



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**IDENTIFICACIÓN DE MADERAS FÓSILES, DE LA UNIDAD
MAGDALENA Y FORMACIÓN OTLALTEPEC, PUEBLA.**

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

LAURA IRAN GRAJEDA CRUZ



DIRECTOR DE TESIS: DRA. MARÍA PATRICIA VELASCO DE LEÓN

MÉXICO, D.F. SEPTIEMBRE 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"
DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.**

Comunico a usted que la alumna **GRAJEDA CRUZ LAURA IRAN**, con número de cuenta **404069160**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **01 de septiembre de 2015** a las **13:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE M.en C. EVANGELINA GALVÁN MENDOZA

VOCAL Dra. MARÍA PATRICIA VELASCO DE LEÓN

SECRETARIO M. en C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ

SUPLENTE Dra. ERIKA LOURDES ORTIZ MARTÍNEZ

SUPLENTE Biól. RIGOBERTO RODRÍGUEZ BECERRA

E. Galván
Mra Patricia Velasco de León
Germán Calva Vásquez
Erika Lourdes Ortiz Martínez
Rigoberto Rodríguez Becerra

El título de la tesis que presenta es: **Identificación de Maderas Fósiles, de la Unidad Magdalena y formación Otlaltepec, Puebla.**

Opción de titulación: Tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÉ EL ESPÍRITU"
México, D. F., a 19 de junio de 2015

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ
DIRECTOR
ZARAGOZA
DIRECCIÓN

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.
M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
JEFE DE CARRERA

♥♥ Dedicatoria ♥♥

♥ Mamá

No tengo palabras para agradecer que estés en mi vida, por la lucha constante de mantenerme a flote, por luchar día a día por darme lo mejor, sin ti jamás habría llegado tan lejos. ♥ Has sido mi guía y me has enseñado el camino, por ser un ejemplo de constancia, esfuerzo, dedicación y valor. Este logro es tuyo también, mi esfuerzo es inspirado en ti, mi gran ejemplo "Tú". Gracias por la tolerancia y la paciencia, por tratar de entenderme, aun cuando me pongo difícil, por consentirme tanto y amarme, por darme la mano y no soltarme a pesar de todo, por estar siempre que lo necesito y apoyarme, que por más que crezca siempre estás aquí a mi lado. ♥ Mamí te amo profundamente.

♥ Jania

♥ Hermana mía, gracias a la vida por darme una hermana como tú, gracias por este camino de subidas y bajadas, de dificultades compartidas, sin ti jamás las hubiera superado, gracias por los juegos extremos y aventuras extraordinarias, eres una parte importante en mis cimientos y mi vida. Gracias por tu amor incondicional, por escucharme, soportarme, leerme, solaparme, apoyarme y ayudarme en todo. ♥ Prometo trabajar día a día para mejorar y ser una mejor hermana. ♥ Te amo con todo mi corazón.

Esto es para ustedes.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme las puertas y permitirme formar parte de la máxima casa de estudios, así como también permitirme estudiar una carrera profesional. A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por abrirme sus aulas y espacios, y por contribuir a mi crecimiento académico, personal y profesional. Sangre Azul y Oro, siempre.

A la Dra. Ma. Patricia Velasco de León, por permitirme explorar y aprender del mundo de la paleontología, por permitirme formar parte de sus hijos académicos, por sus conocimientos compartidos, por el apoyo, paciencia, y tiempo dado para la realización de este trabajo, por el esfuerzo para aprender de la mano algo nuevo. Doctora, es usted un ejemplo maravilloso de compromiso, responsabilidad y respeto hacia su trabajo y profesión, mi total admiración y agradecimiento. La aprecio profundamente.

Dra. Erika Ortiz Martínez por sus aportaciones, comentarios y observaciones, realizadas a esta tesis. Maestra es usted excepcional, un ejemplo de mujer, gracias por permitirme conocerla no solo académicamente si no personalmente, la apareció y admiro mucho.

Biol. Rigoberto Rodríguez Becerra por sus acertadas observaciones y comentarios realizadas a mi borrador, por pelear conmigo en campo y compartir un trecho en este camino paleontológico.

M. en C. Germán Calva Vásquez por las aportaciones y observaciones realizadas a mi escrito, gracias por contribuir a mejorar este trabajo.

M. en C. Evangelina Galván Mendoza por la revisión y comentarios hacia este trabajo.

♥ Al Dr. Sergio Cevallos por las asesorías en la introducción al estudio de las maderas fósiles. ♥ A Enoch por la paciencia, por enseñarnos a realizar la técnica de cortes, y los tips dados para trabajar el material.

♥ Al Dr. Emilio Estrada, por haberse tomado el tiempo de leer y revisar mis descripciones, por sus comentarios y las porras para continuar con las maderas, siempre tan animosas, gracias Doc.

♥ A la Dra. Silvia Gnaedinger por revisar las descripciones, por sus comentarios y por la luz que le dio a este trabajo.

Ely: ♥ Agradezco a la vida por ponerte en mi camino, con todo y sus altas y bajas. Por compartir caminos recorridos, experiencias, hambre, comidas, frío, calor, enojos, alegrías, sueños, noches, días, amores, desamores. Este camino lo empezamos juntas y agradezco sigas en él. Gracias por la paciencia, el cariño, la confianza, la atención, el tiempo, las llamadas, mensajes y la tolerancia a esta persona tan perfeccionista y tan imperfecta. Por ser mi confidente, mi cómplice, mi conciencia, mi amiga. Gracias por todo. U como tú lo dijiste "al infinito y más allá". Te mega amo!!!

♥ Aracely, loca, jamás pensé que llegaría a quererte tanto, gracias por ser parte de mi vida y abrirme las puertas de tu corazón, porque siempre tienes una actitud positiva ante las cosas y me haces sentir que todo se resuelve súper fácil, por estar cuando más lo necesito y ser mi confidente de secundaria, por entenderme en mis locuras y ser mi cómplice. Gracias por las llamadas, las pláticas, las aventuras, las comidas, por lo importante que has sido en este camino. Te amo amiga.

♥ A mis huecas, que hicieron muy llevadero el camino:

♥ A Sandra que siempre tiene la actitud súper positiva y toda la buena vibra, Sandunga, gracias por los métodos de estudio tan modernos y por las clases de mil y un temas, por

compartir experiencias y los caminos recorridos, por los sabios consejos y el cariño. Te quiero amigui!

Jess, chiquita de mi corazón, eres un ejemplo a seguir, gracias por ser "un ser de luz", por los consejos y por escucharme y soportar tanta tontería, por hacerme reír muchísimo y por compartir una parte de ti conmigo. Tzaya, gracias por soportar mi genio cuando nadie lo hizo, por aguantarme el paso en el estrés escolar, por hacerme cantar como loca siempre. Las quiero.

A mis entrañables amigos que comenzaron esta aventura universitaria a mi lado: Rebeca, Alejandra, Diana, Alicia, Chucho, Edgar Oso, Ricardo campeón y Abigail. Gracias por las horas en el pasto y la mantita, por los momentos compartidos y las experiencias. Porque a pesar de la distancia el cariño permanece. Los quiero profundamente y los tengo siempre en mi mente y en mi corazón.

A la Paleobanda por compartir caminatas, recolectas, experiencias, risas y aventuras, compartir conocimientos y siempre enseñarme algo nuevo. Por cargarme cuando la fractura y por ayudarme a cargar mis troncos. Un placer compartir con ustedes mi estadía en la colección, siempre hacen que sea divertido el tiempo tanto en campo como en el laboratorio.

Miguel, amigo, gracias por siempre hacerme reír, en vez de que me enoje me río con todas tus ocurrencias, eres maravilloso, gracias por escucharme, regañarme y apoyarme, y por esperar a que pase mi combi, aunque me abandones cuando ya es muy tarde. Te quiero profundamente amigo.

Daniel, mi tatu (dijera Miguel), por todos los momentos maravillosos que compartimos en campo, congreso y la colección, por siempre estar dispuesto a enseñar, ayudar, dar ánimo y escuchar. Te quiero.

♥ A mis compañeros y amigos de la carrera: Sandra, Braulio, Jonatiah, Néstor, Jessica Sofía, Alex, Blanca, Tzayaka, Clara, Michel, Chisto, Mora, Richi, Christian J. Gracias por compartir tiempo en las salidas y laboratorio, siempre aprendiendo cosas nuevas, y más por las clases extracurriculares donde aprendíamos el doble.

♥ Don Juan, Don Efraín, Don Damián, Ulises, Edgar, Don Octavio, y a todos los choferes por llevarnos con bien a tantas salidas a campo, compartir aventuras y muchas veces ayudarnos a cargar, siempre agradecida por llevarnos sanos y salvos ida y vuelta a la Facultad.

♥ Tía Paty y a mi Patito, gracias por siempre estar a mi lado, por escucharme y ser uno de mis principales apoyos, por preocuparse y por ayudarme a mantener un poco de estabilidad en mi cuarto cuando yo no tenía tiempo para recogerlo, por siempre echarme porras y confiar en mí. Las amo.

♥ A mis abuelos Belén y Arnulfo por tanto Amor.

♥ A toda mi familia putativa, que siempre tienen consejos, regaños, chistes, experiencias, aventuras y demás cosas que hacen que todo valga la pena. Los adoro.

♥ A ti. Por el tiempo compartido, el camino, las experiencias, las lecciones, las risas y el cariño. Te tengo en mi corazón y en mi mente Siempre.

♥ Y a todos los que por algo se me escapan en este momento y compartieron una etapa en este camino y contribuyeron a que sea mejor persona. Gracias.

♥ Si escribo algo, temo que suceda. Si amo demasiado a alguien, temo perderlo.

♥ Sin embargo, no puedo dejar de escribir ni de amar. Isabel Allende

*La vida no es fácil, para ninguno de
nosotros. Pero... ¡qué importa! Hay que
perseverar y, sobre todo, tener confianza
en uno mismo. Marie Curie*

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. RESUMEN | 10 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 13 |
| 3.1. Gimnospermas | 13 |
| 3.2. Coníferas | 15 |
| 3.3. Madera | 16 |
| 3.4. Anatomía de la madera de gimnospermas | 18 |
| 3.4.1. Traqueidas axiales | 20 |
| 3.4.2. Parénquima axial | 22 |
| 3.4.3. Traqueidas radiales | 22 |
| 3.4.4. Radios (Parénquima radial) | 23 |
| 3.4.5. Canales resiníferos | 24 |
| 3.4.6. Traqueidas en series axiales | 24 |
| 3.4.7. Campos de cruzamiento | 25 |
| 4. ANTECEDENTES | 26 |
| 5. JUSTIFICACIÓN | 28 |
| 6. OBJETIVO GENERAL | 28 |
| 6.1. Objetivos particulares | 28 |
| 7. ZONA DE ESTUDIO | 29 |
| 7.1. formación Otlaltepec | 29 |
| 7.1.1. Estratigrafía Regional | 29 |
| 7.1.2. Estratigrafía local | 31 |
| 7.2. Unidad Magdalena | 34 |
| 7.2.1. Estratigrafía Regional | 34 |
| 8. MATERIAL Y MÉTODO | 37 |
| 8.1. Trabajo de campo | 37 |
| 8.2. Trabajo de laboratorio | 37 |
| 8.3. Trabajo de Gabinete | 37 |

| | |
|---|----|
| 9. RESULTADOS | 39 |
| 9.1. formación Otlaltepec | 40 |
| 9.2. Unidad Magdalena | 48 |
| 10. ANÁLISIS GENERAL | 76 |
| 11. CONCLUSIONES | 79 |
| 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 80 |

1. RESUMEN

En México se han realizado escasos trabajos sobre xilofloras mesozoicas, pocos han sido de Gimnospermas. La presente es una contribución sobre maderas de Gimnospermas del Jurásico Medio (formación Otlaltepec) y Cretácico Inferior (Unidad Magdalena) del suroeste de México. El objetivo de este trabajo, fue describir las estructuras anatómicas de los leños e identificarlos, para incrementar el registro taxonómico del Mesozoico de México. Se estudiaron siete leños fósiles permineralizados, dos de la formación Otlaltepec y cinco leños de la Unidad Magdalena. Se trabajaron con base en cortes petrográficos en tres planos (Transversal, Longitudinal tangencial y Longitudinal radial), para analizar los caracteres anatómicos importantes dentro de la identificación de maderas fósiles. Las maderas de gimnospermas poseen traqueidas bien conservadas, radios uniseriados, y carecen de vasos; características que permiten asociarlos con el orden de las Coníferas. El material Jurásico, muestra un grado de deformación importante, por lo cual no se realizó una asignación específica de dichos leños. Las características anatómicas de los leños de la Unidad Magdalena permite asignarlas como representantes de la familia Araucariaceae. Por lo tanto, se registra por primera vez la presencia de maderas del género *Araucarioxylon* y *Agathoxylon* para el Cretácico de México.

2. INTRODUCCIÓN

A través de los cerca de 200 millones de años que abarca el Mesozoico se produjeron sucesivos cambios en la estructura de la flora y la vegetación que fueron concomitantes con reemplazamientos en las comunidades de vertebrados herbívoros y estuvieron ligados a perturbaciones climáticas globales, por aumentos y disminuciones de la temperatura y de la humedad que alteraron la cobertura vegetal en vastas áreas. Se registran en este periodo geológico las mayores divisiones en la estructura de la vegetación (Diéguez, 2003).

El método más confiable para interpretar climas antiguos es por medio de las plantas fósiles, ya que la distribución de los vegetales, más que de cualquier otro organismo, está controlada por las condiciones climáticas. Las plantas están fijas al suelo y soportan condiciones favorables y desfavorables. Las plantas fósiles reflejan el clima donde vivieron, frecuentemente, se ha usado en la determinación de climas pasados, entre los caracteres morfológicos más usados para conocer las condiciones climáticas del Mesozoico, se encuentran las frondas de los helechos, los troncos de las coníferas y los tallos de los equisetos; los tamaños más grandes denotan climas calientes. La presencia de anillos en los tallos indica variación estacional, en tanto que la ausencia señala un clima uniforme y caliente. Además de los caracteres morfológicos y estructurales, se toma en cuenta la naturaleza de los sedimentos. Las plantas que se encuentran asociadas con carbón y lignito, indican condiciones pantanosas con clima húmedo y caliente (Silva-Pineda, 1978).

Hasta la fecha, la flora mesozoica ha sido ampliamente estudiada. La vegetación triásica está constituida por los últimos elementos originados en el Carbonífero y por otros recién surgidos, que van a dar origen a las plantas típicas del Jurásico y Cretácico. Entre los primeros se encuentran equisetales, los helechos, las pteridospermas y las coníferas, y entre los grupos nuevos destacan las cicadofitas, además de las Ginkgoales y las Caytoniales. En el Jurásico la vegetación estuvo constituida fundamentalmente por las gimnospermas, en primer lugar destacan las cicadofitas y en segundo, las coniferófitas, que durante este

periodo alcanzaron su máximo desarrollo. Las cicadofitas por su abundancia han ocasionado que al Mesozoico se le denomine la “Edad de las Cíadas” (Silva-Pineda y Buitrón, 1998).

En las asociaciones vegetales fósiles del Cretácico inferior las pteridofitas representan un 30% de especies. Los licopodios y esfenópsidas fueron poco diversas, pero importantes para la vegetación herbácea. Las Cycadales, Bennetitales y los helechos de hoja pinnada tienen una representación del 30%. Las coníferas muestran el 20% de abundancia en las especies registradas (Diéguez, 2003).

En rocas cretácicas ya se conocen las angiospermas y se citan algunas familias como Magnoliaceae, Salicaceae, Rosaceae, Fagaceae, Moraceae, las cuales formaron parte de floras en las que los helechos y las gimnospermas fueron dominantes (Silva-Pineda y Buitrón, 1998).

3. MARCO TEÓRICO

La aparición de las plantas con base en el registro fósil, ocurrió hace aproximadamente 420 millones de años, hacia finales del periodo Silúrico (435-408 Ma). El periodo Devónico (408-355 Ma) se desarrollaron grandes grupos de plantas terrestres: licofitas, esfenofitas, filicofitas, progimnospermoformas y gimnospermas (Taylor y Taylor, 1993). Las floras del Jurásico están constituidas fundamentalmente por gimnospermas, entre las que destacan en primer lugar las cicadofitas, y en segundo, las coniferófitas (Silva-Pineda, 1978).

3.1. Gimnospermas

Las gimnospermas aparecieron hace aproximadamente unos 350 millones de años y fueron la vegetación dominante durante el final del Paleozoico y comienzos del Mesozoico (Figura 1), las gimnospermas son plantas de porte leñoso, con crecimiento secundario en grosor (producen xilema y floema secundarios), por lo que el crecimiento requiere de mucha materia y energía, y su ciclo vital es lento, son plantas poco adaptadas para la colonización rápida de nuevos ambientes (Cubas, 2008).

Las gimnospermas son plantas vasculares que forman semillas pero carecen de flores, son plantas leñosas 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 helechos del Devónico. En 1984 Meyen sugiere que las gimnospermas se derivan inicialmente de las progimnospermas archaeopteridales (Taylor *et. al.*, 2009).

