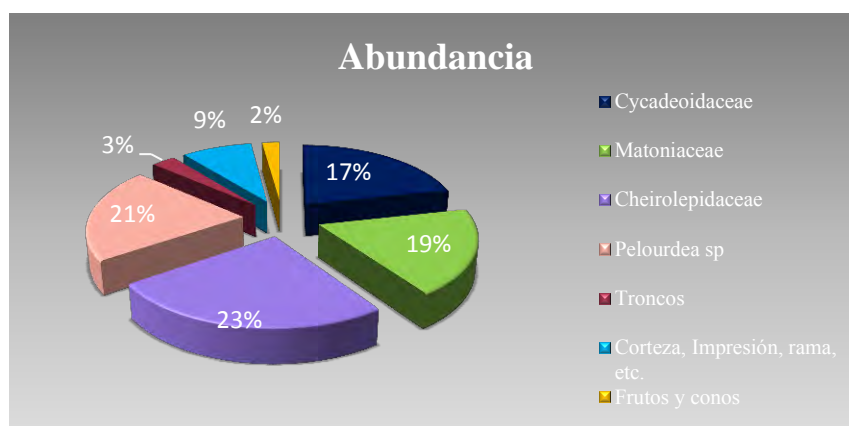
## 8.- RESULTADOS

Se realizó un listado de 152 fósiles, para ampliar el registro fósil de la Formación Tecamazúchil y realizar una comparación que indique congruencia, o similitudes que permitan asociarlas a un orden o familia botánica como se muestra en la Tabla 1; así como encontrar afinidad entre la madera, las hojas y clima

Familia	Género	Especie
Cycadeoidaceae	<i>Zamites</i>	<i>lucerencis</i>
Cycadeoidaceae	<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>
Cycadeoidaceae	<i>Zamites</i>	<i>Tribulosis</i>
Cycadeoidaceae	<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>
Matoniaceae	<i>Piazopteris</i>	sp
Cheirolepidaceae <sup>+</sup>	<i>Brachyphyllum</i>	sp
-----	<i>Pelourdea</i>	sp
-----	Frutos y conos	-----

Tabla 1 Lista de géneros presentes en la localidad de Partideño, Oaxaca.

La paleoflora descrita hasta el momento mostró que 23% está conformada por la familia Cheirolepidaceae (*Brachyphyllum* sp.) siendo la más abundante; 19% corresponde a Cycadeoidaceae (e.g., *Zamites lucerencis*, *Zamites oaxacensis*, *Zamites tribulosus*, *Otozamites hespera*) y finalmente, el 17% compuesta por la familia Matoniaceae (e.g., *Piazopteris* sp) (ver gráfica 1).



Grafica 1. Abundancias de familias presentes en la localidad.

## 8.1- Descripción de los morfotipos

### Morfotipo 1 (CFZTz, Partideño Fig. 8, a la 12)

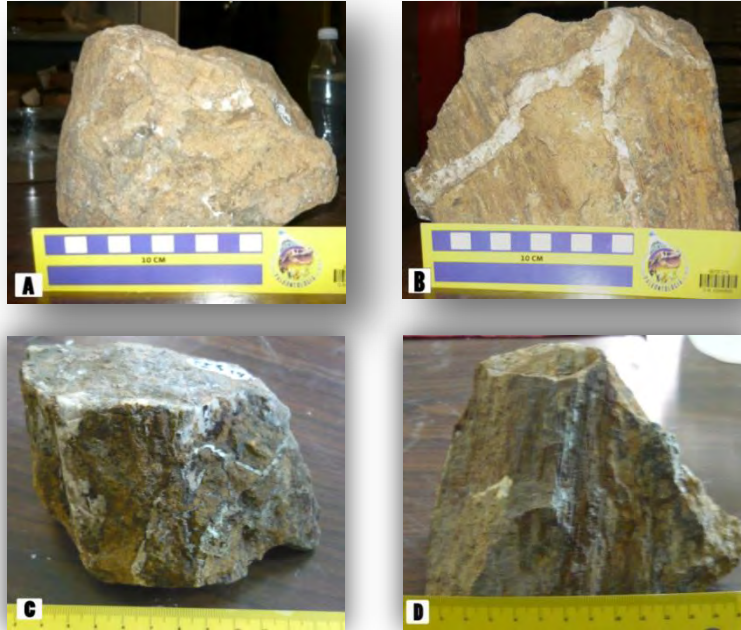


Fig. 9. CFZTz Muestra de tronco fosilizado de la localidad de Partideño, Formación Tecamazúchil A119, B118, C 99, D 98.

**Descripción.** La madera carece de anillos de crecimiento, no presenta canales resiníferos, ni engrosamientos helicoidales, parénquima axial ausente. En corte transversal (CTr), las traqueidas tienen forma rectangular, con un diámetro de 44 (rango 29 – 59)  $\mu\text{m}$ , la pared de las traqueidas tiene un espesor promedio de 20  $\mu\text{m}$  (Fig. 10 A, B, C). En corte longitudinal radial (CLR), se observan los campos de cruzamiento (Fig. 11 A) con punteaduras tipo araucarioide con un número de dos a seis punteaduras dispuestas en hileras (Fig. 11 B, C, D). Las punteaduras de las traqueidas son biseriadas alternas y rara vez uniseriadas, de forma circular con aberturas visibles, con un diámetro promedio de 17  $\mu\text{m}$  (Fig. 12 A, B). En corte longitudinal tangencial (CLTg), los radios son de tamaño mediano con cuatro a 26 células de alto, son homocelulares uniseriados, con un promedio de cinco a siete células con extremos elípticos y las ubicadas en el centro son circulares, miden 29  $\mu\text{m}$  (Fig. 13 A, B).

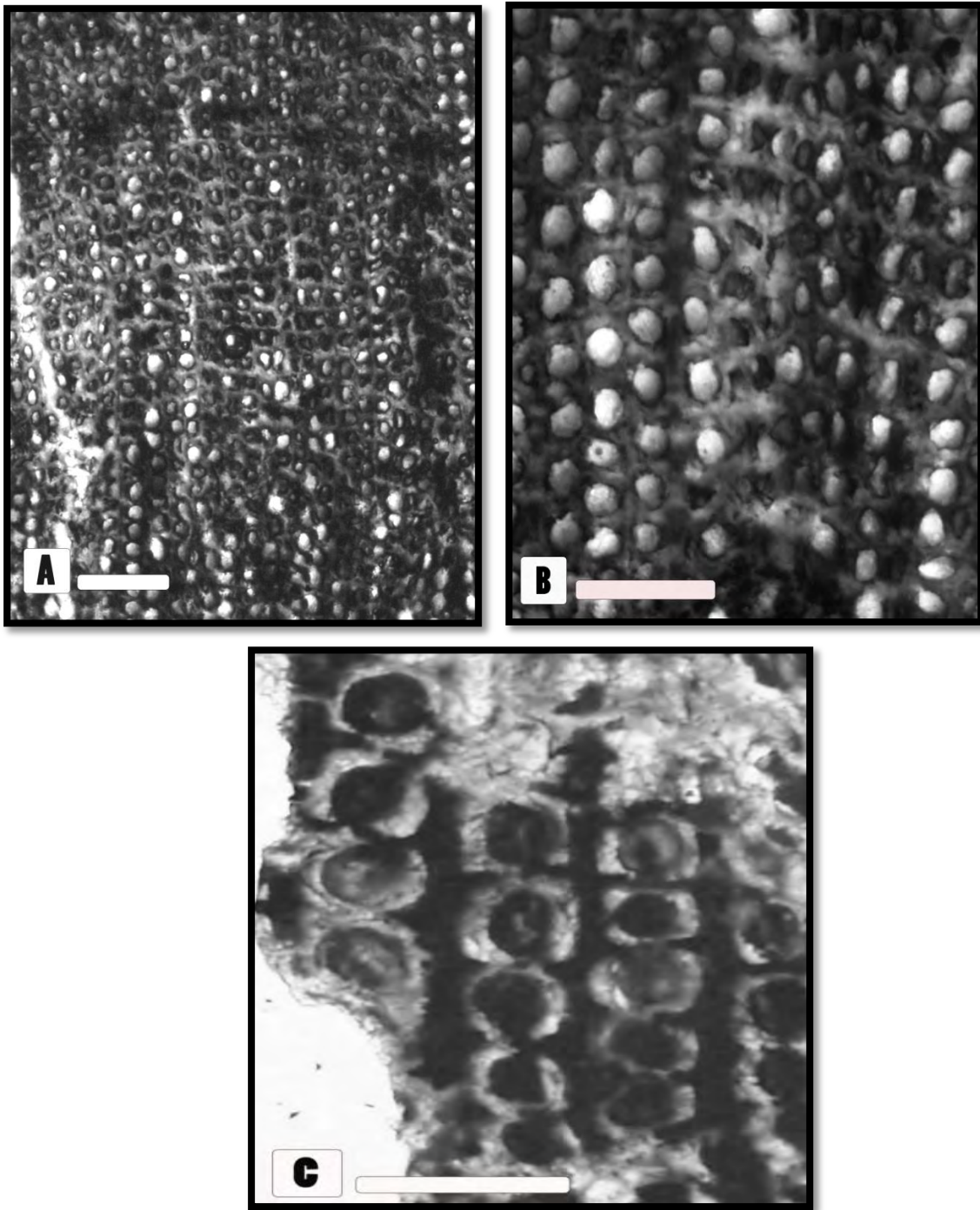


Fig. 10. CFZTz A. Corte transversal, mostrando forma de las traqueidas, carece de anillos de crecimiento .B. Disposición y espesor de las paredes de las traqueidas. C. Tamaño de las traqueidas, con lumen relleno de mineral. A, B. Escala = 100µm. C. Escala = 50 µm.

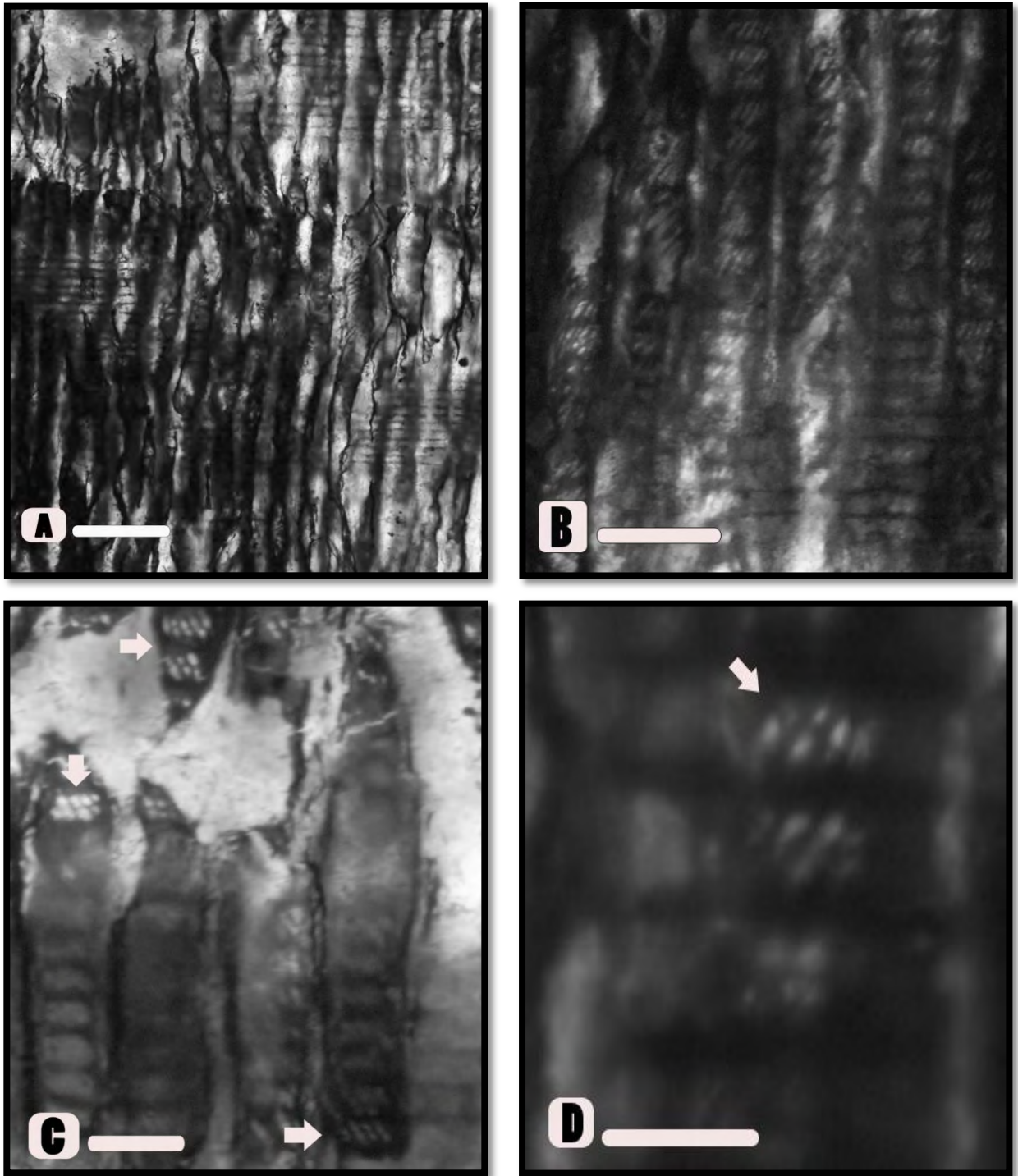


Fig. 11. CFZTz A. Corte longitudinal radial mostrando campos de cruzamiento. Escala = 100 $\mu$ c B,C. Mostrando distribución de las punteaduras de tipo araucaroides (en C las flechas). Escala = 50 $\mu$ m D. Presenta punteaduras (flechas). Escala = 100 $\mu$ m.