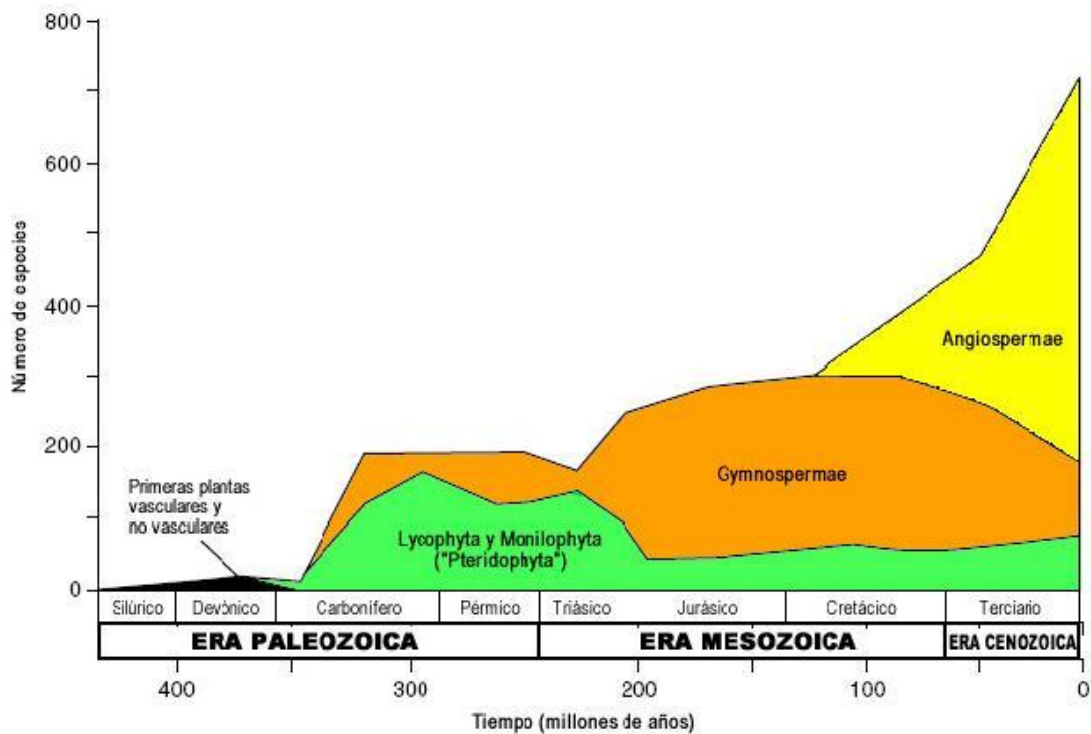


Figura 1: Evolución de las plantas, tras el desarrollo de las pteridofitas aparecen las gimnospermas, teniendo una máxima extensión durante el Mesozoico (Tomado de Willis y McElwain, 2002).

Las gimnospermas constituyen un grupo de plantas caracterizado por poseer un aparato reproductor desnudo (*gymnos* = desnudo, *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: CICADOPSIDOS. Comprende siete órdenes: Pteridospermas, Caitoniales, Cicadales, Nilssoniales, Bennettiales, Pantoxilales y Ginkgoales.
- Clase 2º: CONIFEROPSIDOS. Comprende dos órdenes:
 - Orden 1º. Cordaitales. Orden fósil de grandes árboles, vivieron a partir del Devónico Superior, alcanzando su auge en el Carbonífero, desaparecen en el Pérmico.

- Orden 2º: Coniferales. Orden que incluye más de 400 especies vivientes. Comprende seis familias: Pinaceae, Taxodiaceae, Cupressaceae, Cephalotaxaceae, Araucariaceae, Podocarpaceae.
- Clase 3ª: TAXOPSIDOS. Incluye sólo un orden Taxales, y una sola familia Taxaceae, con 5 géneros: *Taxus*, *Torreya*, *Amentotaxus*, *Austrotaxus* y *Pseudotaxus*.
- Clase 4ª: CLAMIDOPSPERMAS. Como el resto de las gimnospermas, esta clase también está compuesta por plantas leñosas. Comprende tres familias: Welwitschiaceae, Ephedraceae y Gnetaceae. (García Esteban *et. al.*, 2003)

Las coníferas aparecen en el Carbonífero, alcanzan una gran diversificación en el Mesozoico, y perduran en la actualidad con numerosas familias (Silva-Pineda, 1978). En este trabajo se describen coníferas jurásicas y cretácicas, es por ello que se habla con detalle de este orden.

3.2. Coníferas

Las coníferas son plantas que poseen un tronco leñoso compacto y las estructuras masculinas y femeninas forman verdaderos conos (Silva-Pineda y Buitrón, 1998). 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 difusión en el Mesozoico, especialmente durante los períodos Jurásico y Cretácico.

El orden coniferales comprende plantas leñosas, ramificadas; las hojas pueden ser opuestas o en espiral; son aciculares o escamiformes. Los órganos reproductores son conos unisexuales. Hay conos femeninos y conos masculinos (Silva-Pineda y Buitrón, 1998). Este orden está integrado por seis familias: Pinaceae, Taxodiaceae, Cupressaceae, Cephalotaxaceae, Araucariaceae, Podocarpaceae.

En la madera de las coníferas, existen tejidos fundamentales en su descripción e identificación, dado que el tema central de esta tesis es la identificación de maderas, a continuación se describen aspectos generales referentes al tema.

3.3. Madera

La madera (del latín *Materia*), xilema (del griego *lignificarse*) o leño (del latín *Lignum*) es la parte sólida de los árboles por debajo de la corteza. Es el conjunto de los elementos lignificados. La madera es una sustancia o material orgánico, fibroso, organizado y heterogéneo, producto de las plantas leñosas, con una elevada resistencia si se tiene en cuenta su baja densidad. La madera no tiene un patrón único y en consecuencia se le estudia teniendo en cuenta no solo las propiedades que son comunes a todas, sino las que son propias de cada especie; por lo tanto, existen entre ellas grados de variabilidad (Giménez *et. al.*, 2005).

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 se correspondería con la pared celular y el interior del hueco con el lumen de la célula. De forma simple y 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 o de vasos, son los que dan lugar o definen las diferentes especies de madera (Wiessel, 2006).

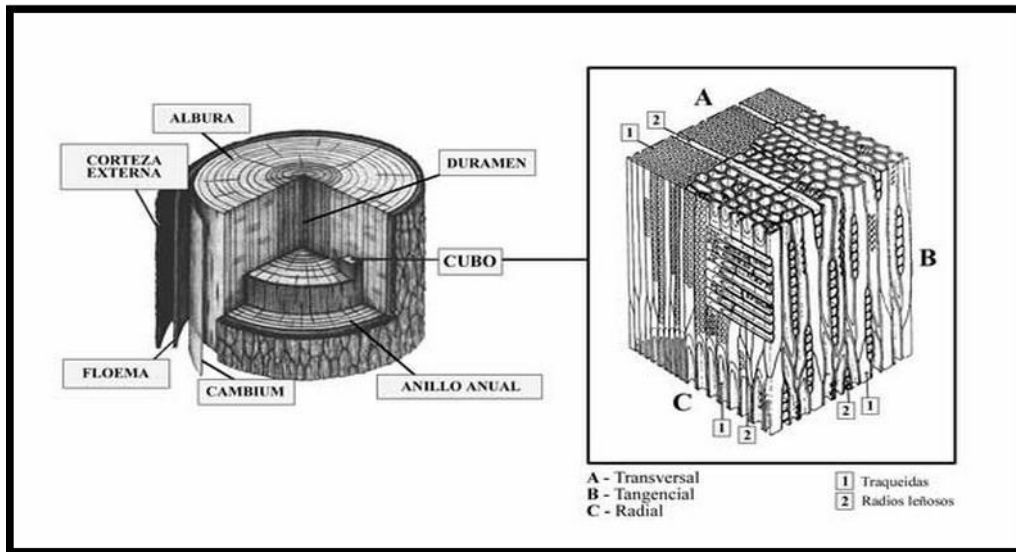


Figura 2: Aspecto general de la madera de gimnospermas, ubicación en plano tridimensional: A) Corte Transversal, B) Corte tangencial y C) Corte radial (tomado de www.paleobotanica.uchile.cl).

El árbol experimenta procesos de crecimiento los cuales permiten el incremento dimensional de los mismos (Figura 2). Este crecimiento se produce en zonas especializadas. La caracterización anatómica de la madera de una especie constituye el punto de partida para diversas investigaciones, como conocer el funcionamiento de los organismos vegetales, su comportamiento asociativo y su relación con el medio ambiente (Grande-Pulido y Polanco, 2007).

Algunos tipos anatómicos de la madera se ven favorecidos en determinados ambientes físicos. Además, la relación entre factores ambientales y ciertos atributos anatómicos de la madera de material diverso ha permitido elaborar hipótesis sobre las estrategias adaptativas y el origen de la diversidad anatómica de la madera en el curso de la evolución (Baas y Miller, 1985).

Los anillos de crecimiento de los árboles y otras plantas leñosas constituyen una fuente de información para diversos estudios científicos. El engrosamiento periódico y concéntrico de troncos y ramas es un hecho biológico que se manifiesta en gran parte de los árboles y otras leñosas que habitan en climas estacionales y permite que se acumule y conserve

información de carácter variable y temporal, de manera que las oscilaciones de los anillos de crecimiento constituyen un registro de los diferentes acontecimientos que han ido sucediendo en la historia vital de cada ejemplar (Génova, 2004).

La madera está formada por un conjunto de células especializadas organizadas en tejidos, los cuales llevan a cabo tres funciones fundamentales: la conducción del agua y sales minerales (xilema), la transformación y almacenamiento de materiales de reserva y el sostén de la planta (García *et. al.*, 2003).

3.4. Anatomía de la madera de gimnospermas

Las Gimnospermas difieren botánica y estructuralmente de las Angiospermas. El leño de las Gimnospermas (coníferas) es homogéneo (Figura 3), y el de las Angiospermas es heterogéneo (estructura más compleja).

En la mayoría de las Gimnospermas, los elementos longitudinales, consisten principalmente de traqueidas y poco parénquima axial y células epiteliales. Los elementos horizontales, consisten principalmente de rayos, los cuales se componen de células de los radios del parénquima o de ambas, células de los radios del parénquima y traqueidas de los radios o exclusivamente de las traqueidas de los radios (Pallardy, 2008).

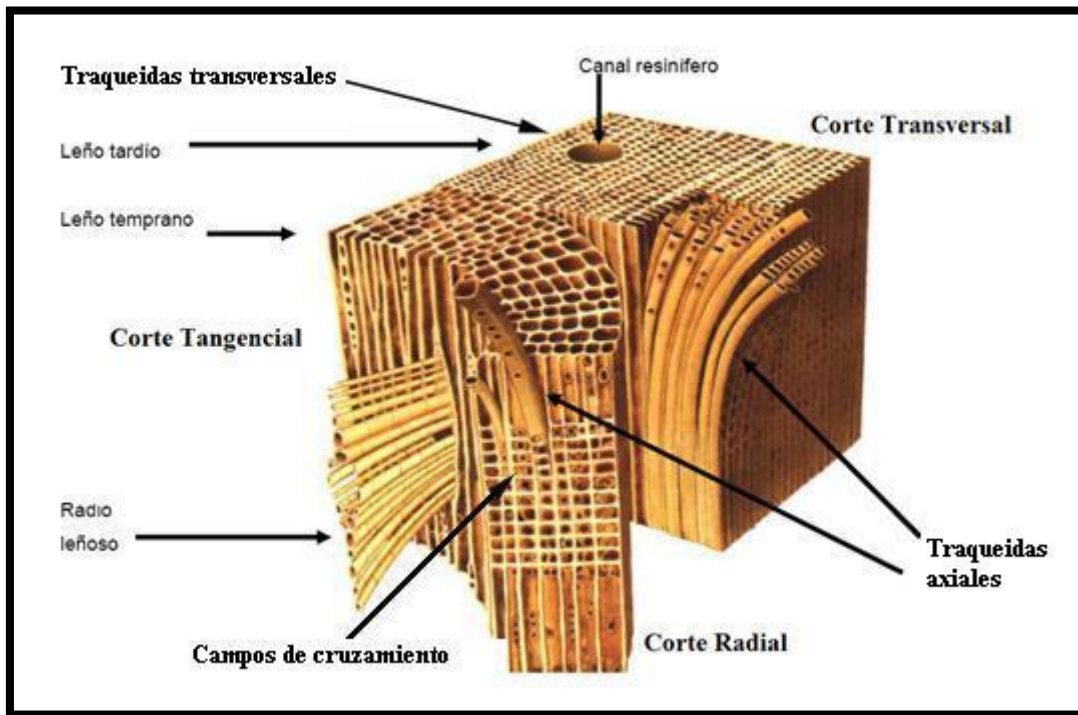


Figura 3: Anatomía de madera de Gimnospermas. Por tratarse de un organismo heterogéneo constituido por células dispuestas y organizadas en diferentes direcciones, el aspecto de la madera varía de acuerdo con la sección observada. Aspecto en tres secciones: Corte Transversal, Corte tangencial y Corte radial (Tomado y modificado de Giménez *et. al.*, 2005).

En la madera de las Coníferas se encuentran los siguientes elementos estructurales:

- ✚ Traqueidas axiales
- ✚ Parénquima axial
- ✚ Traqueidas radiales
- ✚ Parénquima radial
- ✚ Canales resiníferos
- ✚ Traqueidas en series axiales
- ✚ Campos de cruzamiento

3.4.1. Traqueidas axiales

Las traqueidas constituyen el elemento más abundante de la madera de coníferas. Son células alargadas y estrechas, de extremos puntiagudos, que ocupan el 95% el volumen xilemático total. 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 (Giménez *et. al.*, 2005).

El estudio de estas puntuaciones y su disposición tienen gran valor en la identificación de maderas, pueden estar dispuestas en una o más hileras axiales u organizadas en las siguientes formas:

- ✓ Uniseriadas
- ✓ Multiseriadas opuestas
- ✓ Multiseriadas alterna

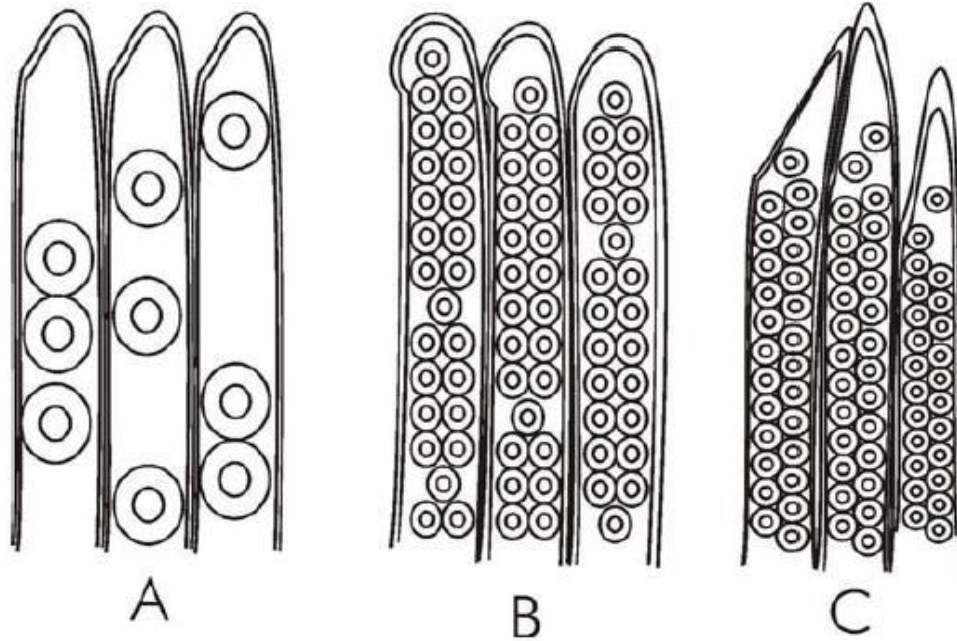


Figura 4: Disposición de las punteaduras areoladas: A: Uniseriadas, solitarias o aisladas. B: Opuestas; C: Alternas (Tomado de Giménez *et. al.*, 2005)

Las puntuaciones areoladas se presentan siempre de forma constante en las paredes radiales, y en algunas especies en las paredes tangenciales. Las situadas en las paredes radiales pueden presentarse agrupadas en una, dos o más líneas verticales. Cuando la presencia de punteaduras sobre las paredes radiales se realiza en más de una fila, su distribución dentro de la pared de la traqueida puede ser de dos tipos: en disposición opuesta, es decir siguiendo líneas horizontales paralelas, o en disposición alterna cuando las filas de punteaduras se escalonan (figura 4) (García *et. al.*, 2003).

La morfología de las traqueidas correspondientes al inicio y final del periodo 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 tienen forma rectangular cuando son observadas transversalmente (Giménez *et. al.*, 2005).

3.4.2. Parénquima 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 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 añillos de crecimiento se denomina parénquima axial marginal (*Tsuga heterophylla*), o asociadas a canales resiníferos como en *Pinus sp.* Como los demás elementos parenquimáticos, son longevas y tienen puntuaciones simples (Giménez *et. al.*, 2005).

3.4.3. Traqueidas radiales

Tienen la misma naturaleza que las traqueidas axiales con diferente orientación. Presentan puntuaciones 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 presencia caracteriza a ciertas especies de los géneros *Picea* y *Pinus*. Su función es la conducción transversal de los nutrientes del leño y el sostén del árbol. Frecuentemente sus paredes internas presentan espaciamientos irregulares típicos (espesamientos dentados o indentaduras) de valor diagnóstico (Giménez *et. al.*, 2005).

3.4.4. Radios (Parénquima radial)

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 (Figura 5).

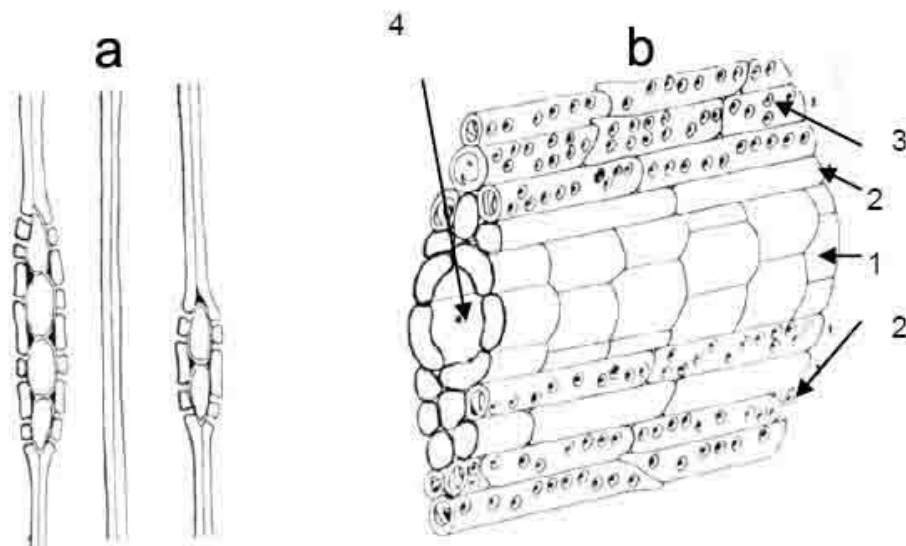


Figura 5: Aspecto de los radios en Coníferas. a) Radios uniseriados; b) 1- Traqueidas, 2- Células parenquimáticas, 3- Células epiteliales, 4- Canal resinífero en radio fusiforme (Tomado y modificado de Giménez *et. al.*, 2005).