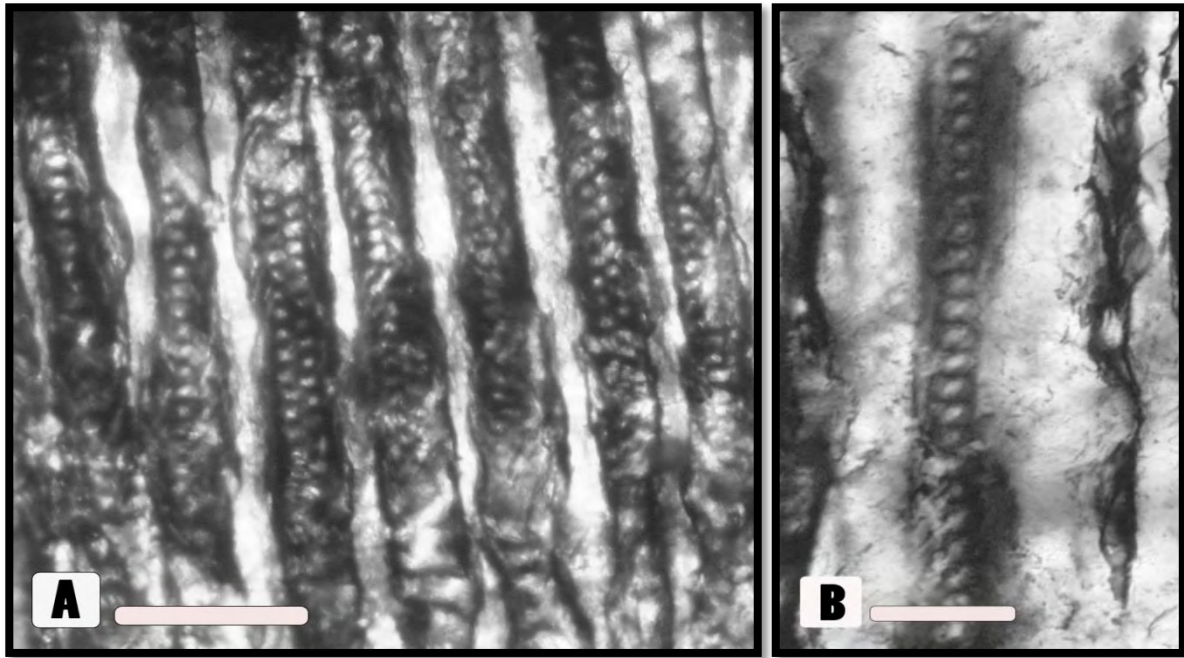


Fig. 12. CFZTZ A, B. Punteaduras de las traqueidas biseriadas parcialmente uniseriadas con apertura visible. A. Escala = 200µm B. Escala = 100µm.

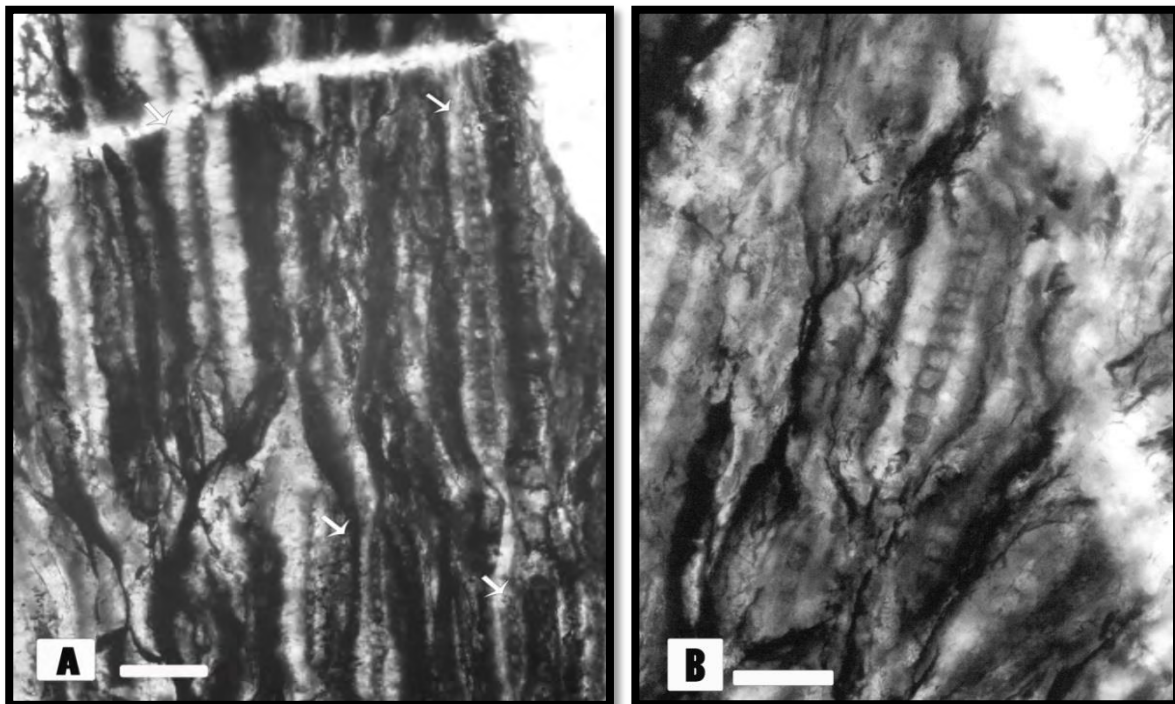


Fig. 13. CFZTz A. Corte longitudinal tangencial disposición de los radios uniseriados (flechas). Escala = 100 µm B. Radios homogéneos Escala = 50 µm.



**Afinidad**—El Morfotipo uno se relaciona con las araucariáceas. Se diferencia de los órdenes taxales, porque no presenta engrosamientos espiralados, de la familia Pinaceae, porque no posee canales resiníferos, y de la familia Chelepidaceae por no tener conductos resiníferos traumáticos.

El diámetro de las traqueidas del morfotipo uno sugiere que se trata de madera temprana, a pesar de que carece de anillos de crecimiento; esto puede ser un carácter evolutivo por que las araucariáceas en la actualidad no presentan anillos de crecimiento las traqueidas de leño temprano poseen paredes delgadas y lumen grande (Giménez *et al.*, 2005). Las traqueidas presentan un contorno de tipo rectangular, con presencia de paredes tangenciales y horizontales lisas; el parénquima axial es ausente o indistinguible y no presenta canales resiníferos. Los radios son uniseriados homogéneos de medios a altos, presenta punteaduras de tipo araucarioide, de una a seis punteaduras en los campos de cruzamiento, esta característica, es un carácter excluyente, lo cual permite asociarla con la familia Araucariaceae (Gnaedinger y Herbst, 2009).

De acuerdo a la comparación con los morfogéneros pertenecientes a la familia Araucariaceae *Agathoxylon protoaraucana* (Brea) del Jurásico Inferior (Gnaedinger y Herbst, 2009), *Araucarioxylon carbonaceum* Kraus (Gnaedinger 2006), *Agathoxylon amraparense* (Crisafulli y Herbst 2011) según los caracteres descritos en la tabla 2, el morfotipo uno presenta similitud con ellos, pero con *Araucarioxylon carbonaceum* presenta más afinidad por mayor número de caracteres que permiten asociarlo al morfotipo con esta familia.

En las traqueidas los morfogéneros comparativos mencionados en la tabla 2, presentan la misma forma, pero el morfotipo descrito en esta tesis no presenta anillos de crecimiento, mientras que los géneros *Agathoxylon* y *Araucarioxylon* si tuvieron anillos de crecimiento bien marcados, el número de traqueidas que presentaron por separación de cada radio, es muy similar entre ellos. Al tomar el rasgo anatómico de la forma y cantidad de punteaduras en los campos de cruzamiento se observó que son los mismos con el género *Agathoxylon lamaibandianus*.

Tabla 2. Caracteres presentes en el morfotipo uno, y tres especies fósiles de la familia Araucariaceae. *Agathoxylon protoaraucana*, *Araucarioxylon carbonaceun*, *Agathoxylon lamaibandianus*.

(Tabla modificada de Gnaedinger y Herbst, 2009).

Familia			Araucariaceae	Araucariaceae	Araucariaceae
Carácter / Género		Morfotipo 1	<i>Agathoxylon lamaibandianus</i>	<i>Araucarioxylon carbonaceun</i>	<i>Agathoxylon protoaraucana</i>
Anillos de crecimiento		Ausentes	Presentes	Presentes	Presentes
Traqueidas (Forma en CT)		Rectangulares	Rectangulares	Rectangular	Rectangulares y Cuadradas
Leño	Diámetro de traqueidas	44.35µm	67µm	30µm	38µm
	Medida de la pared celular	19.8µm	6 µm	-----	-----
	Nº de traqueidas que separan los radios	4 a 7	5	3 a 7	2 a 10
Radios (CT)		trayectos rectos	-----	-----	trayectos rectos y cortos
Radios (CLTg)	Seriación	Homogéneos, uniseriados	Homogéneos, uniseriados ocasionalmente biseriadas	Homocelulares, la mayoría uniseriados ocasionalmente biseriadas	Homogéneos, uniseriados
	Altura	4 a 26 células	3 a 8 células	2 a 14 células	2 a 19 células
Punteaduras de Radiales (Todos)	Forma	Circulares	Circulares	Circulares	Circulares
	Apertura	visible	-----	visible	visible
	Tamaño (Diámetro)	17 µm	-----	11 a 15 µm	15 µm
Campos de cruzamiento punteaduras (CLRd)	Disposición y forma	6 alternas, a veces alineadas o desordenas	3 (1-4)	De 1 hasta 8, en hileras o en grupo de corona	Hasta 8, dispuestas irregularmente, a veces alineadas en dos o tres hileras
	Tipo	Araucaroide	Cupresoide	Araucaroide	Araucaroide
Trabéculas		-----	-----	-----	-----
Parénquima Axial		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Escaso o nulo
Meatos celulares		-----	-----	-----	-----
Crásulas		-----	-----	-----	-----
Canales resiníferos		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Periodo		Jurásico Medio	Triásico	Jurásico Inferior	Jurásico Inferior

**Morfotipo 2 (CFZTz, Partideño Fig. 13, a la 17)**



Fig. 14. CFZTz 93. A. Muestra general del tronco fosilizado. B. Tronco en corte transversal de la Formación Tecomazúchil.

**Descripción.** Madera que carece de anillos de crecimiento (Fig.15, B); no presenta canales resiníferos, ni engrosamientos helicoidales y parénquima axial ausente. En corte trasversal (CTr), las traqueidas tienen contorno cuadrado a rectangular, el diámetro de las traqueidas es de 35 (29 - 49)  $\mu\text{m}$ , la pared de las traqueidas tiene un espesor promedio de 20  $\mu\text{m}$  (Fig.15, A, B). En corte longitudinal radial (CLR), los campos de cruzamiento tienen punteaduras tipo cupresoide o de ventana (Fig.18, C, B.). Las punteaduras de las traqueidas son biseriadas alternas con forma poligonal, abertura poco visible, con un promedio de 12  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig.17, A, B). En corte longitudinal tangencial (CLTg), los radios son medianos de una a 19 células, son homocelulares uniseriados y parcialmente biseriados, con un promedio de cinco células de alto los radios uniseriados, las células son circulares miden 19  $\mu\text{m}$ , en algunos radios las células son muy anchas 25 a 28  $\mu\text{m}$  (Fig.18, A, B).

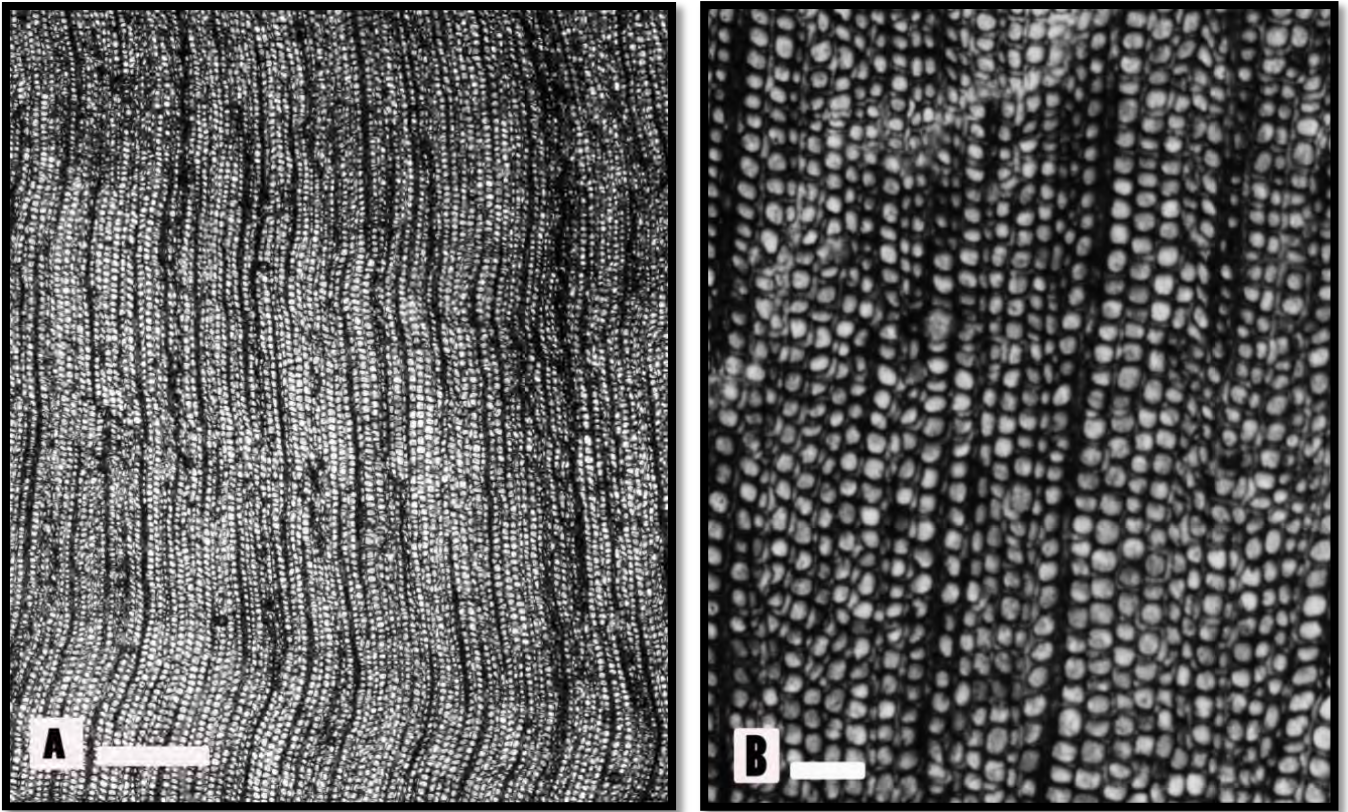


Fig. 15. CFZTz 93 A, B. Corte transversal, sin anillos de crecimiento, mostrando forma, disposición de las traqueidas.  
A. Escala = 200µm B. Escala = 100µm.