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.

Cuando estos incluyen un canal resinífero en su interior son más alargados, recibiendo el nombre especial de radios fusiformes (Giménez *et. al.*, 2005).

3.4.5. Canales resiníferos

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

- ✓ Vertical: canales resiníferos longitudinales o axiales.
- ✓ Horizontales: hileras de canales resiníferos transversales u horizontales dentro de un radio (radio fusiforme (Figura 5)).

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.*) (Giménez *et. al.*, 2005).

3.4.6. 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 (Giménez *et. al.*, 2005).

3.4.7. Campos de cruzamiento

Es la superficie de contacto limitada, en las secciones radiales, por las dos paredes de las traqueidas verticales y las dos paredes horizontales de las células del parénquima, ya que es en esta superficie donde se estudia la naturaleza de las punteaduras, su número y su disposición estratificada o no.

Es de gran importancia en la identificación de las maderas de los diferentes tipos de punteaduras que surgen en la zona de contacto entre las células parenquimáticas de los radios y las traqueidas axiales, llamados campos de cruzamiento (Figura 6) (Giménez *et. al.*, 2005).

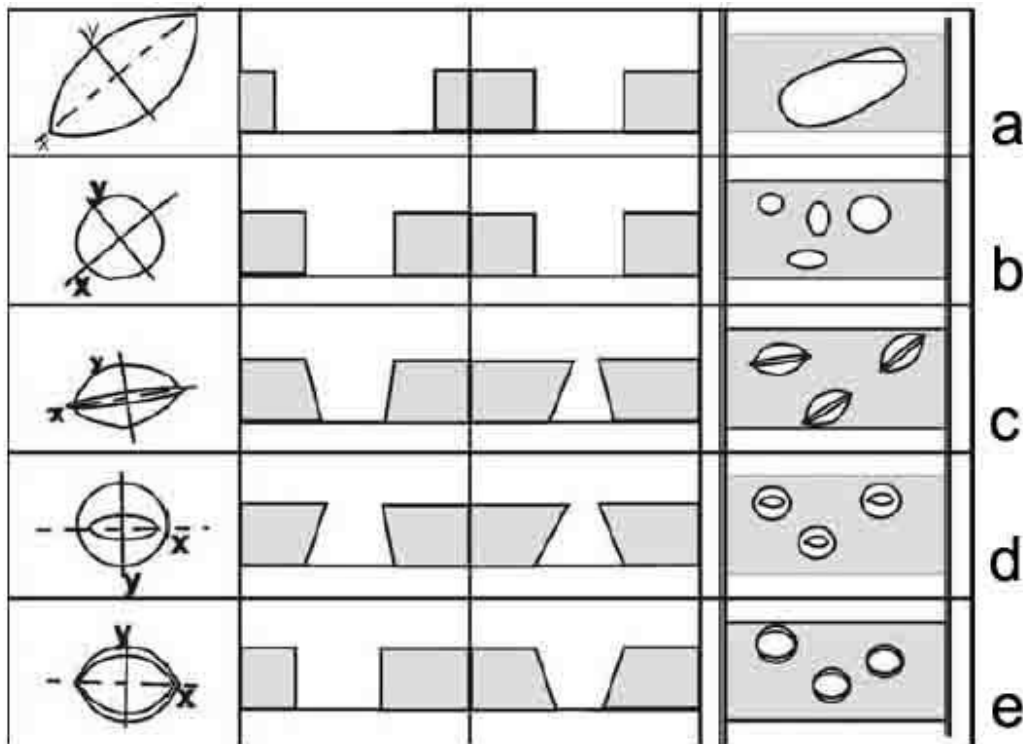


Figura 6: Punteaduras de los campos de cruzamiento en coníferas. a) Fenestriforme, b) Pinoide c) Piceoide, d) Cupresoide y e) Taxodeoide (Tomado y modificado de Giménez *et. al.*, 2005).

4. ANTECEDENTES

El registro fósil basado en material macroscópico, constituye un campo relativamente restringido, ya que los afloramientos continentales con plantas bien conservadas son relativamente escasos, los hallazgos de madera fósil son abundantes y las menciones de restos vegetales indeterminables son frecuentes (Silva Pineda, 1978).

Archangelsky en 1970, señala que la paleoxilología (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 en E.U. y Europa, se estudian y se dan a conocer una gran cantidad de taxones, lo que permite acrecentar el conocimiento paleobotánico (Herbst *et. al.*, 2007).

Actualmente en México, las localidades con flora fósil continental, presentan baja presencia de coníferas. El primer registro de coníferas en México es del Pérmico (Leonardiano) de la región de Tlahuelompa-San Mateo, en los estados de Hidalgo y Veracruz. En México esta flora es escasa y mal conservada (Silva-Pineda *et. al.*, 2000).

En México se han realizado pocos trabajos sobre xilofloras. Las maderas fósiles son uno de los aspectos menos investigados a nivel nacional. La abundante presencia de maderas fósiles en la República Mexicana, han sido señaladas en varias ocasiones. Estas han sido escasamente estudiadas dejando en el olvido valiosa información para la reconstrucción de las tafofloras mexicanas. El registro fósil de las maderas de gimnospermas es difícil de interpretar, sin embargo, está claro que alcanzaron máxima diversidad durante el Mesozoico (Cevallos-Ferriz, 1992).

El estudio anatómico de maderas gimnospermicas mesozoicas de México ha sido relativamente limitado, Wieland (1914) reporta para el Jurásico Inferior *Araucarioxylon mexicanum* en la formación Rosario del Estado de Oaxaca .

Ortega Chavez (2013) reporta para el Jurásico medio en el estado de Oaxaca la presencia de las familias Podocarpaceae y Araucariaceae. Cevallos-Ferriz (1992) reporta para el Cretácico superior de Coahuila la presencia de las familias Cheirolepidiaceae, Podocarpaceae y Taxodiaceae.

5. JUSTIFICACIÓN

Las maderas fósiles son una parte importante dentro del registro paleontológico y si bien son abundantes en distintas formaciones, no cuentan hasta la fecha con numerosos estudios de identificación. El presente trabajo pretende contribuir a los estudios paleobotánicos de México, mediante la identificación de maderas de coníferas del Mesozoico de México.

6. OBJETIVO GENERAL

- ✚ Identificar las maderas fósiles encontradas en la localidad formación Otlaltepec y Unidad Magdalena, en el estado de Puebla, en base a la anatomía de maderas de Gimnospermas.

6.1. Objetivos particulares

- ❖ Describir las estructuras anatómicas de las maderas basándonos en cortes petrográficos: transversales, tangenciales y radiales.
- ❖ Identificar la madera fósil para incrementar el registro taxonómico en el Mesozoico de México.

7. ZONA DE ESTUDIO

Se encuentra ubicada entre los límites de Puebla y Oaxaca, al noreste del estado de Oaxaca en la zona Mixteca y en el sur de Puebla. Se sitúa aproximadamente a 50 kilómetros al suroeste de la ciudad de Tehuacán, Puebla.

La formación Otlaltepec se encuentra en las cercanías de la localidad de Santo Domingo Tianguistengo, perteneciente al municipio de Santiago Chazumba en el Estado de Oaxaca, y el poblado Santa Cruz Nuevo el cual está situado en el Municipio de Totoltepec de Guerrero, en el estado de Puebla, ambos poblados se encuentran a una altura aproximada de 1580 metros sobre el nivel del mar.

La localidad Unidad Magdalena se encuentra ubicada entre los poblados, Santo Tomás Otlaltepec y Santa Catarina Tehuixtla, pertenecientes al municipio de Atexcal, Puebla; a una altura aproximada de 1640 msnm.

7.1. formación Otlaltepec

La zona de muestreo se ubica al suroeste del estado, en las coordenadas 18°17'0.89" N-97°48'59.54" O, entre los poblados Santa Cruz Nuevo, Puebla y Santo Domingo Tianguistengo, Oaxaca (Figura 7).

7.1.1. Estratigrafía Regional

Tiene un espesor de 826.5 metros (Figura 10). Su parte basal se compone de conglomerados, conglomerados arenosos y arenisca conglomerática, posteriormente se tienen areniscas de grano fino con intercalaciones de limolita, los granos son derivados de las unidades inferiores, esquisto y Tronco de Totoltepec. Bastante parecida a la unidad Piedra Hueca, siendo esta menos arcillosa. Los afloramientos presentan un color que varían

de rojo a café rojizo en la superficie intemperizada y en la superficie fresca presenta un color rosa a pardo claro. Los principales componentes minerales son: cuarzo, feldespato, líticos, micas y minerales pesados. La unidad Otlaltepec subyace mediante una discordancia angular a la Unidad Magdalena, hacia el noroccidente está cubierta discordantemente por la Formación Agua de León, se le asigna a la formación Otlaltepec una edad correspondiente al Jurásico Medio-Superior, considerando su posición estratigráfica y el contenido de plantas fósiles (Figura 8) (Cruz Cruz, 2012).

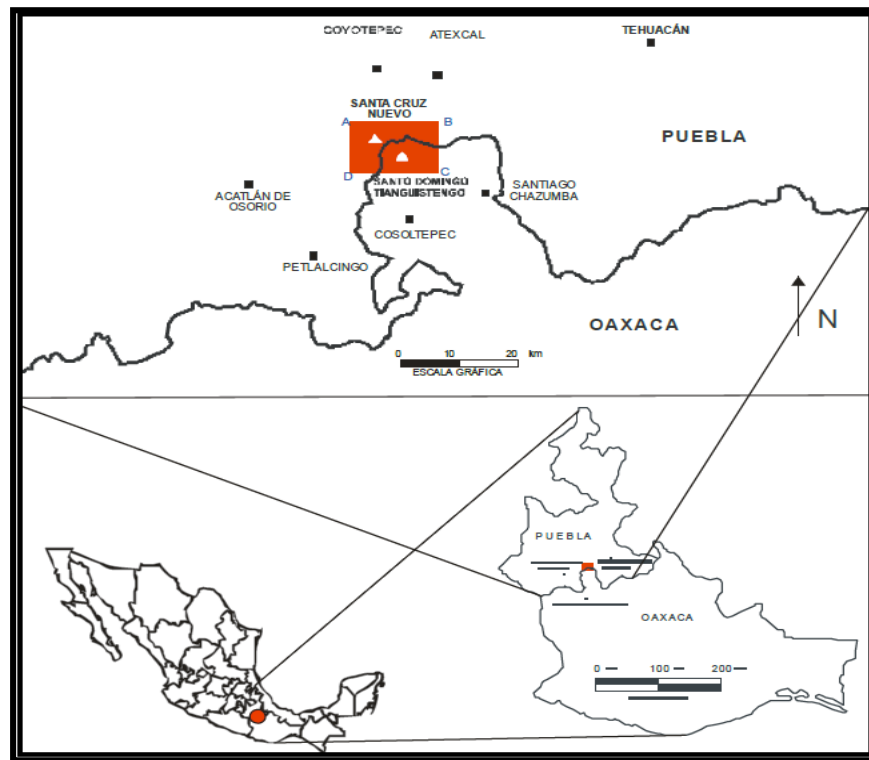


Figura 7: Ubicación de la zona de estudio Unidad Otlaltepec (tomado de Cruz Cruz, 2012).

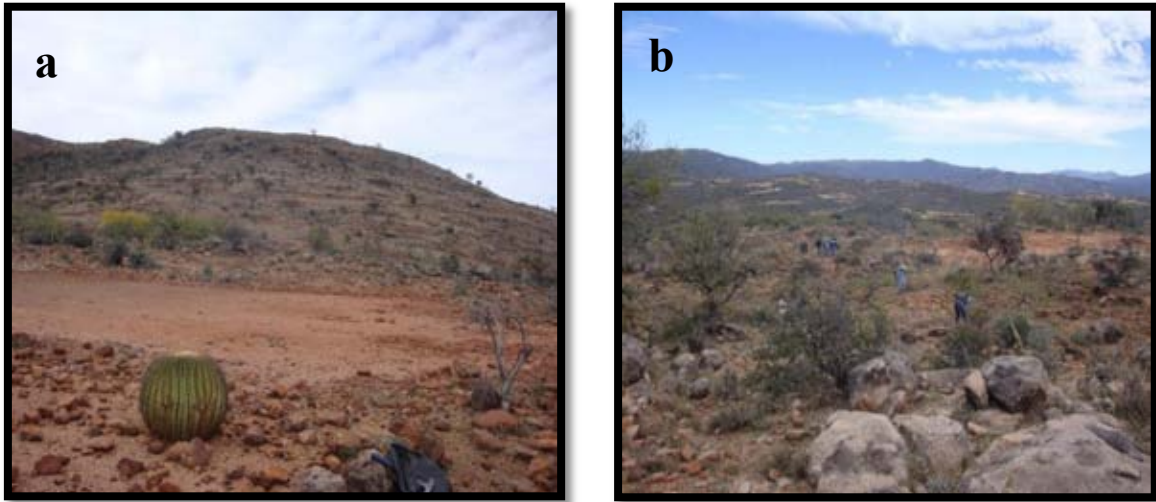


Figura 8: Área de colecta formación Otlaltepec, a) vista total del miembro superior y b) base del miembro superior.

7.1.2. Estratigrafía local

La formación Otlaltepec, no descrita formalmente, se compone de una secuencia clástica continental, se define como una secuencia alternada de arenisca, lutita y limolita, que descansa sobre una discordancia angular sobre la Unidad Piedra Hueca y en algunas proporciones sobre el Complejo Acatlán y el Tronco de Totoltepec (Ortega Guerrero, 1989).

La taoflora presente en este afloramiento, consta de Bennetiales en un 58%, impresiones de madera 14%, *Brachyphyllum* 9%, troncos 6%, cícadas 3%, helechos 3%, semillas 1%, conos 1% y ejemplares no identificado (Figura 9). Este material se encuentra preservado en areniscas de grano fino y grano medio. La mayoría con un proceso de fosilización por impresión, bien conservados.

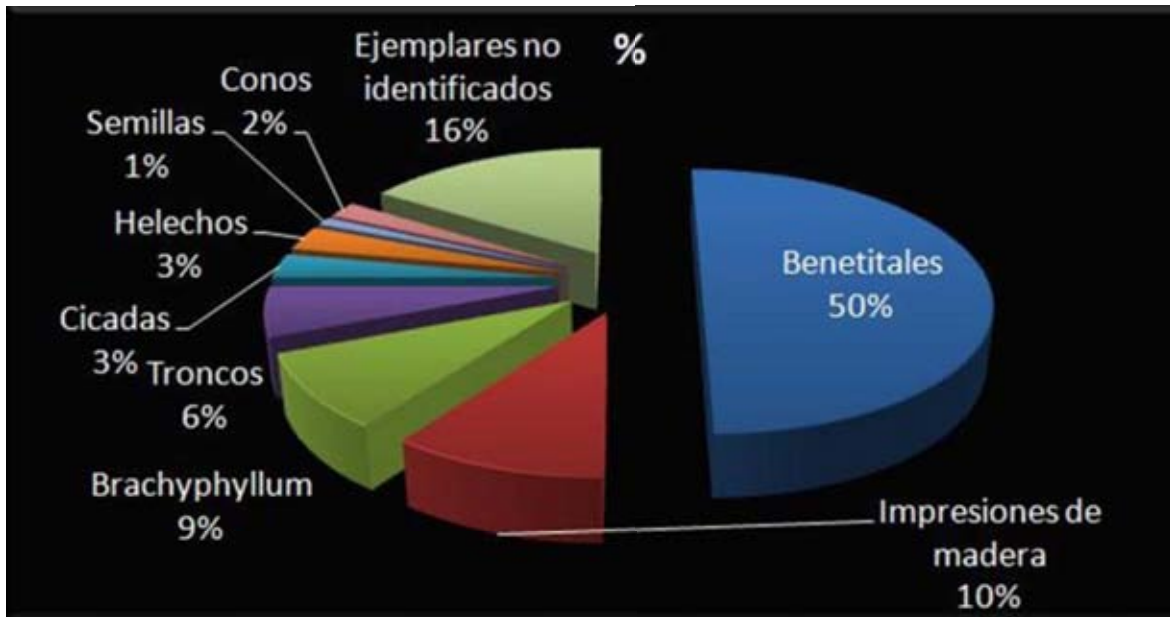


Figura 9: Porcentajes del material recolectado en la formación Otlaltepec, mostrando abundancias de diferentes organismos presentes en la localidad.

Flores Barragan (2012), realiza un estudio taxonómico de flora fósil de esta localidad, En el cual reporta que en el miembro inferior se encuentra el mayor número de ejemplares con un total de 204 organismos, en el cual destaca la abundancia de *Zamites lucerencis* con el 28.57%, seguido de troncos y cortezas con el 18.25%, *Otozamites hespera* con el 14.68% y *Brachyphyllum sp* con un 10.98% del total de organismos.