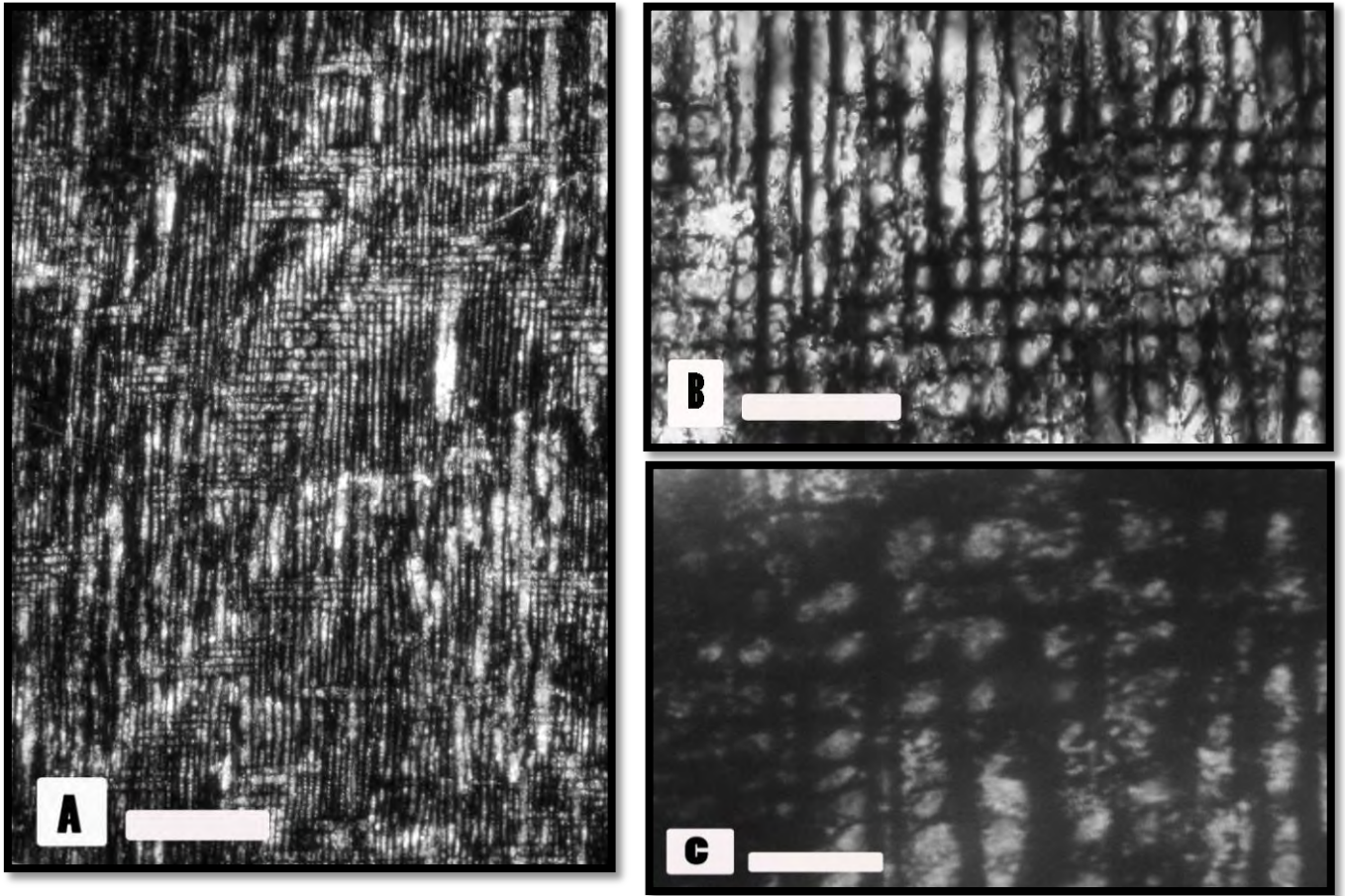


Fig. 16. CFZTz A. Corte longitudinal radial mostrando campos de cruzamiento. B, C. Distribución de las punteaduras de tipo cupresioide. Escala = 100  $\mu$ m.

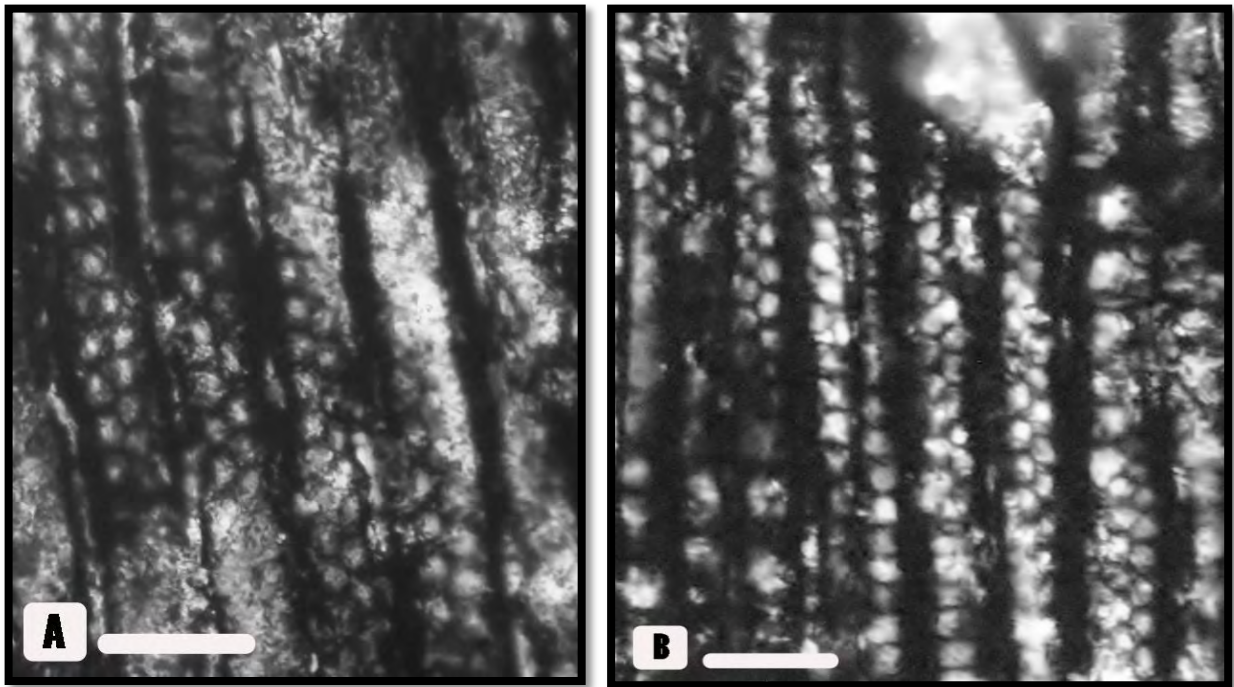


Fig. 17. CFZTz A, B. Corte longitudinal radial punteaduras de las traqueidas de tipo biseriadas poligonales. Escala = 100µm.

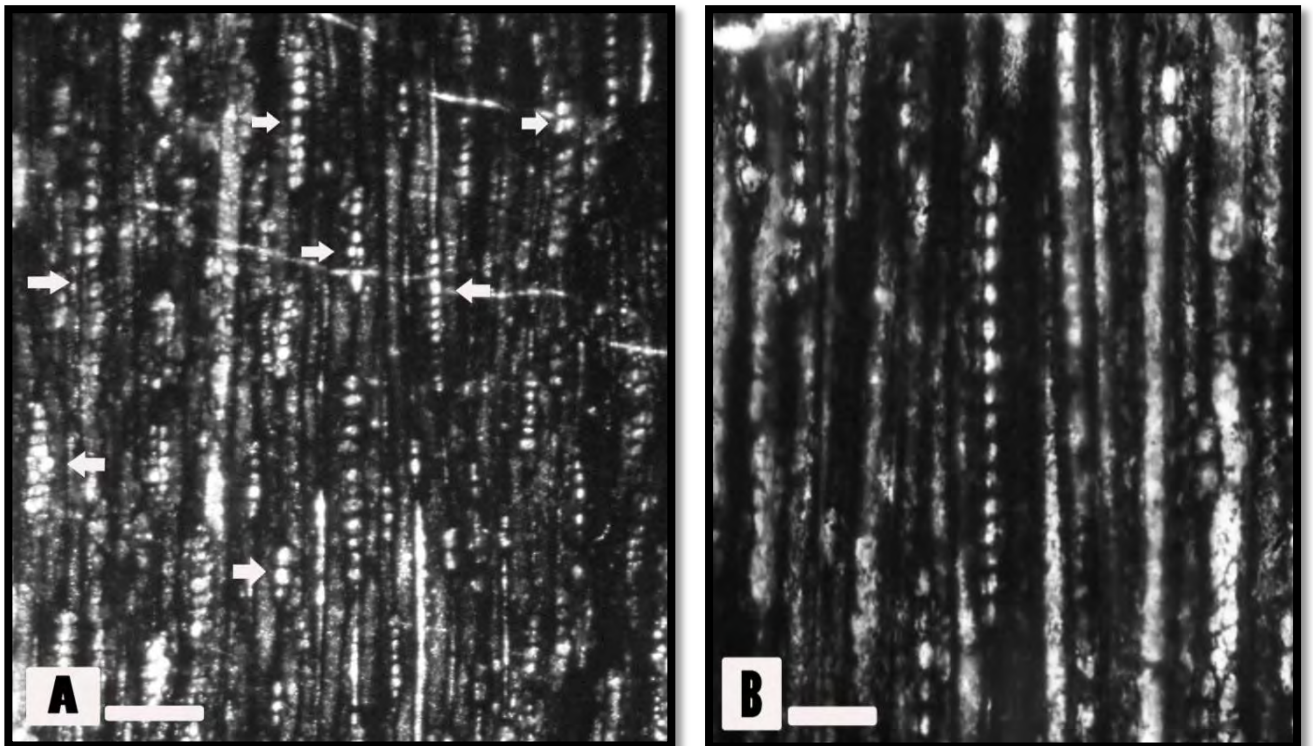


Fig. 18. CFZTz. A.B. Corte longitudinal tangencial disposición de los radios homogéneos y uniseriados parcialmente biseriados (flechas en A). Escala = 100µm.

**Afinidad** – En el Morfotipo dos, las traqueidas son de un contorno cuadrangular a rectangular, el diámetro de las traqueidas de (35  $\mu\text{m}$ ), así como la disposición compacta de las células, y la ausencia de anillos de crecimiento; carece de meatos celulares, las paredes son básicamente lisas y delgadas. En corte radial, las punteaduras en el campo de cruzamiento son de una a cuatro punteaduras de tipo cupresoides de ventana; estos caracteres sugieren en primer lugar, afinidad con Cupresaceae, aunque este tipo de punteaduras en los campos de cruzamiento también puede ser ocasionalmente encontrado en las Podocarpaceae y Taxales (Greguss, 1955)

Debido al mosaico de caracteres que presentó el morfotipo dos, se realizó un extenso trabajo comparativo con diversos morfogéneros y géneros actuales. Por ejemplo, en cuanto a la forma y disposición de traqueidas, el tipo de radios, así como las punteaduras en los campos de cruzamiento se comparó con *Podocarpoxyton nindicum*, *Phyllocladoxylon* Gothan, *Podocarpoxyton* Gothan compartiendo los mismos caracteres, siendo las punteaduras de campo de cruzamiento lo que permite asociarlos con estos morfogéneros pertenecientes a Podocarpaceae. La distinción de especies en *Podocarpoxyton*, se han basado en gran medida por el tipo y número de punteaduras de campos de cruzamiento, las cuales se caracterizan por ser punteaduras de tipo podocarpoides (Gothan, 1904), sin embargo, Philippe y Bamford (2001) y Crisafulli y Herbst (2010) señalan que los campos de cruzamiento en *Podocarpoxyton* no son podocarpoides sino cupresoides. También comparte caracteres con el género *Phyllocladoxylon* Gothan por la forma de las traqueidas, punteaduras de las traqueidas radiales, tamaño y forma de los radios (Torres *et. al.*, 1994; ver tabla 3); donde los caracteres con estos géneros pertenecientes a esta familia son muy similares, el único carácter que difiere son las punteaduras poligonales, donde no se encuentran presentes en los demás géneros comparativos hasta el momento, pero de acuerdo a los caracteres mencionados anteriormente y la forma de las punteaduras que es un carácter excluyente, presenta mayor similitud anatómica con la familia Podocarpaceae

Se descarta que el morfotipo tenga afinidad con el orden Taxales, por la ausencia de bandas de engrosamiento espiralados, en las paredes de las traqueidas. En el caso de las demás familias como Pinaceae y Cheirolepidaceae, éstas dos presentan canales resiníferos, carácter no presentes en el fósil; con la familia Araucariaceae se descarta alguna afinidad,

2013

debido a que esta familia presenta punteaduras de tipo araucaroides, así como los radios de tipo homogéneos uniseriados y muy largos, por lo que no permite compararla con esta familia, el único carácter que comparte similitud es las punteaduras de las traqueidas que son poligonales, pero éste no es un carácter excluyente.



Tabla 3. Caracteres presentes en el morfotipo dos, y tres géneros de la familia Podocarpaceae. *Podocarpoxyton nindicum*, *Phyllocladoxyton* Gothan, *Podocarpoxyton* Gothan.

(Tabla modificada de Gnaedinger y Herbst, 2009).

Familia			Podocarpaceae	Podocarpaceae	Podocarpaceae
Carácter / Género		Morfotipo 2	<i>Podocarpoxyton indicum</i>	<i>Podocarpoxyton</i> Gothan	<i>Phyllocladoxyton</i> Gothan
Anillos de crecimiento		Ausentes	Presentes	Presentes	Presentas
Traqueidas (Forma en CT)		Cuadradas	Cuadrangular	Rectangulares	Rectangulares
Leño	Diámetro de traqueidas	35.24µm	57µm	55µm	37µm
	Medida de la pared celular	19.8µm	-----	5 µm	3 a 8µm
	Nº de traqueidas que separan los radios	3 a 8	3 a 11	1 a 8	-----
Radios (CT)		trayectos rectos	-----	-----	-----
Radios (CLTg)	Seriación	Homogéneos uniseriados, parcialmente biseriados	Homogéneos uniseriados, parcialmente biseriados	Uniseriadas y típicamente bisereados	Homogéneos, uniseriados
	Altura	1 a 12 células	2 a 10 células	2 a 56 células	2 a 17 células
Punteaduras de Radiales (Todos)	Forma-Disposición	Poligonales	Circular , biseriadas alternas	areoladas circulares, en hileras simples	Puntuaciones mixtas areoladas Uniseriadas y biseriadas
	Apertura	poco visible	-----	-----	-----
	Tamaño (Diámetro)	12µm	-----	13 y 26µm	16 y 22µm
Campos de cruzamiento punteaduras (CLRd)	Disposición y forma	Una en el orificio	2-3 oculiporos	Ocasionalmente hay dos	de una a dos a veces elíptica
	Tipo	Cupresioide	Cupresioide	Cupresioide y Podocarpoide	en ventana
Trabéculas		Ausentes	-----	-----	-----
Parénquima Axial		Ausentes	Ausentes	Presente	Ausentes
Meatos celulares		Ausentes	-----	-----	-----
Crásulas		Ausentes	-----	Presentes parcialmente	-----
Canales resiníferos		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Periodo		Jurásico Medio	Triásico	Cretácico	Paleógeno

## 9.- ANÁLISIS GENERAL

Los nuevos morfotipos de coníferas pertenecientes al Jurásico de Oaxaca, amplía el listado taxonómico de Laurasia para México. El registro de estos nuevos taxones, permite comparar la semejanza de la paleoflora del Jurásico entre Laurasia con Gondwana.

Realizando una descripción taxonómica no hay una correspondencia directa entre las maderas y hojas en el área de estudio, a pesar de que hay un gran reporte de hojas de coníferas que corresponden a *Brachyphyllum* sp. La falta de correspondencia entre la madera y la hoja de registro podría reflejar mal estado de conservación o de ser otro ejemplo de las diferencias entre las familias en las que los órganos tienen más probabilidades de ser preservado (Estrada-Ruiz *et al.*, 2012).