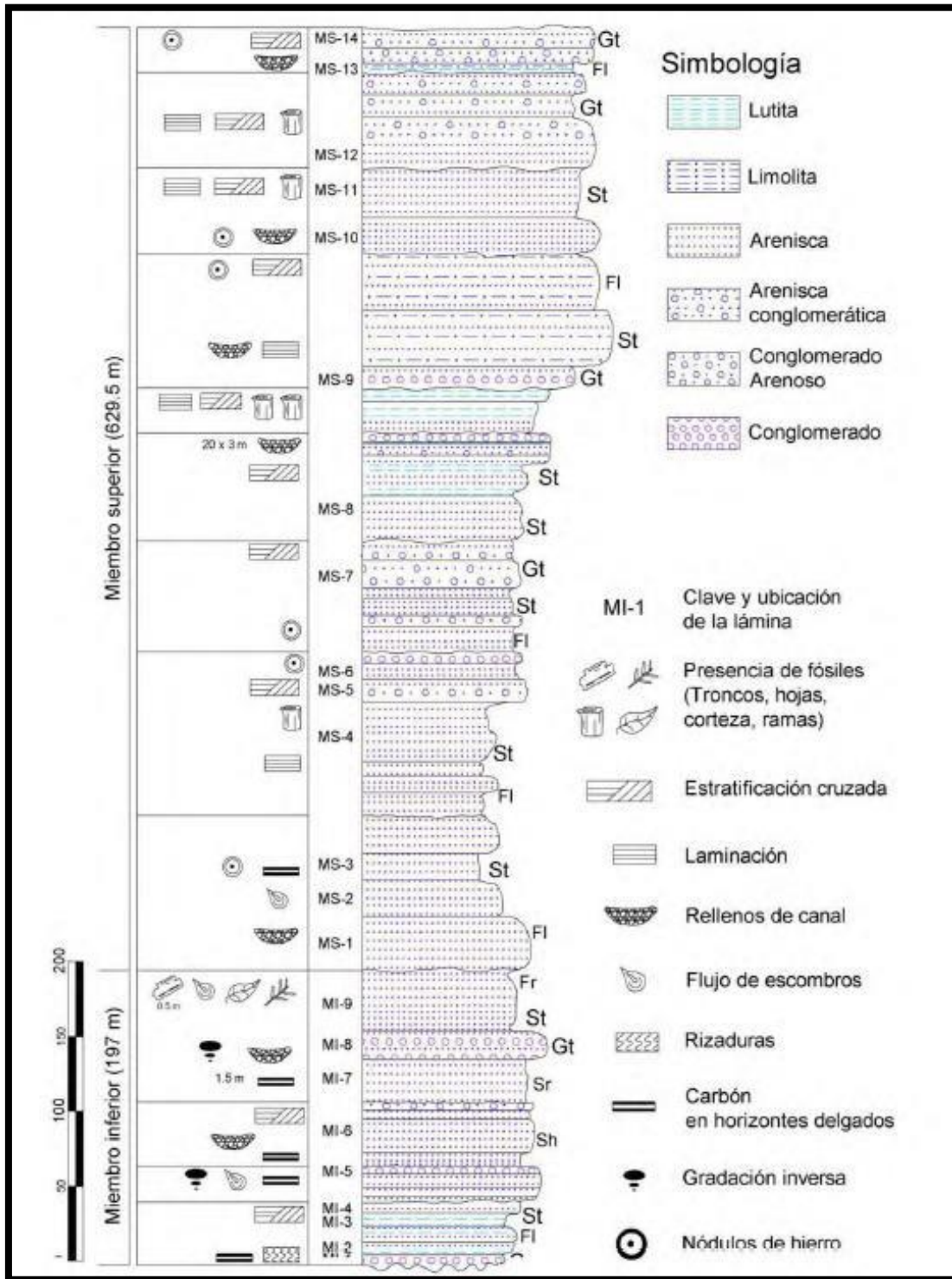


Figura 10: Columna estratigráfica local formación Otlaltepec, en la cual se puede observar el contenido fósil ubicado dentro de la columna (Tomada de Cruz Cruz, 2012).

7.2. Unidad Magdalena

La zona de muestreo se ubica al suroeste del estado, en las coordenadas 18°18'0.125" N-97°42'29.62" O; entre los poblados Santo Tomás Otlaltepec y Santa Catarina Tehuixtla, Puebla. (Figura 11 y 12).

7.2.1. Estratigrafía Regional

Secuencia de conglomerado, arenisca, lutita y marga, cubierta en la parte superior por caliche y derrubios. Los principales afloramientos se pueden encontrar en el Arrollo Magdalena, a 3.5 km al noreste de Santo Tomás Otlaltepec, en la cañada Palma amarilla y en las barrancas Chirimiyo y el Encino, al sureste de San Felipe Otlaltepec. La parte basal tiene contenido de cuerpos conglomeráticos blancos y guindas con estratos de superficie irregular intercalados con horizontes arenosos que constituye un espesor de aproximadamente 30 metros. La parte media de la Unidad se adelgaza y es predominantemente arenosa, las intercalaciones de conglomerado van disminuyendo paulatinamente y comienza a aparecer intercalaciones arcillosas de hasta 20 centímetros de espesor en colores verde claro. En la parte superior la unidad predomina la fracción fina arcillosa, cambiando de forma paulatina a carbonatada, hasta terminar en una marga en la parte superior. Ortega Guerrero (1989), reporta un espesor local de 200 metros.

El registro de la flora fósil, es escaso. Se puede asignar edades tentativas de acuerdo a la posición estratigráfica que ocupa dentro de la columna por encontrarse debajo de la Caliza de Coyotepec de edad Albiano-Cenomaniano, esto permite asignarle edades tentativas de acuerdo a la posición estratigráfica que ocupa dentro de la columna (Figura 13), se le puede asignar una edad tentativa del Aptiano(?) -Albiano. El ambiente sedimentario es continental, pasado gradualmente a un ambiente de litoral. (Cruz Cruz, 2012).



Figura 11: Ubicación de la zona de estudio Unidad Magdalena (tomado de Google Earth, 2012).

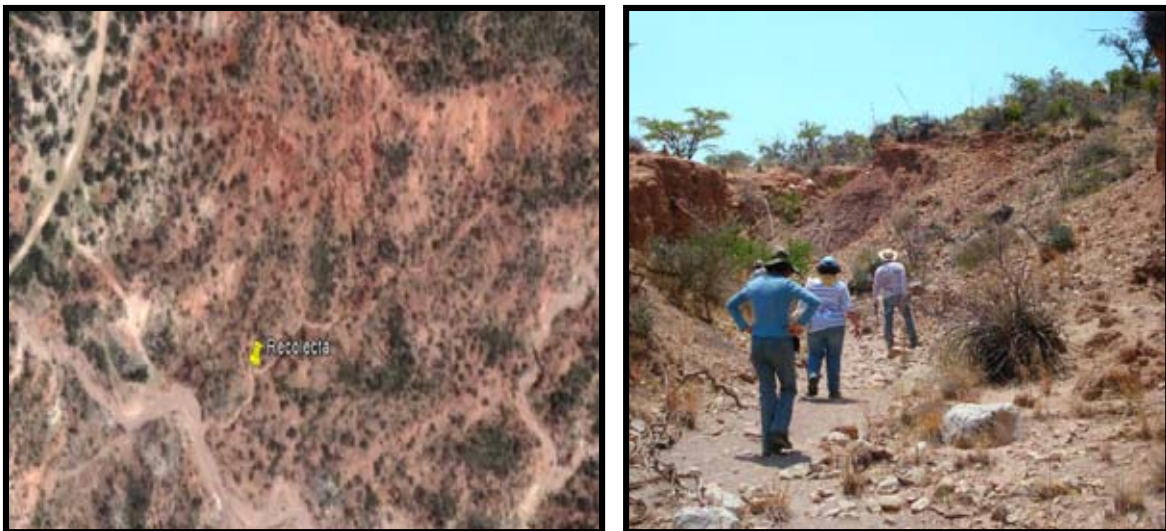


Figura 12: Área de recolecta Unidad Magdalena, Barranca los 25.

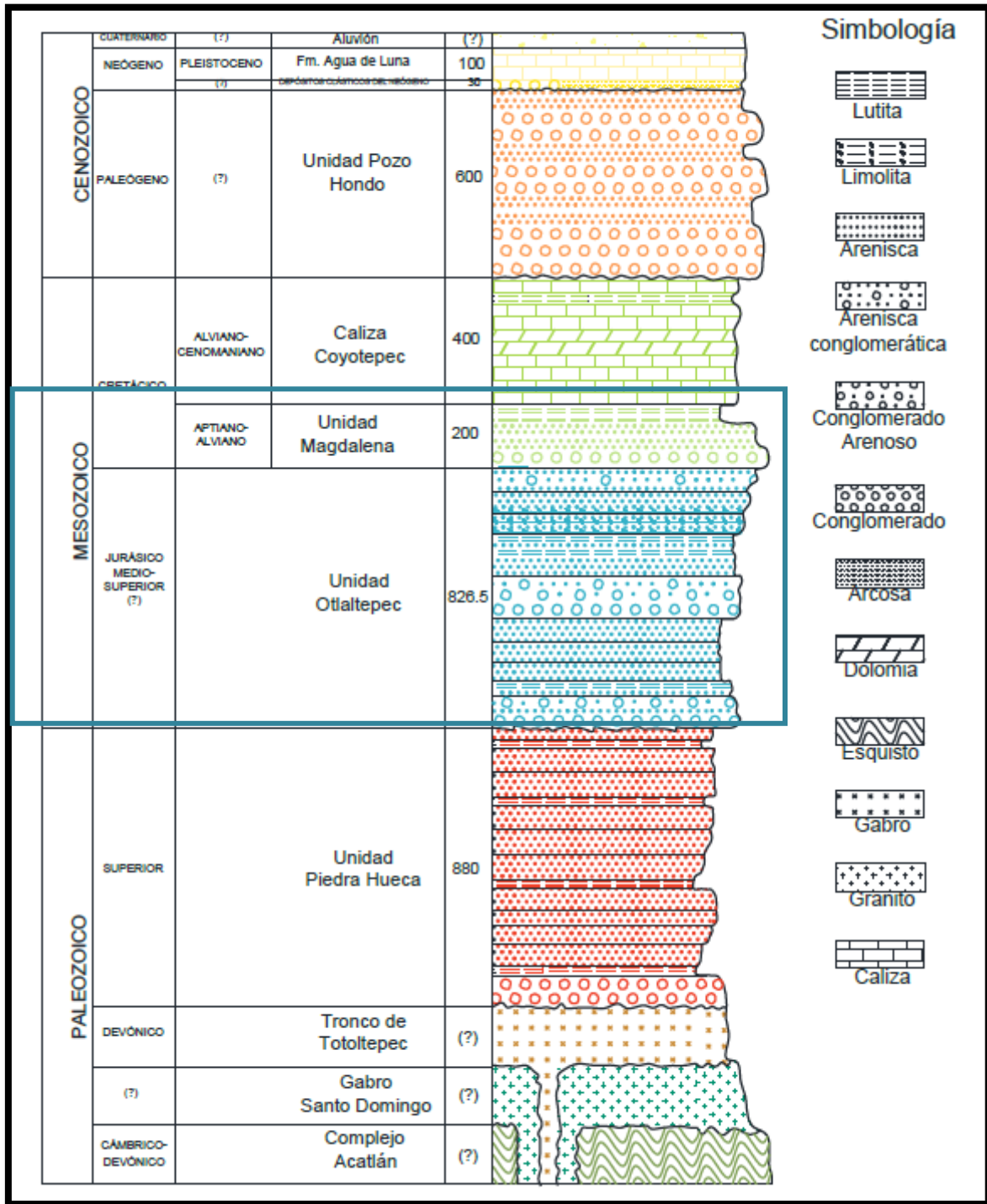


Figura 13: Columna estratigr6fica regional, el recuadro muestra la ubicaci6n estratigr6fica de la formaci6n Otlattepec y Unidad Magdalena (Tomada y modificada de Cruz Cruz, 2012).

8. MATERIAL Y MÉTODO

8.1. Trabajo de campo

Se realizaron tres salidas de campo para la recolecta del material fósil, Febrero 2010, Agosto 2010, Marzo 2012. Se recolectaron 25 troncos fósiles en Unidad Magdalena y 11 troncos en la formación Otlaltepec.

8.2. Trabajo de laboratorio

El material recolectado fue seleccionado, tomando en cuenta las muestras mejor preservadas y ubicando el leño en un plano tridimensional (orientado con referencia al eje principal de la planta) para poder obtener los cortes necesarios. Se tomaron fotografías y medidas con una cinta métrica (largo y ancho) de los leños antes de ser procesados.

Se realizaron cortes en las maderas fósiles (cortes petrográficos) para la obtención de secciones delgadas en tres planos: transversal (Tr), longitudinal radial (Lr) y longitudinal tangencial (Lg), con una cortadora industrial (MK-101 Pro): los cortes obtenidos fueron pulidos sobre vidrio con grano esmeril (abrasivo carborundum) de diferentes tamaños (120, 220, 320, 400, 600) por un lado de la muestra hasta dejar la superficie lisa, estos fueron montados en un portaobjetos esmerilado con adhesivo rápido marca DEVON, dejando secar 24 horas, posteriormente fueron desbastados con abrasivo sobre un disco de fierro dulce móvil hasta alcanzar un grosor aproximado de 30 μm . o bien hasta observar las estructuras sin perder la muestra, se cubrió con un cubreobjetos con adhesivo rápido y se dejó secar por 24 horas.

8.3. Trabajo de Gabinete

Se analizaron las muestras en un microscopio óptico Olympus BX41 (10x, 20x, 40x y 100x). Se tomaron fotografías con la cámara Olympus E620, para la observación de estructuras de la madera (traqueidas transversales, forma de las traqueidas, anillos de crecimiento, canales resiníferos, traqueidas en series axiales, radios leñosos, etc.).

La descripción de las maderas se realizó con base en la observación de las muestras, haciendo una medición de los caracteres en un microscopio Nikon Eclipse E200, se tomaron valores promedio, mínimo y máximo, obtenidos a partir de 25 mediciones. Se siguió la terminología utilizada en la lista de caracteres microscópicos de maderas blandas AIWA, 2004. Para las comparaciones se consultó bibliografía especializada en madera fósil reportada para el Mesozoico.

9. RESULTADOS

Los materiales estudiados en este trabajo fueron seleccionados procurando tomar los ejemplares mejor preservados.

Los leños procedentes de la formación Otlaltepec, se encontraron rodados en la base del miembro Superior. Se eligieron 5 troncos (T2, T5, T6, T7 y T9). Los leños T2, T6 y T7, no presentan tejido preservado, observando en el corte transversal sólo sedimento de relleno en las láminas delgadas. Se obtuvieron un total de 132 láminas de esta localidad.

De la Unidad Magdalena se eligieron 9 troncos fósiles (T1, T3, T4, T7, T8, T9, T11, T16 y T24), estos se hallaron rodados sobre el lecho de la barranca “los 25”, hasta la fecha no se han encontrado troncos in-situ o en posición de crecimiento, en la localidad no se ha descubierto material vegetal fósil de otro tipo. Los leños T4 y T11, no presentan tejido, observando solo sedimento en las láminas delgadas. En los troncos T1 y T16, se observa tejido con preservación regular en los cortes transversales, sin embargo estos no fueron procesados a CLTg (Corte longitudinal tangencial) y CLRd (Corte longitudinal radial), por el tiempo requerido para su análisis. Se obtuvieron un total de 262 láminas delgadas.

Se realizaron un total de 394 láminas delgadas de las dos localidades, obteniendo 165 láminas positivas, 75 láminas de la formación Otlaltepec y 90 láminas de la Unidad Magdalena, en las cuales se encuentran representadas las estructuras necesarias para la descripción de la madera fósil.

Los materiales revisados se encuentran depositados en la Colección de Paleontología de la FES Zaragoza, de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo el acrónimo CFZOtT5 y CFZOtT9 (para la formación Otlaltepec) y CFZUMT3, CFZUMT7, CFZUMT8, CFZUMT9 y CFZUMT24 (para la Unidad Magdalena).

9.1. formación Otlaltepec CFZOtT5



Figura 14: Tronco silicificado CFZOtT5, procedente de la formación Otlaltepec.

Descripción: Fragmento de tronco silicificado de 19 cm de largo por 14 cm de ancho (Figura 14). En sección transversal las traqueidas tienen contornos redondeados a pentagonales y hexagonales, el diámetro tangencial de las traqueidas es de $39.4 \mu\text{m}$ (rango $20 - 59.4 \mu\text{m}$) y el diámetro radial es $41.5 \mu\text{m}$ (rango $30 - 59.4 \mu\text{m}$), con un espesor de pared de $10 \mu\text{m}$, el número promedio de traqueidas que separan los radios es de 5, variando entre 3 – 8 traqueidas. No se observan anillos de crecimiento, canales resiníferos ausentes (Figura 15, a, b y c).

En el corte longitudinal tangencial se observan radios leñosos homogéneos uniseriados (Figura 16, a, b y c), de muy bajos a medianos, su altura promedio es de 4 células (2 – 8 células).

En el corte longitudinal radial se observan en las paredes de traqueidas punteaduras circulares, uniseriadas a biseriadas opuestas. Las punteaduras miden $14.44 \mu\text{m}$ (rango $10 - 20 \mu\text{m}$). Los campos de cruzamiento son muy pequeños, no se observan las punteaduras de los mismos (Figura 17, a y c).

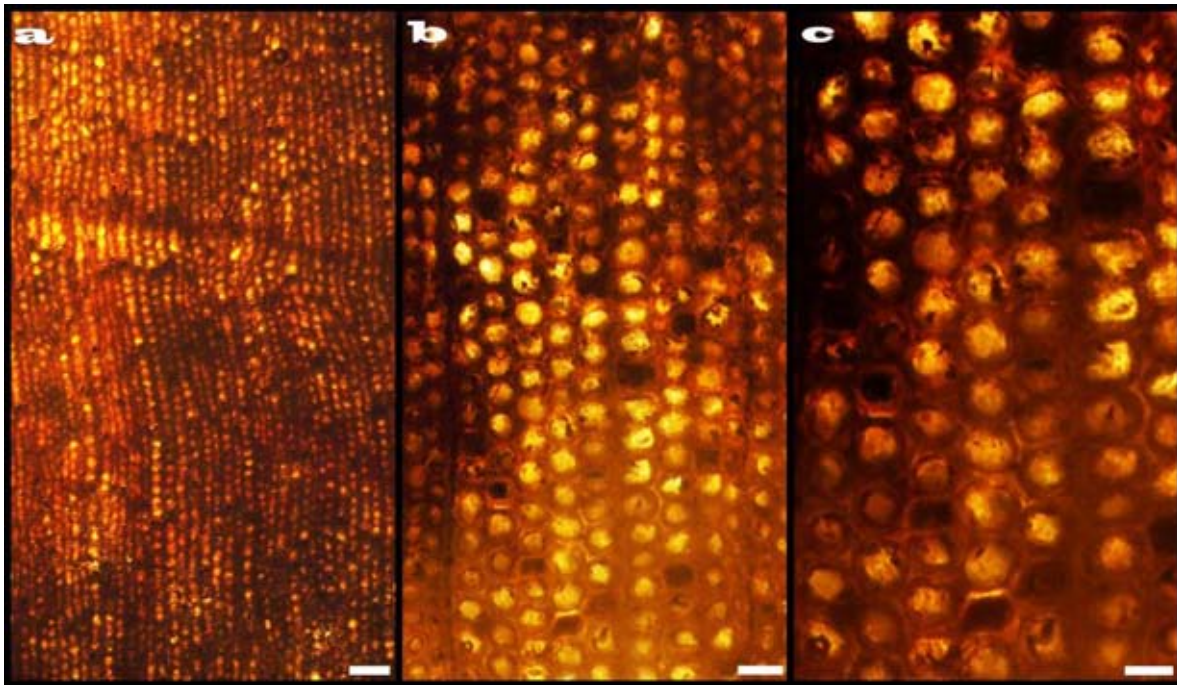


Figura 15: CFZOtT5. a) Corte transversal mostrando forma de las traqueidas. b y c) Pared y forma de las traqueidas. Escala a= 200 μ m, b=100 μ m y c=50 μ m.