La madera estudiada al ser escasa, no permite estudio cuantitativo, presentan procesos de recristalización que impiden observar su anatomía con precisión. Pero esto no limita para poder determinarlas e identificarlas.

Las maderas no presentan anillos de crecimiento, esto puede ser, porque en primera las maderas afines a Araucariaceae, no todas desarrollan anillos de crecimiento, no demasiado marcados debidos principalmente a su hábito (Falcon Lang 2000). Si bien la mayoría de las gimnospermas del Jurásico Inferior reportadas (Gnaedinger y Herbst, 2009) presentan estas estructuras, la explicación probable a la ausencia de anillos de crecimiento se debe a su estado de desarrollo, al clima en el que se dio este. Estudios fisonómicos de hojas del Jurásico Medio de Oaxaca, proponen la existencia de climas cálidos-secos (Ortiz *et al.*, 2012) que limitarían el crecimiento de los árboles.

La estrecha asociación de Araucariaceae con Podocarpaceae sería otro criterio confirmatorio de las condiciones climáticas favorables, esto es, un clima cálido y seco, como lo dice el postulado por Agashe y Prasad (1989).

La identificación de maderas fósiles afines a Araucariaceae y Podocarpaceae, a nivel de especie es difícil debido a la gran cantidad de especies similares. Por otra parte, debido a los problemas nomenclaturales.

Realizando una comparación, como se muestra en la tabla dos, donde se hace una comparación del morfotipo uno, con morfoespecies afines a la familia Araucariaceae, el morfotipo en estudio presenta caracteres que son: parénquima axial ausente, forma de las traqueidas rectangulares, radios homogéneos uniseriados, punteaduras en las traqueidas de forma circular con apertura visible, y las punteaduras en los campos de cruzamiento que son de tipo araucaroide, permite asignarlo sin ninguna duda a la familia Araucariaceae.

En el caso del morfotipo dos, se comparó con las morfoespecies con más caracteres afines y que pertenecieran a la familia Podocarpaceae, los caracteres que nos permitió asignarlo a esta familia fueron: las paredes de las traqueidas delgada, forma de las traqueidas rectangulares, radios homogéneos uniseriados parcialmente biseriados, punteaduras en las traqueidas de forma pentagonales, y las punteaduras en los campos de cruzamiento que son de tipo ventana, permite asignarlo sin ninguna duda a la familia Podocarpaceae.

Las maderas de Araucariaceae son abundantes en el registro fósil del Jurásico y Cretácico (Philippe *et al.*, 2004), y habría constituido bosques monoespecíficos, lo que esto afirma la presencia de estas familias en México. Reportes recientes por Jiménez (2004) habla de la presencia de palinomorfos fósiles pertenecientes a la familia Podocarpaceae para el estado de Oaxaca.

En la actualidad las dos familias reportadas para el Jurásico en este trabajo, existen en la actualidad, en México, se encuentran las familias representadas por Cupressaceae, Pinaceae, Podocarpaceae y Taxaceae, en el caso de la familia Araucariaceae, se encuentra en Sudamérica, y las condiciones climáticas en las que se encuentran son diferentes a las pasadas, al igual que caracteres.

## **10.- CONCLUSIONES**

El proceso de fosilización es deficiente para la preservación del material de estudio, pero esto no limita que se pueda determinar e identificar la madera fósil.

Los estudios xilotómicos comparativos con especies actuales y fósiles, permitieron identificar dos nuevos morfotipos de madera, pertenecientes al Jurásico, su anatomía característica permite asignar al primer morfotipo con la familia Araucariaceae, y al segundo morfotipo con la familia Podocarpaceae.

Se incrementó la diversidad de la paleoflora para la Formación Tecomazúchil

Se registró por primera vez la presencia de las familias de Podocarpaceae y Auracariaceae para el Jurásico Medio de Laurasia.

Las traqueidas de madera temprana, la ausencia de anillos de crecimiento de los morfotipos, la asociación de las familias Araucariaceae y Podocarpaceae y el tamaño de las hojas de Bennetiales, sugiere que para el Jurásico Medio de la zona de estudio prevalecía un clima cálido-seco.

Existe afinidad del Terreno Mixteco con la flora de Gondwana.

## 11.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- ❖ Agashe, S. y Prasad, K. 1989. Studies in fossil gymnospermous woods, part 7: Six new species of Lower Gondwana (permian) gymnospermous wood from Chandrapur district, Maharashtra state, India Paleontographica Abteilung. B 138: 71-102.
- ❖ Ángeles Favila R., 2009. El género *Brachyphyllum*, en el Mesozoico de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Autónoma de México. México, D.F 5pp
- ❖ Archangelsky, S., 1970. Fundamentos de paleobotánica: La Plata, Argentina, Fac. Cienc. Nat. Y Mus., Ser. Téc. Didáctica 10, 347 22pp.
- ❖ Bamford, M. K. y Philippe, M. 2001. Gondwanan Jurassic-Early Cretaceous homoxyloous woods: a nomenclatural revision of the genera with taxonomical notes. Review of Palaeobotany and Palynology 113(2001)287-297.
- ❖ Barrera Escorcía G., 1982. Localidades paleobotánicas en tres provincias geológicas del noreste de México, Tesis profesional, Fac. Ciencias UNAM, México. 105p.
- ❖ Beck C. B., 1988. Origin and Evolution of Gymnosperms, New York, Columbia University Press.
- ❖ Castañeda-Posadas C., 2007. Modelo paleoclimático basado en los caracteres anatómicos de la madera de las rocas Miocenos de las regiones de Panotla, Tlaxcala y Chajul, Chiapas. Tesis de Maestría en ciencias biológicas. Inst. de Geología, UNAM. 1-3pp.

❖ Castillo Nieto F., Rodríguez Luna E., 1996. Monografía Geológico-Minera del estado de Oaxaca. Secretaria de Comercio y fomento industrial. Cordinación general de Minería. México D.F.

❖ Cevallos-Ferris, S. R. S., 1983. Descripción de una madera de angiospermas cretácico de Cananea, Son., Méx., los xilitos en el estudio de las angiospermopsida. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 54:97-112.

❖ Cevallos-Ferris, S. R. S., 1992. Tres maderas de gimnospermas Cretácicas del Norte de México. Revista Inst. Biol. Univ. Nac. México 63(2).

❖ Cevallos-Ferris, S. R. S. y R. Weber., 1990. Una madera fósil en el Cretácico Superior en Coahuila, México. Revista Inst. Geol. Univ. Nac. México 9(2): (en prensa).

❖ Crisafulli A. y Herbst, R., 2011. La flora Triásica del grupo el tranquilino, provincia de santa cruz (Patagonia): Leños fósiles. Ameghiniana. Tomo 48 (3): 275 – 288.

- Facultad de Estudios Superiores Zaragoza -

❖ Crisafulli A. y Herbst, R., 2010. Leños, gimnospérmicos de la Formación llantenes (Triásico Superior), Provincia de Mendoza, Argentina. Journal of Geoscience. 6(1): 14– 20.

❖ Cultura Científica y Tecnológica 2008. Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez, CULCyT, Cd. Juárez, Chihuahua. México.

❖ Delevoryas, T., 1963. Investigations of North American cycadeoids: Cones of Cycadeoidea. American Journal of Botany 50:45-52.

- ❖ Delevoryas, T. and R. C. Hope., 1973. Fertile coniferophyte remains from the late Triassic Deep river Basin, North Carolina. Amer. J. Bot. 60:810-818.
  
- ❖ Diéguez, Carmen., 2003. Flora y vegetación durante el Jurásico y el Cretácico. Monograf. Jard. Bot. Córdoba 11:53-62.
  