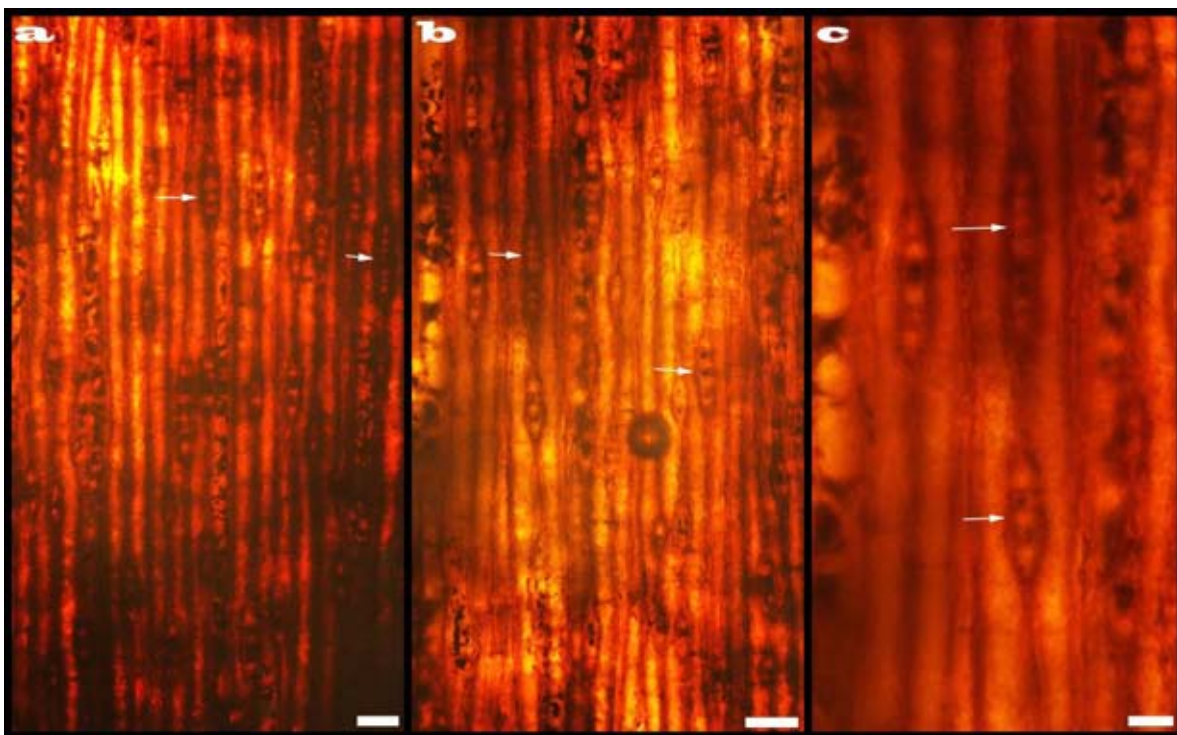


Figura 16: CFZOtT5. a y b) Corte longitudinal tangencial mostrando radios leñosos uniseriados, c) de bajos a medianos. Escala a y b= 100 μ m y c= 50 μ m.

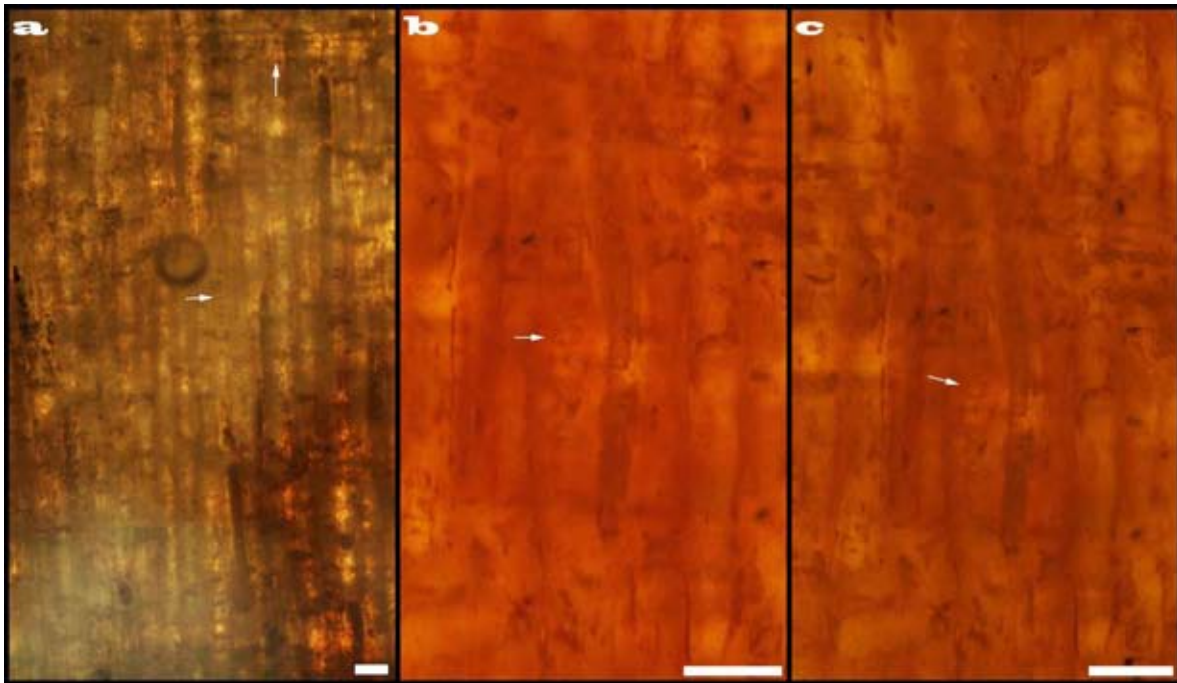


Figura 17: CFZOtT5. a) Corte longitudinal Radial. Se muestran los campos de cruzamiento. En b y c) Flechas indican las punteaduras de las traqueidas de forma circular uniseriadas. Escala a=100 μ m, b y c= 50 μ m.

CFZOtT9



Figura 18: Tronco silicificado, procedente de la formación Otlaltepec, CFZOtT9

Descripción: Fragmento de tronco de 14 cm de largo por 9 cm de ancho (Figura 18). En sección transversal las traqueidas tienen contornos pentagonales a hexagonales, con un diámetro tangencial de $45.54 \mu\text{m}$ (rango $30 - 79.2 \mu\text{m}$) y diámetro radial de $42.8 \mu\text{m}$ (rango $20 - 79.2 \mu\text{m}$), con un espesor de pared de $10 \mu\text{m}$, el número promedio de traqueidas que separan a los radios es de 6, variando entre $2 - 15$ traqueidas. No se observan canales resiníferos y no presenta anillos de crecimiento (Figura 19, a, b y c).

En el corte longitudinal tangencial se observan radios leñosos homogéneos uniseriados (Figura 20), de muy bajos a medianos, su altura promedio es de 5 células ($2 - 9$ células).

En el corte longitudinal radial se observan campos de cruzamiento poco distinguibles, no se observan punteaduras de los campos de cruzamiento (Figura 20, c y d). El material tiene un estado de preservación deficiente, por lo tanto estas estructuras fue imposible medir y describir completamente.

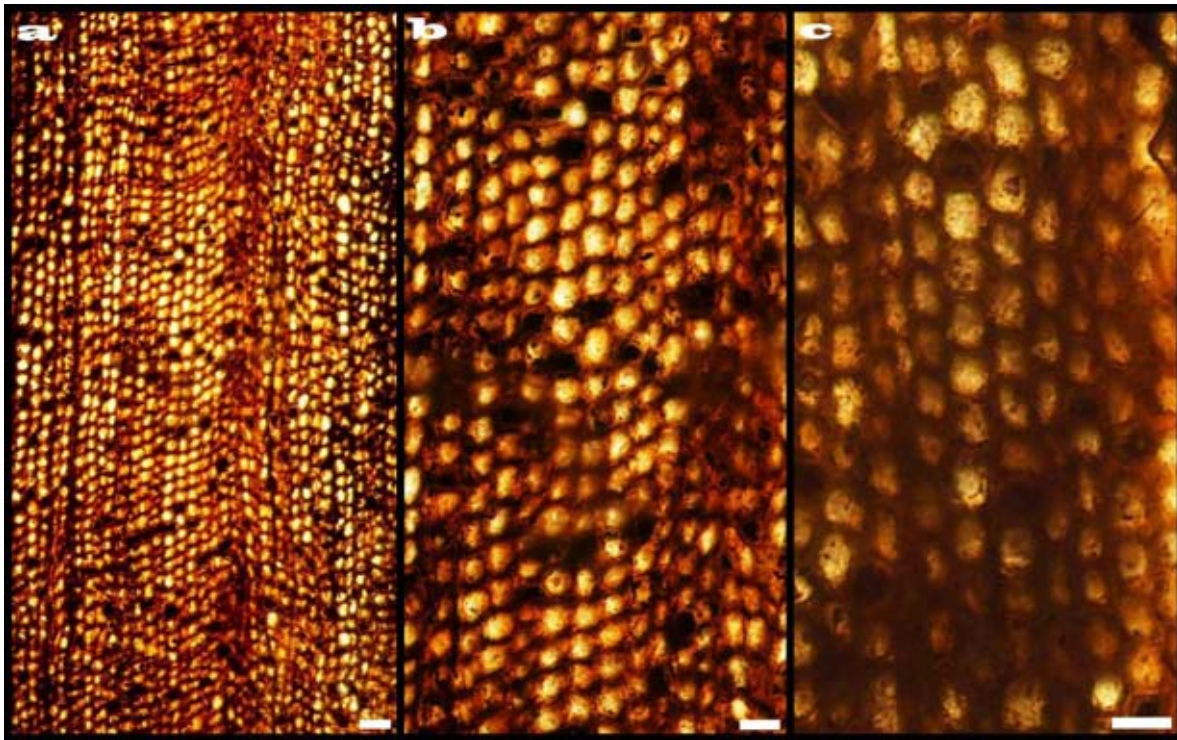


Figura 19: CFZOtT9. a, b y c) Corte transversal mostrando forma de las traqueidas. Escala a= 200µm, b y c= 100 µm.

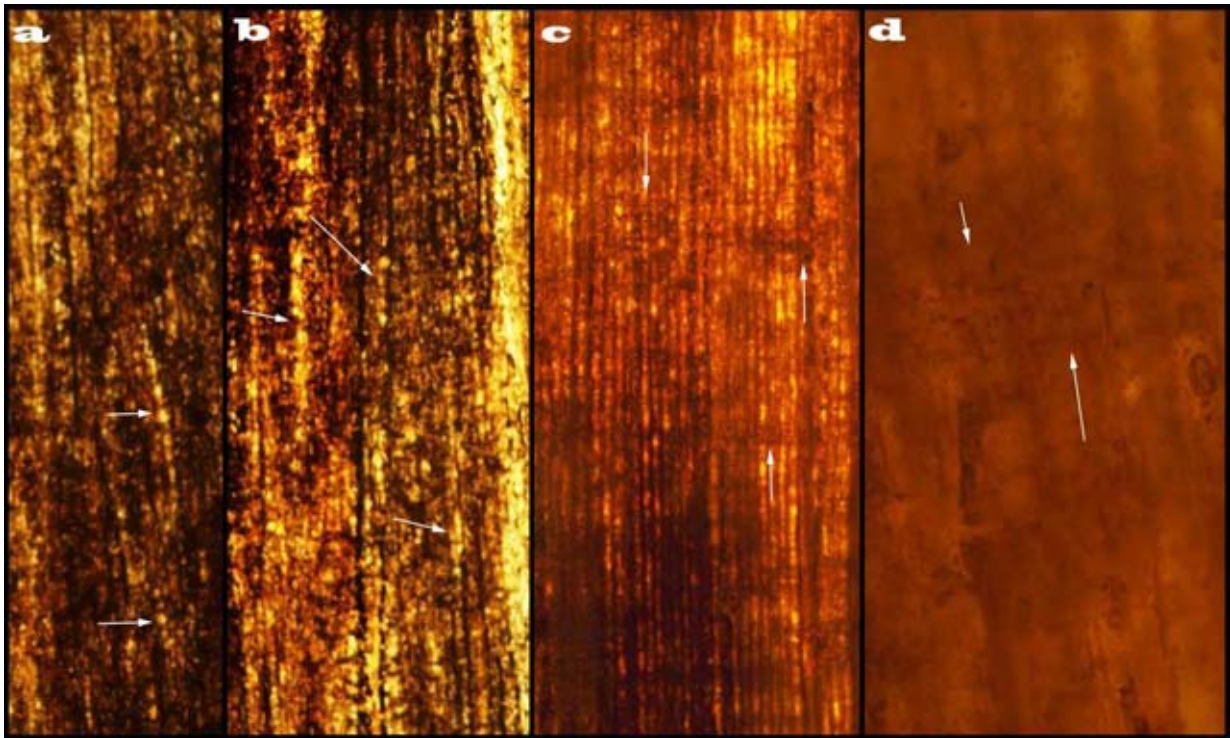


Figura 20: a y b) Corte longitudinal tangencial se observan los radios leñosos (flecha a y b), de muy bajos a medianos. c y d) Corte longitudinal radial, mostrando los campos de cruzamiento , d) no se observan las punteaduras dentro de los mismos (flecha d).

Afinidad: Los dos ejemplares de madera de la formación Otlaltepec, presentan elementos anatómicos que permiten colocarlo dentro de las gimnospermas.

La ausencia de elementos del vaso diferencia la madera de coníferas de las maderas de angiospermas. Las maderas de coníferas poseen radios leñosos uniseriados, salvo en aquellas especies en las que la presencia de canales resiníferos transversales ensanchan el radio (García *et. al.*, 2003).

No presenta engrosamientos helicoidales, lo cual las diferencia de la familia Taxaceae. Se observa la ausencia de canales resiníferos, lo cual permite descartar que pertenezca a la familia de las pinaceas, ya que esta característica es un carácter excluyente.

En ambas muestras se observan traqueidas con rellenos más oscuros, pudiendo ser estas traqueidas resinosas o depósitos orgánicos, este carácter no tiene valor analítico por su constante presencia en géneros como Araucaria y Agathis (IAWA, 2004).

Los leños jurásicos de la formación Otlaltepec, presentan un grado de fosilización deficiente, lo cual impide la observación de caracteres analíticos importantes, como son los campos de cruzamiento y las punteaduras de los campos de cruzamiento, dificultando así la identificación de las mismas.

| Carácter | | OtT5 | OtT9 |
|--|---|---|----------------------------|
| Anillos de crecimiento | | Ausentes | Ausentes |
| Parénquima Axial | | - | - |
| Canales resiníferos | | Ausentes | Ausentes |
| Traqueidas Forma (Corte Transversal) | | Circulares a pentagonales y hexagonales | Pentagonales a hexagonales |
| N° de traqueidas que separan a los radios | | 3 (5) 8 | 2 (6) 15 |
| Paredes de las traqueidas | Espesor de pared de traqueidas µm | 10 | 10 |
| | | | Lisas |
| Leño temprano | N° de hileras de traqueidas | - | - |
| | Diámetro de traqueidas µm | 20 (39.40) 59.4 | 30 (45.5) 79 |
| Leño tardío | N° de hileras de traqueidas | - | - |
| | Diámetro de traqueidas µm | - | - |
| Radios (Corte Transversal) | Tamaño en µm | 14.85 | 19.8 |
| Radios (Corte Tangencial) | Seriación | Homogéneos uniseriados | Homogéneos uniseriados |
| | Altura en µm | 29.7 (89.92) 178.2 | |
| | Altura de los radios en # de células | 2 (4) 8 | 2 (5) 6 |
| | Tamaño de las células de los radios µm | 20.79 | - |
| Traqueidas (Corte longitudinal Tangencial) | | - | - |
| Punteaduras de las traqueidas (Corte longitudinal Tangencial) | | - | - |
| Punteaduras Radiales (Corte longitudinal Radial) | Forma- Disposición | Circulares | - |
| | Numero de hileras de punteaduras | Uniseriadas a biseriadas opuestas | - |
| | Apertura | - | - |
| | Tamaño (Diámetro) | 10 (14) 20 | - |
| Características de las punteaduras de los campos de cruzamiento (Corte longitudinal Radial) | | No se observan | No se observan |
| Punteaduras en los campos de cruzamiento | | No se observan | No se observan |
| Engrosamientos helicoidales | | - | - |

Tabla 1: Caracteres anatómicos presentes en los leños de la formación Otlaltepec OtT5 y OtT6.

Tabla tomada y modificada de Gnaedinger y Herbst, 2009.

9.2. Unidad Magdalena CFZUMT3



Figura 21: Tronco silicificado CFZUMT3, procedente de la Unidad Magdalena.

Descripción: Tronco silicificado, de 27 cm de alto por 11 cm de ancho (Figura 21). En sección transversal se observan anillos de crecimiento falsos, traqueidas de contornos redondeados, el diámetro tangencial de las traqueidas es de $59 \mu\text{m}$ (rango $30 - 89 \mu\text{m}$), con una pared de $13.5 \mu\text{m}$ (rango $10 - 29.7 \mu\text{m}$), el número promedio de traqueidas que separan a los radios es de 5, variando entre 2 - 10 traqueidas, canales resiníferos ausentes (Figura 22, a, b y c).

En el corte longitudinal tangencial se observan radios leñosos homogéneos uniseriados ocasionalmente biseriados (Figura 23, b y c), de muy bajos a medianos su altura promedio es de 7 células (1 – 15 células).

En el corte longitudinal radial se observan punteaduras de las traqueidas de forma circular, uniseriadas y traqueidas hexagonales biseriadas a triseriadas (Figura 24, a y b), alternas.

Las punteaduras miden $21\ \mu\text{m}$ (rango $30 - 39\ \mu\text{m}$). Los campos de cruzamiento tienen punteaduras tipo cupresoide, desordenadas de 4 a 6 punteaduras (Figura 24, c y d).

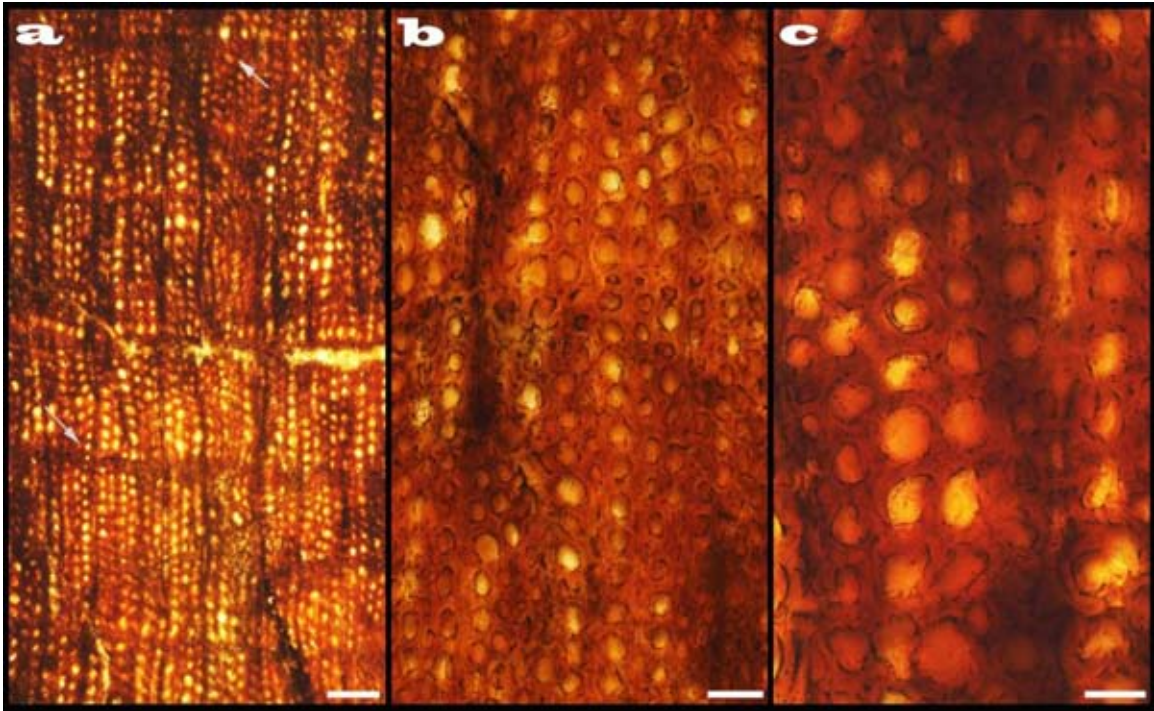


Figura 22: CFZUMT3. Corte transversal, (a) mostrando anillos de crecimiento falsos. Forma y acomodo de las traqueidas (b y c). Escala: a= $400\ \mu\text{m}$, b= $150\ \mu\text{m}$, c= $100\ \mu\text{m}$.

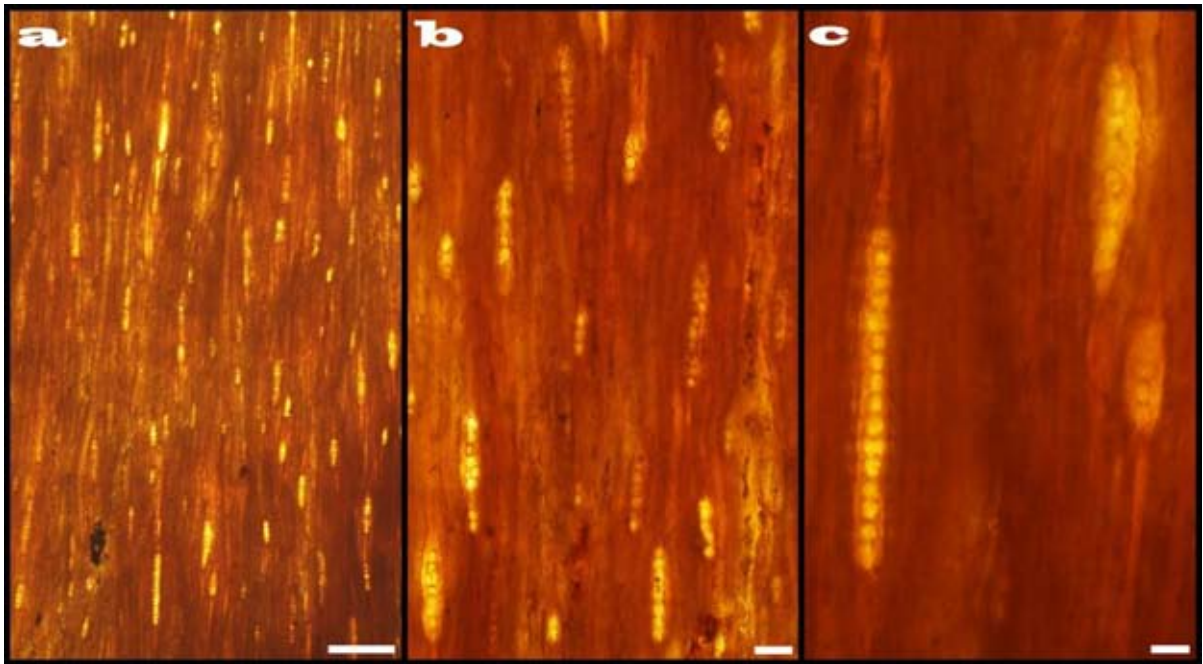


Figura 23: CFZUMT3. Corte tangencial (a, b y c) se observan radios leñosos uniseriados, de muy bajos a altos (c). Escala: a= 400 μ m, b= 150 μ m, c= 100 μ m.

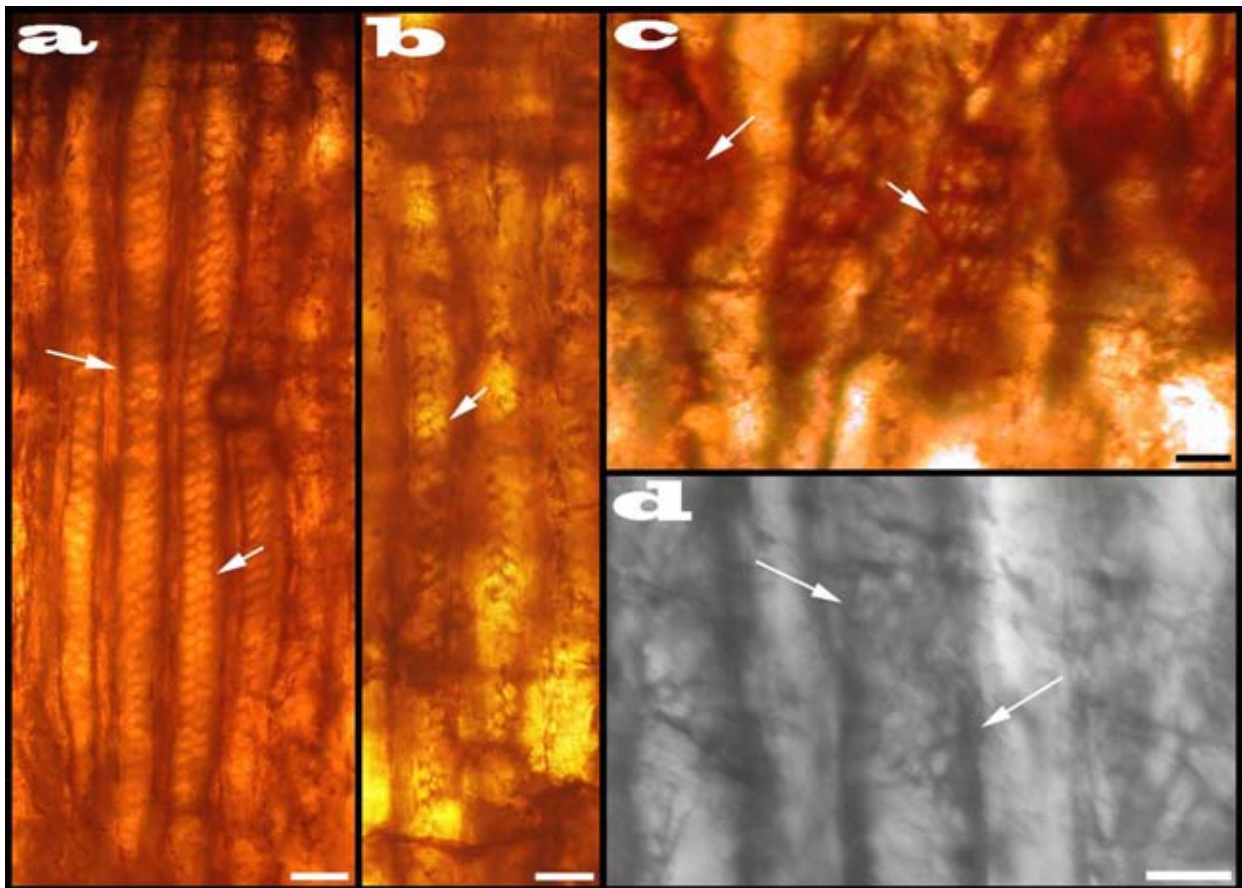


Figura 24: CFZUMT3. Corte radial, mostrando forma y acomodo de las punteaduras de las traqueidas (flecha a y b), se observan los campos de cruzamiento y punteaduras de los campos de cruzamiento (c y d), tipo cupresoide (flecha d). Escalas: a y b= 150µm, b y c= 50µm.

Afinidad: Las características anatómicas mostradas en la madera fósil, como son la forma y disposición de las punteaduras en las paredes radiales de las traqueidas, permiten relacionar este ejemplar a la familia Araucariaceae.

La ausencia de canales resiníferos permite descartar que pertenezca a la familia de las pináceas, ya que esta característica es un carácter excluyente.

Este ejemplar fue comparado con ejemplares del género *Agathoxylon* Harting, el cual presenta como caracteres principales traqueidas con puntuaciones araucarioides y campos de cruce con puntuaciones cupresoides en disposición araucarioide. (Philippe & Torres, 2002).

Greguss (1967), describe *Agathoxylon sp.*, con traqueidas transversales circulares a elípticas, ausencia de anillos de crecimiento, radios uniseriados de 1 a 15 células de alto, traqueidas radiales de uniseriadas a biseriadas con un acomodo tipo araucarioide (alternas), este ejemplar presenta radios leñosos uniseriados de bajos a medios de 1 a 18 células de alto, presenta traqueidas radiales tipo araucarioides de circulares a hexagonales alternas, de 4 a 6 punteaduras en los campos de cruzamiento tipo cupresoides, esto permite relacionar este ejemplar al género *Agathoxylon*.

En la comparación con las especies pertenecientes al género *Agathoxylon* Harting: *Agathoxylon dallonii* (Crisafulli y Herbst, 2010), *Agathoxylon sp.* (Pujana *et. al.*, 2007), *Agathoxylon matildense* (Zamuner y Falaschi, 2005), los caracteres descritos de este leño presentan gran similitud con los antes mencionados, el ejemplar CFZUMT3 muestra más similitud con *Agathoxylon matildense* n. ya que se observa ausencia de parénquima axial, canales resiníferos ausentes y el tipo de punteaduras de los campos de cruzamiento tipo cupresoides (Tabla 2). Sin embargo con las características establecidas, aun no se le asigna la pertenencia a una especie.

| Carácter/Género | | UMT3 | <i>Agathoxylon dallonii</i> | <i>Agathoxylon sp.</i> | <i>Agathoxylon matildense</i> |
|---|---|--|---|---|---|
| Anillos de crecimiento | | Falsos | Presentes | Presentes | Presentes |
| Parénquima Axial | | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| Canales resiníferos | | Ausentes | Ausente | Ausente | Ausente |
| Traqueidas Forma (Corte Transversal) | | Circulares | Cuadrangulares a rectangulares | Rectangulares con bordes redondos | Poligonales a cuadrangulares |
| N° de traqueidas que separan a los radios | | 2 (5) 10 | - | - | - |
| Paredes de las traqueidas | Espesor de pared de traqueidas μm | 9.9 (13.52) 29.7 | - | - | 2.5 (5) 7.5 |
| | | Lisas | - | - | - |
| Leño temprano | N° de hileras de traqueidas | 9 - 14 | - | - | - |
| | Diámetro de traqueidas μm | 29.7 (59.11) 89.1 | 57 μm | 25 (35) 50 | 16 (24) 32 |
| Leño tardío | N° de hileras de traqueidas | - | - | - | - |
| | Diámetro de traqueidas | - | - | - | 16 (20.4) 32 |
| Radios (Corte Transversal) | Tamaño en μm | 19.8 (27.72) 29.7 | - | - | - |
| | | | | | |
| Radios (Corte Tangencial) | Seriación | Homogéneos uniseriados rara vez biseriados | Homogéneos, uniseriados | Uniseriados | Uniseriados, homogéneos |
| | Altura en μm | 49.5 (188.5) 386.1 | - | - | - |
| | Altura de los radios en # de células | 1 (7) 15 | 2 (5) 12 | 1 (5) 8 | 1 -- 4 |
| | Tamaño de las células de los radios μm | 29.7 (31.68) 39.6 | - | - | - |
| Punteaduras de las traqueidas (Corte longitudinal Tangencial) | | No observadas | - | - | - |
| Punteaduras Radiales (Corte longitudinal Radial) | Forma- Disposición | Circulares a hexagonales | Circulares | Circulares a hexagonales | Circulares excepcionalmente hexagonales |
| | Numero de hileras de punteaduras | 2 - 3 alternas | 2 -3 subopuestas y opuestas, tipo Araucaroide | Uniseriadas rara vez biseriadas, alternas | Uniseriadas contiguas, localmente biseriadas alternas |
| | Apertura | - | - | - | - |
| | Tamaño (Diámetro) | 19.8 (21.12) 39.6 | - | 13 μm | - |
| Características de las punteaduras de los campos de cruzamiento (Corte longitudinal Radial) | | Desordenadas 4 a 6 | Aeroleadas, circulares, opuestas de 2 a 4 | Elípticas, oblicuas de 3 a 5 | Desordenadas de 4 - 5 |
| Punteaduras en los campos de cruzamiento | | Punteaduras de tipo cupresoides | - | - | Punteaduras tipo cupresoides |
| Engrosamientos helicoidales | | - | - | - | - |

Tabla 2: Caracteres presentes en el leño CFZUMT3, comparado con 3 especies fósiles pertenecientes al género *Agathoxylon* (*A. dallonii*, *A. sp.* y *A. matildense*). Tabla tomada y modificada de Gnaedinger y Herbst, 2009.

CFZUMT7



Figura 25: Tronco silicificado CFZUMT7, procedente de la Unidad Magdalena.

Descripción: Fragmento de tronco silicificado, de 8 cm de alto por 7 cm de ancho (Figura 25). Se observa la presencia de tejido xilemático en una sola parte del leño. En sección transversal presenta anillos de crecimiento verdaderos, en el leño temprano se distinguen traqueidas con contornos cuadrados a circulares, el lumen de las traqueidas tiene un diámetro promedio de $48 \mu\text{m}$ (rango $30 - 59 \mu\text{m}$), con un espesor de pared de $10.6 \mu\text{m}$ (rango $10 - 20 \mu\text{m}$). La madera temprana domina sobre la madera tardía con un promedio de 40 traqueidas, el lumen de las traqueidas del leño tardío tiene un diámetro promedio de $20 \mu\text{m}$ (rango $10 - 30 \mu\text{m}$), la transición entre el leño temprano y el leño tardío es abrupta. El número promedio de traqueidas que separan los radios es de 7, variando entre $2 - 9$. traqueidas, no se observan canales resiníferos (Figura 26, a, b y c).

El corte longitudinal tangencial, muestra radios leñosos homogéneos uniseriados, de bajos a mediano, la altura de los mismos va de 2 a 15 células, con un promedio de 7 células (Figura 27, a y b).

En el corte longitudinal radial se observan punteaduras circulares en las traqueidas, estas son uniseriadas parcialmente biseriadas alternas (Figura 28, a). Las punteaduras miden $13.6 \mu\text{m}$ (rango $10 - 20 \mu\text{m}$). Los campos de cruzamiento tienen punteaduras tipo Cupresoide, de 8 a 10 punteaduras por campo (Figura 28, b, c y d).