- ❖ Enciclopedia de las Ciencias y la Tecnología en México. Gimnospermas. EMC-COSMOS. UAM CONACYT ICYTDF. 13 de Octubre de 2009 <<http://www.izt.uam.mx/cosmosecm/GIMNOSPERMAS.html>>(Consulta: 17 de Enero de 2011).
  
- ❖ Estrada-Ruiz E., Parrot M. Joan., Upchurch G. R. Jr., Wheeler A. Elisabeth., Thompson Dori L., Mack H. Mack. And Murray M. Mindy., 2012. The wood flora from the upper cretaceous crevasse Canyon and mcrae formations, south-central New Mexico, USA: a progress report. New México Geological Society Guidebook, 63<sup>rd</sup> Field Conference, Warm Springs Region, p 503-518.
  
- ❖ Falcon Lang, H. 2000. The relationship between leaf longevity and growth ring markedness in modern conifer woods and its implications for paleoclimatic studies. Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 160: 317-328.
  
- ❖ Ferrusquía-V. I., y Comas, O., 1980. Reptiles marinos Mesozoicos en el sureste de México y su significado geológico-paleontológico: México, D.F., Soc. Geol. Mexicana, Convención Geol. Nal., 5, Resúmenes, p.104.
  
- ❖ Florin, Rudolf, 1963. The distribution of conifer and taxad genera in time and space: Acta Horti Bergiani, v. 20, 122-312pp.

❖ Florin, Rudolf, 1966. The distribution of conifer and taxad genera in time and space: Acta Horti Bergiani, v. 20, p.319-325.

❖ García Esteban Luis, A. Guindeo Casasús, C. Peraza Oramas, P. de Palacios de Palacios, 2003. La madera y su Anatomía: Anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de Especies y Pared Celular. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa, Fundación Conde del Valle de Salazar.

*desde 1983*

❖ Giménez A. M., Moglia J. G., Hernández Patricia, Gerez Roxana. 2005. Anatomía de Madera. 2da Edición. Universidad Nacional de Santiago del Estero Facultad de Ciencias Forestales Cátedra de Dendrología.

❖ Gnaedinger, S., 2006. Maderas de la Formación Piedra Pintada (Jurásico Temprano), provincia de Neuquén, Argentina. Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., n.s. 8(2): 171-177.

- Facultad de Estudios Superiores Zaragoza -

❖ Gnaedinger, S., y Herbst, R. 2009. Primer registro de maderas gimnospermas de la Formación Roca Blanca (Jurásico Inferior), provincia de Santa Cruz, Argentina. Ameghiana 46 (1): 56-71.

❖ Gothan, W. 1905. Zur anatomic lebender und fossiler Gymnospermen-Hölzer. Abhandl. Preuss. Geol. Landasanst. 44, 1-108 pp.

❖ Greguss, P. 1955. Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy. Akadémiai Kiadó Budapest. Hungria. 75-76 pp.



❖ Grimaldo, A. J. 2010. Análisis estratigráfico de las secuencias Jurásicas de la región de Ayuquila-Santiago Chilixtlahuaca, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 98 pp.

❖ Herbst R., Brea M., Crisafulli A., Gnaedinger S., Lutz I. A., Martínez C.A.L. 2007. La Paleoecología en la Argentina. Historia y desarrollo. Asociación Paleontológica Argentina. Ameghiniana 50° aniversario: 57-71.

❖ Hughes, N. F., 1973, Mesozoic and Tertiary distributions and problems of land-plant evolution: in Hughes, N. F., ed., *Organisms and continents through time*. The Paleont. Assoc., Londres, Spec. Pap. Paleontology 12, 190 pp.

❖ IAWA Committee. 2004, List of microscopic features for softwood identification. IAWA Bulletin v. 25 p 1-70.

❖ Maldonado-Koerdell, Manuel, 1950, Los estudios paleobotánicos en México con un catálogo de sus plantas fósiles: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Vol. 55, 72p.

❖ Meyen, S.V. 1984. Basic features of gymnosperm systematic and phylogeny as evidenced by the fossil record. Bot. Rev. 50:1-111.

❖ Ortega-Gutiérrez, F. 1978. Notas sobre la geología del área entre Santa Cruz y Ayuquila estados de Puebla y Oaxaca. Paleontología Mexicana. Inst. Geología, número 44, 17-26 pp.

❖ Ortiz-Martínez, E.L., Velasco-de León M.P., Salgado-Ugarte I.H., Silvia-Pineda A. 2010, Clasificación del área foliar de las gimnospermas fósiles de la zona norte de Oaxaca, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 20(10)30.

- ❖ Philippe M., Bamford M., S. McLoughlin, L.S.R. Alves, H.J. Falcon-Lang, S. Gnaedinger, E.G. Ottone, M. Pole, A. Rajanikanth, R.E. Shoemaker, T. Torres, A. Zamuner, E. 2004. Biogeographic analysis of Jurassic-Early Cretaceous Wood assemblages from Gondwana. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 129(2004)141-173.
- ❖ Philippe, M.; Bamford, M. 2008. A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like Woods. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 148(2-4)184-207.
- ❖ Pujana R. Roberto., 2008. Estudio Paleocitológico del Paleógeno de Patagonia austral (Formación Río Leona, Río Guillermo y Río Turbio) y Antártida (Formación la Meseta). Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Buenos Aires, Argentina.
- ❖ Rojas Chávez C., 2010. Taxonomía de Dicksoniaceae, Gleicheniaceae y Matoniaceae (Filicales) del Jurásico en la región mixteca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Autónoma de México. México, D.F. 4pp.
- ❖ Serlin, B. S., Delevoryas, Theodore, Weber Reinhard, 1981. A new conifer pollen cone from the Upper Cretaceous of Coahuila, México: *Rev. Paleobot. Palyn.*, v.31, p.241-248.
- ❖ Silva-Pineda Alicia, 1978. Contribuciones a la Paleobotánica del Jurásico de México Instituto de Geol. Univ. Nac. México D.F. 6-9, 25-28 pp.
- ❖ Silva-Pineda Alicia, 2000. Paleontología de México, Plantas vasculares fósiles. Facultad de Ingeniería. UNAM. México, D.F.
- ❖ Taylor, T. N., 1993. The biology and Evolution of fossil plants. Prentice Hall. The Ohio State University. USA. p.p. 8-15.

- ❖ Torres. T., Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Corrientes, Depto.  
Deproducción agrícola. <http://www.paleobotanica.uchile.cl/paleoecologia.html>
- ❖ Torres. T., Marensi. S., Santillana S., 1994. Maderas fósiles de la isla Seymour, Formación La Meseta, Antártica. Ser Cient. INACH 44:17-38,1994.
- ❖ Velasco de León, M.P., Silva Pineda A. y Flores- Camargo, G.D. 2007. La presencia de *Brachyphyllum?* en la Formación Tecmazúchil del Jurásico Medio de México. Memorias del Congreso, Mendoza Argentina.
- ❖ Weber R., 1972, La vegetación maestrichtiana de la Formación Olmos Coahuila: Bol. Soc. Geol. Mexicana, v.33, p. 5-19.
- ❖ Weber R., 1980. Megafósiles de coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de México y consideraciones generales sobre las coníferas mesozoicas de México. Revista Inst. Geol. Univ. Nac. México 4(2).
- ❖ Wesley, Alan, 1973. Jurassic plants: in Hallam, A., ed., Atlas of paleobiogeography. Amsterdam Elsevier, p. 329-338.
- ❖ Wiessel B. Carlos, 2006 Preservación de Maderas, VII Congreso Nacional de Ciencias, Universidad Earth, Guácimo, Limón, Costa Rica. 1-10 pp.

- Facultad de Estudios Superiores Zaragoza -