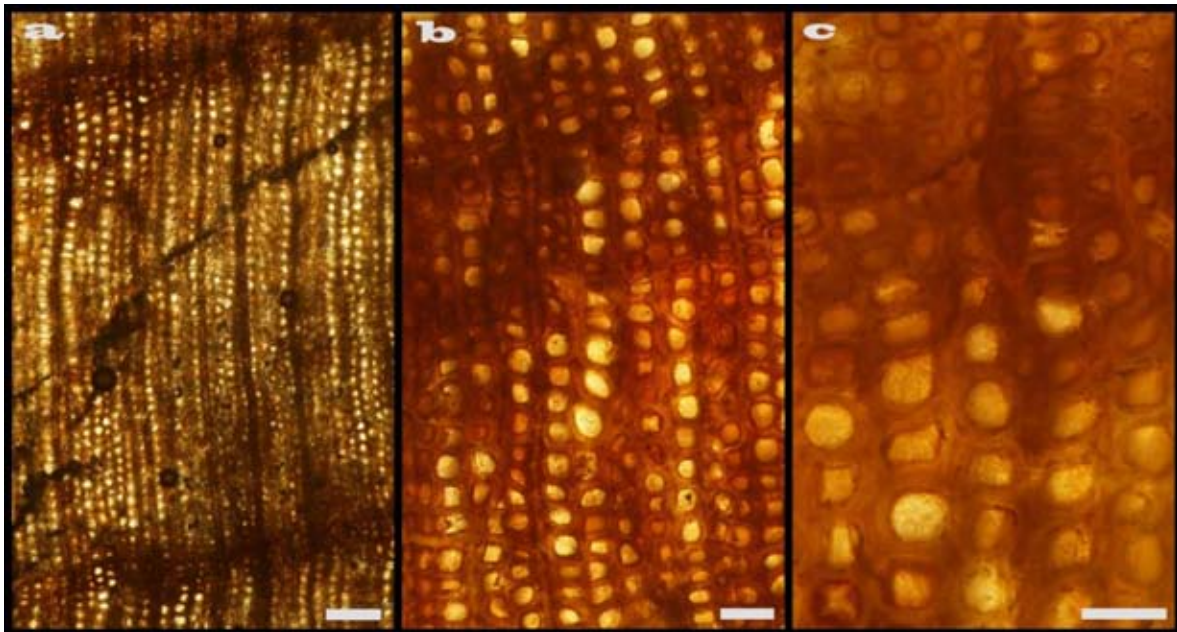


Figura 26: CFZUMT7. Corte transversal, se observan anillos de crecimiento verdaderos (a), acomodo y forma de las traqueidas (b y c). Escala: A= 200 μ m, B = 100 μ m y C = 100 μ m.

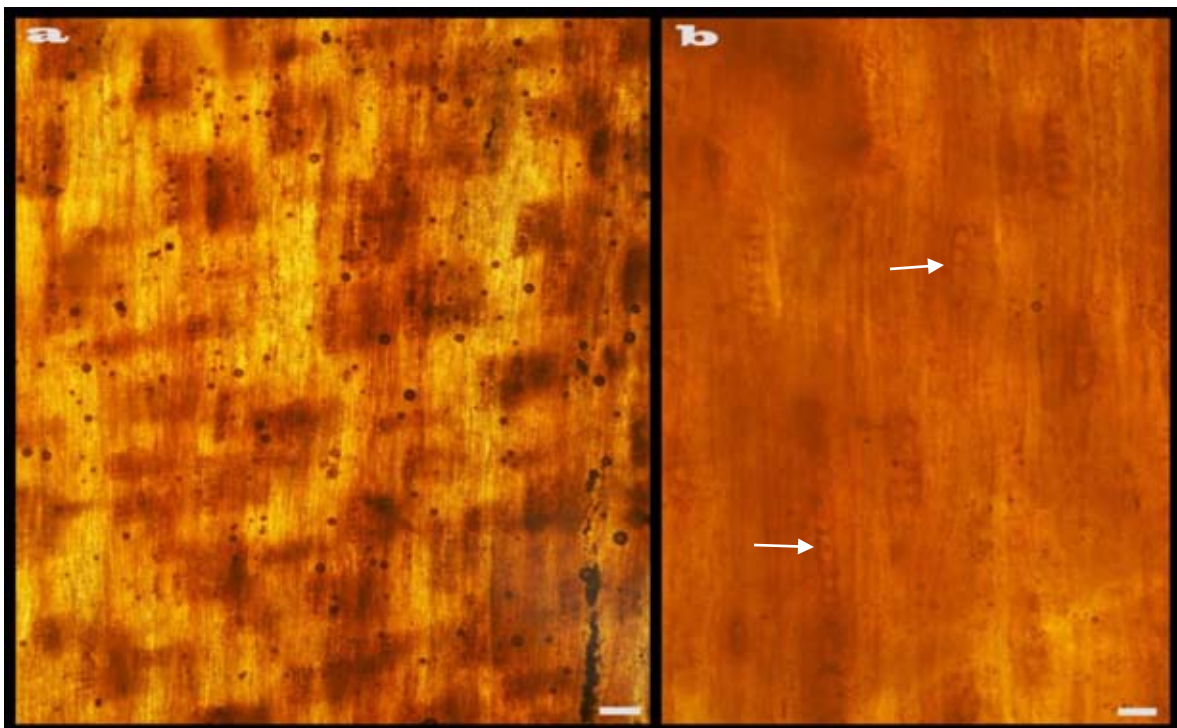


Figura 27: CFZUMT7. Corte longitudinal tangencial, se observan radios leñosos de bajos a medianos. Escala: a= 200 μ m, b= 100 μ m.

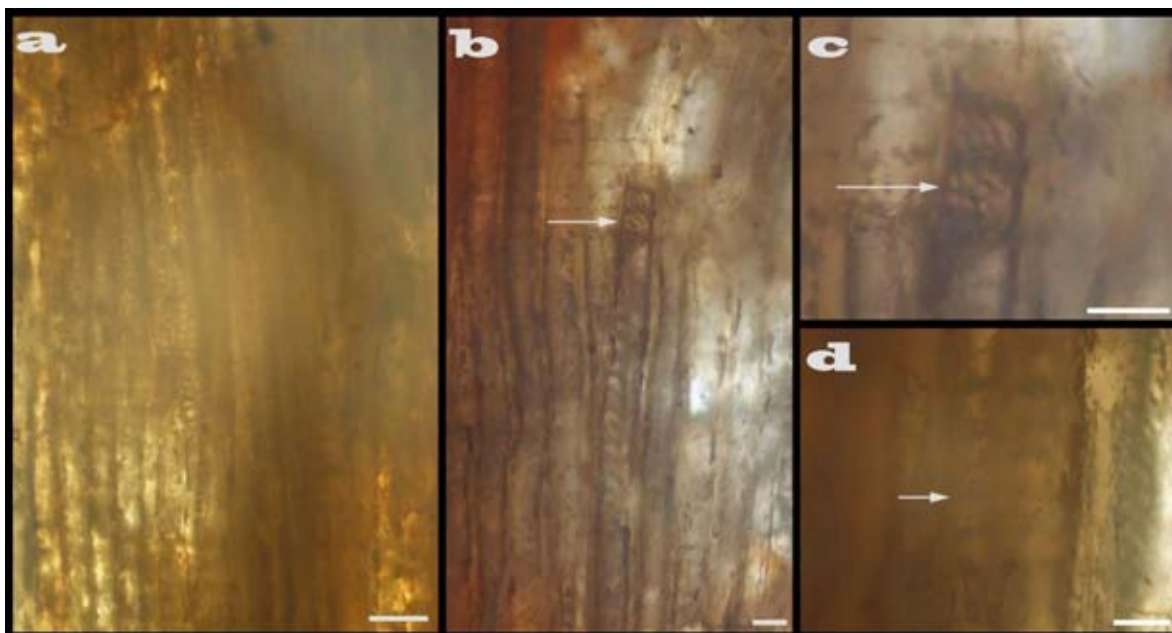


Figura 28: CFZUMT7. Corte radial, mostrando punteaduras de las traqueidas (a), y los campos de cruzamiento, (b, c y d) se observan las punteaduras de los campos de cruzamiento tipo cupresoide (flecha c y d). Escala: a= 100 μ m, b, c y d= 50 μ m.

Afinidad: Un rasgo que caracteriza las maderas de la familia Araucariaceae y las distingue de todas las otras coníferas es que presentan en las paredes radiales de las traqueidas punteaduras alternas, las características de este leño permite asignarlo a la familia Araucariaceae.

Presenta anillos de crecimiento demarcados por 2 a 5 hileras de traqueidas, la similitud que existe entre las células de la madera temprana (paredes delgadas y lumen amplio) y tardía (paredes gruesas y lumen reducido (García *et. al.*, 2003), dificulta la observación de la transición de los anillos de crecimiento.

La presencia en este ejemplar de punteaduras radiales circulares, uniseriadas a biseriadas contiguas y alternas, punteaduras de los campos de cruzamiento tipo cupresoide, de 8 a 10 punteaduras desordenadas, permite relacionar al ejemplar UMT7 con la familia Araucariaceae.

En base a la comparación con los ejemplares de la familia Araucariaceae: *Araucarioxylon protoaraucana* (Brea, 1997) y *Araucarioxylon termieri* (Gnaedinger, 2006), resumidos en la tabla 3, el leño UMT7 presenta gran similitud con *Araucarioxylon termieri*.

Araucarioxylon termieri presenta traqueidas con contornos rectangular a cuadrangular, con anillos de crecimiento demarcados solo por 2 hileras, con un promedio de 7 traqueidas que separan a los radios. En las traqueidas radiales presenta punteaduras areoleadas circulares tipo araucarioide, es decir, uniseriadas y biseriadas contiguas y alternas, con un promedio de 8 punteaduras en los campos de cruzamiento, dispuestas en hileras horizontales o en grupos en forma de corona (Gnaedinger, 2006). A diferencia de *Araucarioxylon termieri* el cual presenta en los campos de cruzamiento punteaduras tipo araucarioide, el ejemplar aquí estudiado presenta punteaduras tipo cupresoide, desordenadas de 8 a 10 punteaduras. Por lo tanto, este ejemplar solo se asigna dentro del género *Araucarioxylon*.

| Carácter/Género | | UMT7 | <i>Araucarioxylon protoaraucana</i> | <i>Araucarioxylon termieri</i> |
|---|---|--|--|--|
| Anillos de crecimiento | | Verdaderos | Verdaderos | Verdaderos |
| Parénquima Axial | | Ausente | Escaso o nulo | Ausente |
| Canales resiníferos | | Ausentes | Ausentes | Ausentes |
| Traqueidas Forma (Corte Transversal) | | Cuadradas y circulares | Cuadradas | Rectangulares a cuadrangulares |
| N° de traqueidas que separan a los radios | | 2 (7) 9 | - | 4 - 5 variando entre 3 - 7 |
| Paredes de las traqueidas | Espesor de pared de traqueidas μm | 9.9 (10.56) 19.8 | 16 - 24 | - |
| | | Lisas | Lisas | Lisas |
| Leño temprano | N° de hileras de traqueidas | 17 (40) 52 | - | - |
| | Diámetro de traqueidas μm | 29.7 (47.71) 59.4 | 40 (69.33) 80 | 15 (30) 45 |
| Leño tardío | N° de hileras de traqueidas | 3 a 5 | - | 2 |
| | Diámetro de traqueidas μm | 9.9 (20.4) 29.7 | 32 (58.13) 72 | 30 - 37 |
| Radios (Corte Transversal) | Tamaño en μm | 19 (32.34) 49.5 | - | - |
| Radios (Corte Tangencial) | Seriación | Homogéneos uniseriados | Homogéneos uniseriados | Homogéneos uniseriados |
| | Altura en μm | 59.4 (257.8) 455.4 | 54 (225) 700 | - |
| | Altura de los radios en # de células | 2 (7) 15 | 2 (5) 9 | 2 (6) 14 |
| | Tamaño de las células de los radios μm | 14.85 (29.04) 39.6 | - | 22 - 52 |
| Punteaduras de las traqueidas (Corte longitudinal Tangencial) | | No observadas | Areoladas | - |
| Punteaduras Radiales (Corte longitudinal Radial) | Forma- Disposición | Circulares | Circular | Circulares |
| | Numero de hileras de punteaduras | Uniseriadas parcialmente biseriadas alternas | Uniseriadas a biseriadas, alternas muy pocas veces subopuestas | Uniseriadas y biseriadas contiguas y alternas |
| | Apertura | | Circular o lenticular | - |
| | Tamaño (Diámetro μm) | 9.9 (13.62) 19.8 | - | 11 - j 15 |
| Características de las punteaduras de los campos de cruzamiento (Corte longitudinal Radial) | | Desordenadas de 8 a 10 | Areoladas circulares, de 3 a 9, desordenadas | 1 a 8 dispuestas en hileras horizontales o en grupos |
| Punteaduras en los campos de cruzamiento | | Tipo cupresoide | Tipo araucarioide | Tipo araucarioide |
| Engrosamientos helicoidales | | - | - | - |

Tabla 3: Caracteres presentes en el leño CFZUMT7, comparado con 2 especies fósiles pertenecientes al género *Araucarioxylon* (*A. protoaraucana* y *A. termieri*). Tabla tomada y modificada de Gnaedinger y Herbst, 2009.

CFZUMT8



Figura 29: Leño silicificado CFZUMT8, procedente de la Unidad Magdalena.

Descripción: Tronco silicificado de 23 cm de alto por 9 cm de ancho (Figura 29). En sección transversal no se observan canales resiníferos, no presenta anillos de crecimiento, las traqueidas tienen contornos redondeados de $41.6 \mu\text{m}$ (rango $19.8 - 59.4 \mu\text{m}$), con un espesor de pared de $10 \mu\text{m}$, el número promedio de traqueidas que separan los radios es de 7, y varían entre 3 – 13 traqueidas (Figura 30, a, b y c).

En el corte longitudinal tangencial se observan radios leñosos homogéneos uniseriados (Figura 31, a, b y c), de muy bajos a medianos su altura promedio es de 7 células (2 – 15 células).

En el corte longitudinal radial se distinguen punteaduras de las traqueidas circulares, uniseriadas (Figura 31, d). Las punteaduras miden $11.9 \mu\text{m}$ (rango $10 - 14.9 \mu\text{m}$). En los campos de cruzamiento no se observan las punteaduras de los mismos.

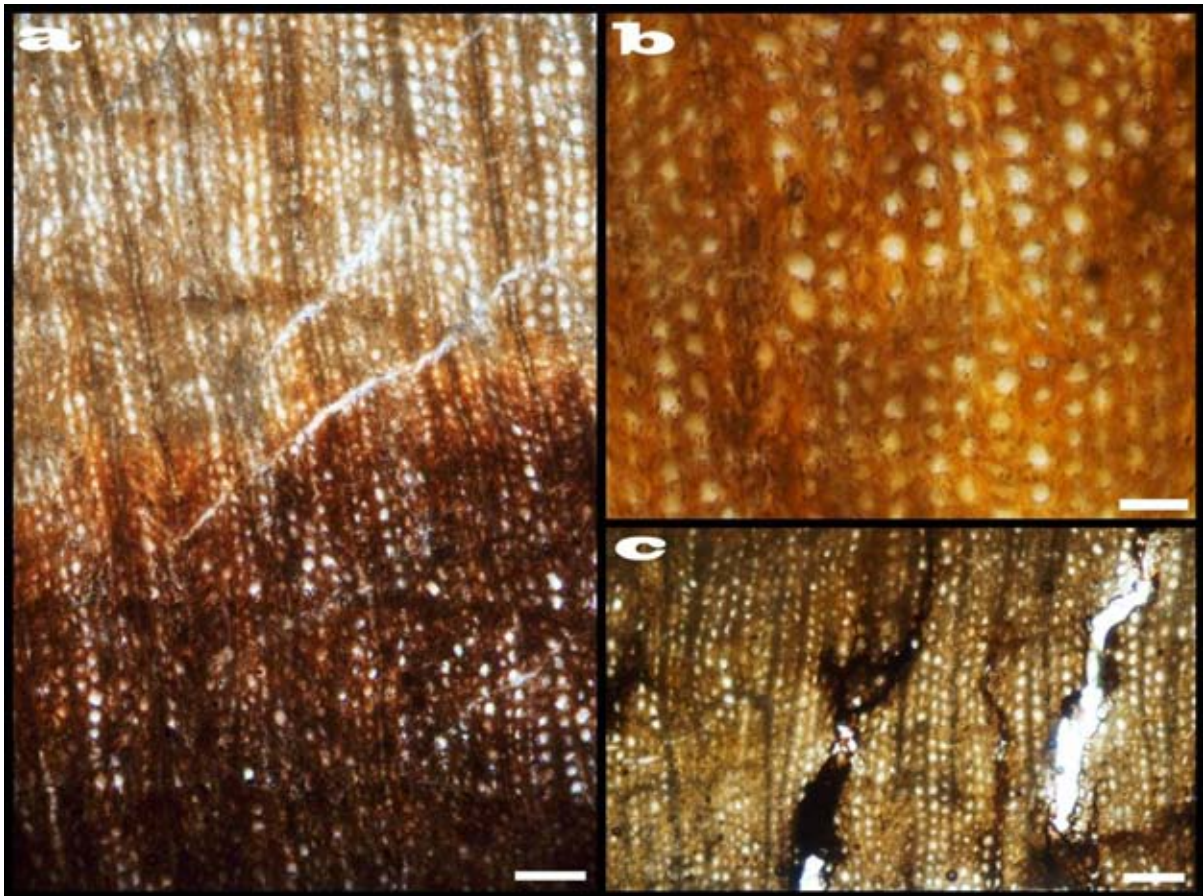


Figura 30: CFZUMT8. Corte transversal, anillos de crecimiento falsos (a) y detalle de forma las traqueidas (b y c). Escala: a= 300 μ m, b= 100 μ m y c= 400 μ m.

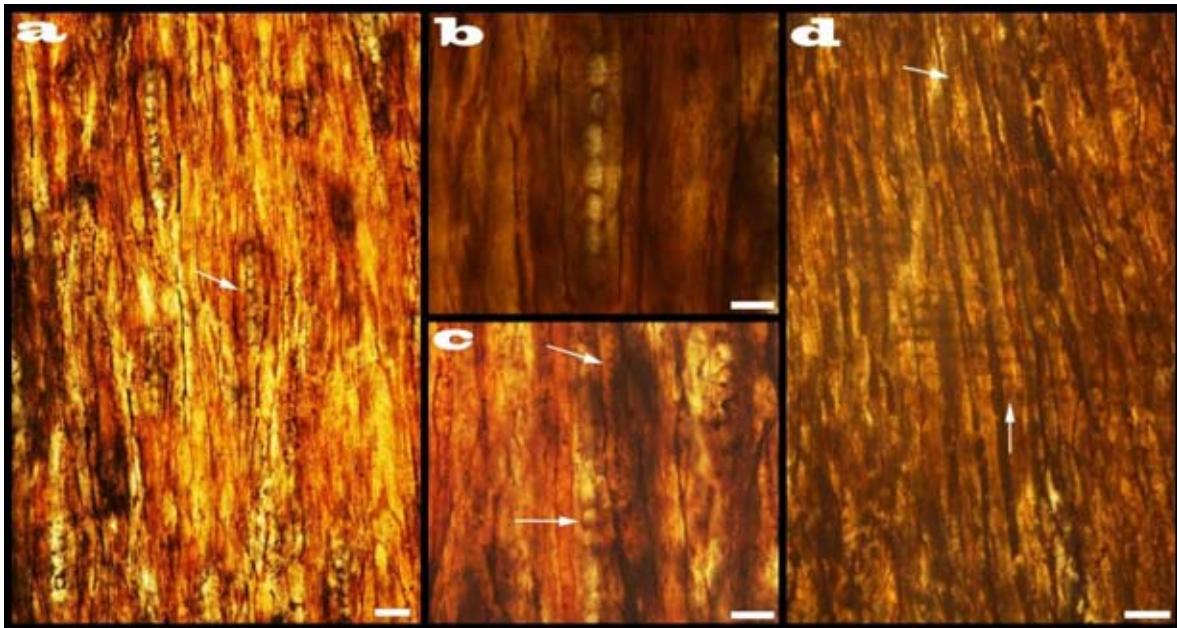


Figura 31: CFZUMT8, a, b y c) Corte tangencial, se observan radios leñosos de bajos a medianos, c) Flechas mostrando punteaduras de las traqueidas y células de los radios, d) Corte radial, se muestran punteaduras de las traqueidas radiales y los campos de cruzamiento.

Afinidad: Los caracteres anatómicos que se resumen en la tabla 4 permiten referir al ejemplar CFZUMT8 como afin al género *Agathoxylon*. En base a la comparación con los especies pertenecientes a este género: *Agathoxylon sp.* (Pujana *et. al.*, 2007), *Agathoxylon linguaensis* (Philippe y Torres, 2002) y *Agathoxylon dallonii* (Crisafulli y Herbst, 2010), mostrados en la tabla x, los caracteres descritos de este ejemplar, presentan mayor similitud con el ejemplar *Agathoxylon sp.*

El leño CFZUMT8 presenta anillos de crecimiento falsos, parénquima axial ausente, traqueidas de contornos redondeados con paredes lisas, con un diámetro traqueidal de 50µm, radios leñosos de muy bajos a medianos de 2 a 16 células de alto, punteaduras radiales circulares uniseriadas, estas características son muy similares al ejemplar *Agathoxylon sp.* (Pujana *et. al.*, 2007).

Este ejemplar no fue determinado a nivel específico debido a que la preservación no es muy buena y no pueden observarse con claridad los campos de cruzamiento, por lo tanto no se observan las punteaduras de los campos de cruzamiento, las cuales tienen un gran valor diagnóstico para la asignación específica de las maderas de coníferas.

| Carácter/Género | | UMT8 | Agathoxylon sp. | <i>Agathoxylon liguaensis</i> | <i>Agathoxylon dallonii</i> |
|---|---|------------------------|---|---|--|
| Anillos de crecimiento | | Falsos | Presentes | Presentes | Presentes |
| Parénquima Axial | | Ausente | Ausente | Ausentes | Ausente |
| Canales resiníferos | | Ausentes | Ausente | Ausentes | Ausente |
| Traqueidas Forma (Corte Transversal) | | Contornos redondeados | Rectangulares con bordes redondos | Rectangulares con lumen redondeado | Cuadrangulares a rectangulares |
| N° de traqueidas que separan a los radios | | 3 (7) 13 | - | 2 a 4 | - |
| Paredes de las traqueidas | Espesor de pared de traqueidas μm | 9.9 | - | 4 a 9 | - |
| | | Lisas | - | - | - |
| Leño temprano | N° de hileras de traqueidas | - | - | - | - |
| | Diámetro de traqueidas μm | 19.8 (41.58) 59.4 | 25 (35) 50 | 50 (60) 70 | 57 μm |
| Leño tardío | N° de hileras de traqueidas | - | - | - | - |
| | Diámetro de traqueidas | - | - | - | - |
| Radios (Corte Transversal) | Tamaño en μm | 19.8 (22.44) 29.7 | - | - | - |
| | | | | | |
| Radios (Corte Tangencial) | Seriación | Homogéneos uniseriados | Uniseriados | Homogéneos uniseriados | Homogéneos, uniseriados |
| | Altura en μm | 79.2 (261.85) 594 | - | | - |
| | Altura de los radios en # de células | 2 (7) 15 | 1 (5) 8 | 1 (30) 56 | 2 (5) 12 |
| | Tamaño de las células de los radios μm | 19.8 (28.46) 39.6 | - | 22 | - |
| Punteaduras de las traqueidas (Corte longitudinal Tangencial) | | No observadas | - | - | - |
| Punteaduras Radiales (Corte longitudinal Radial) | Forma- Disposición | Circulares | Circulares a hexagonales | - | Circulares |
| | Numero de hileras de punteaduras | Uniseriadas | Uniseriadas rara vez biseriadas, alternas | Uniseriadas a biseriadas, alternas algunas opuestas | 2 -3 subopuestas y opuestas, tipo Araucarioide |
| | Apertura | | - | - | - |
| | Tamaño (Diámetro) | 9.9 (11.8) 14.85 | 13 μm | 18 | - |
| Características de las punteaduras de los campos de cruzamiento (Corte longitudinal Radial) | | No se observan | Elípticas, oblicuas de 3 a 5 | De 1 a 3 | Aeroleadas, circulares, opuestas de 2 a 4 |
| Punteaduras en los campos de cruzamiento | | - | - | Punteaduras cupresoides en disposición araucarioide | - |
| Engrosamientos helicoidales | | - | - | - | - |

Tabla 4: Caracteres presentes en el leño CFZUMT8, comparado con 3 especies fósiles pertenecientes al género *Agathoxylon* (*A. sp.*, *A. liguaensis* y *A. dallonii*). Tabla tomada y modificada de Gnaedinger y Herbst, 2009.

CFZUMT9



Figura 32: Tronco silicificado CFZUMT9, procedente de la Unidad Magdalena

Descripción: Tronco silicificado, de 18 cm de alto por 9 cm de ancho (Figura 32). En sección transversal no se observan anillos de crecimiento, canales resiníferos ausentes, presenta traqueidas de contornos circulares a rectangulares, el diámetro de las traqueidas es de $53.9 \mu\text{m}$ (rango $40 - 79 \mu\text{m}$), con una pared de $10.9 \mu\text{m}$ (rango $10 - 20 \mu\text{m}$), el número promedio de traqueidas que separan los radios es de 6, variando entre 2 a 14 traqueidas (Figura 33, a, b y c).

En el corte longitudinal tangencial se observan radios leñosos homogéneos uniseriados, de bajos a medianos (Figura 34 a y b), su altura promedio es de 6 células ($3 - 11$ células) (Figura 34, c).

En el corte longitudinal radial se observan punteaduras de las traqueidas circulares y hexagonales, estas van de uniseriadas a parcialmente biseriadas, alternas (Figura 35, a). Las punteaduras miden $17.8 \mu\text{m}$. Los campos de cruzamiento tienen punteaduras tipo cupresoide, desordenadas de 5 a 6 punteaduras por campo. Se observan engrosamientos helicoidales (Figura 35, b, c y d).

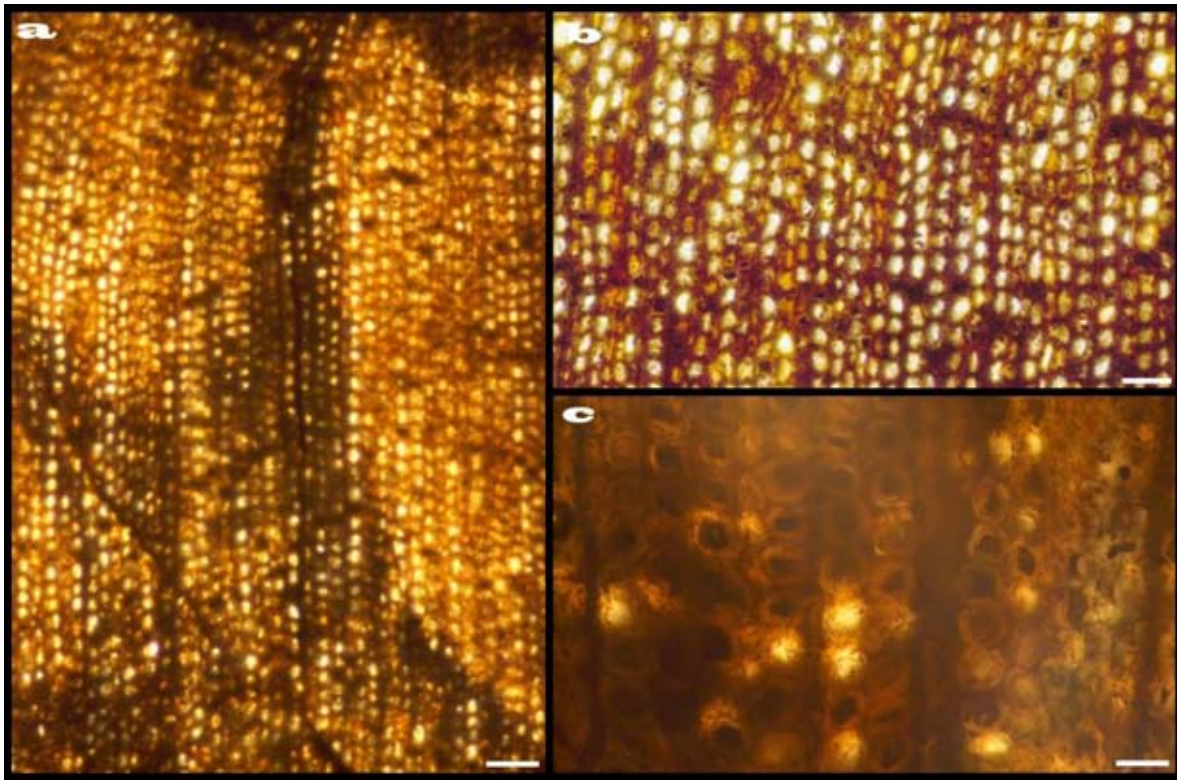


Figura 33: CFZUMT9. Corte transversal, traqueidas con contornos circulares. Escala: a=300 μ m, b= 200 μ m y c= 100 μ m.

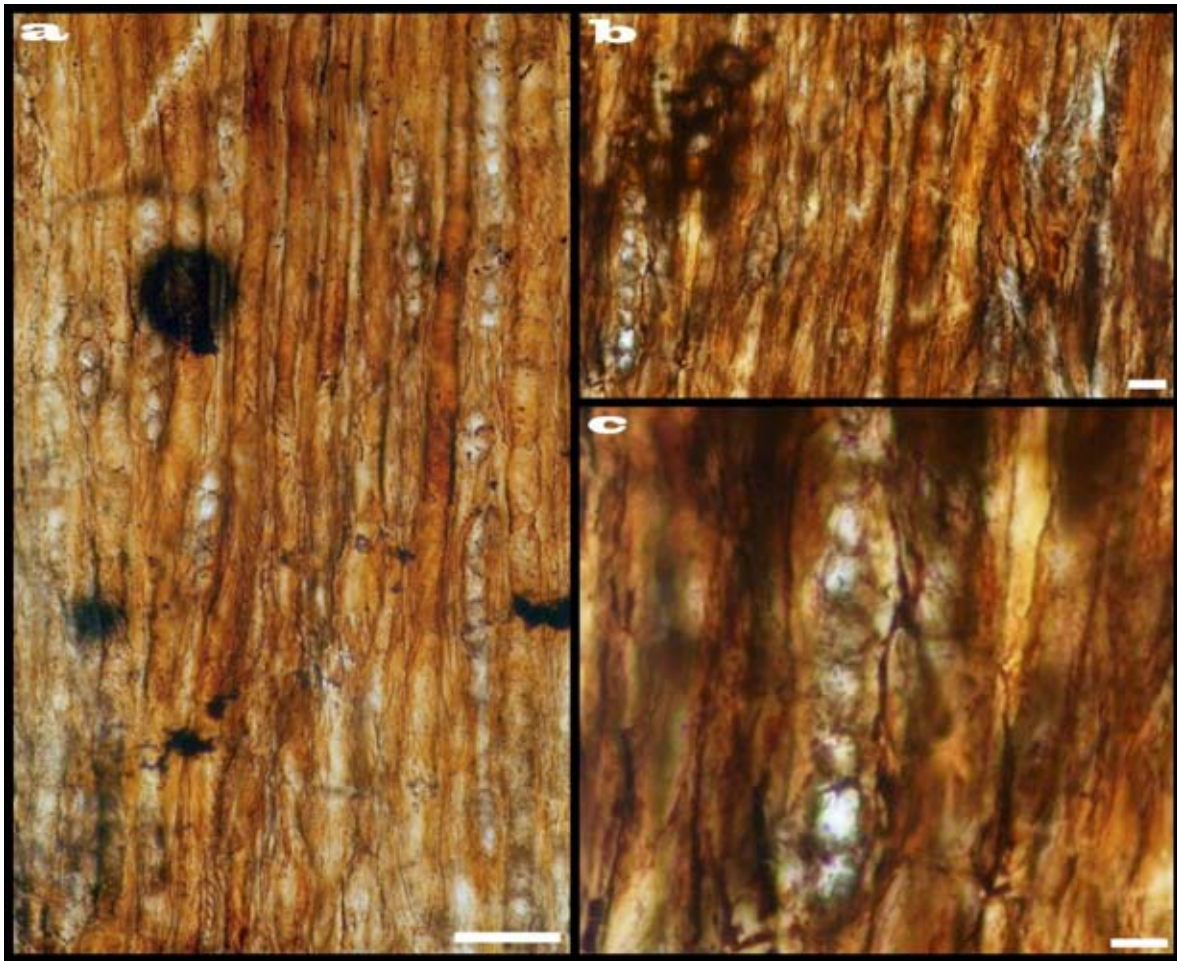


Figura 34: CFZUMT9. Corte tangencial, (a, b y c) se observan radios leñosos de bajos a medianos. Escala: a= 200 μ m y b y c= 100 μ m.

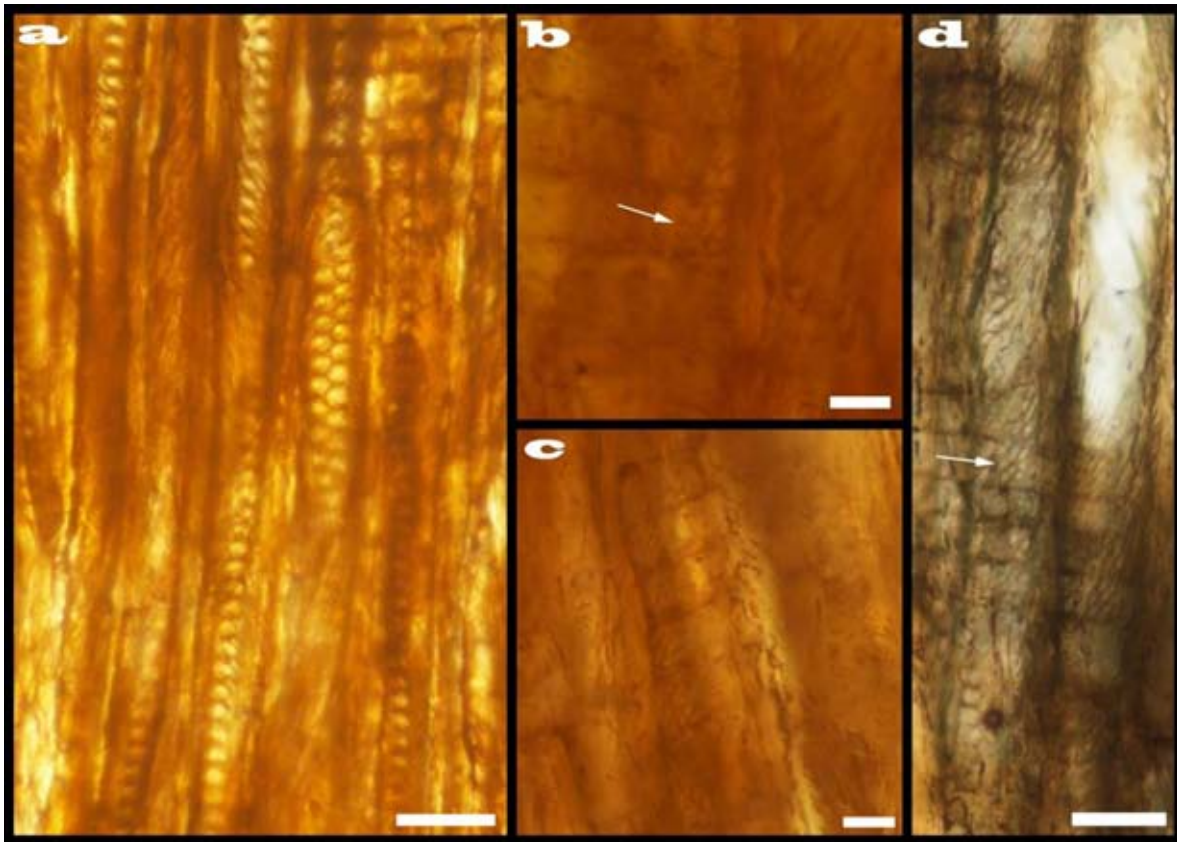


Figura 35: CFZUMT9. Corte radial, punteaduras de las paredes radiales de las traqueidas, uniseriadas y biseriadas alternas (a) y punteaduras de los campos de cruzamiento (b, c y d). Flechas b y d señalando punteaduras tipo cupresoide. Escala: a y d= 100 μ m, b y c= 50 μ m.

Afinidad: Sus características anatómicas permiten identificarlo con afinidad a la familia Araucariaceae, entre ellas se destacan la presencia de punteaduras de las traqueidas tipo araucarioide, circulares y hexagonales, uniseriadas a biseriadas alternas; ausencia de parénquima y punteaduras de los campos de cruzamiento tipo araucarioide.

Este ejemplar presenta ausencia de canales resiníferos, lo cual permite diferenciarlo de la familia de las Pinaceas, se diferencia de la familia Taxaceae, ya que no presenta engrosamientos helicoidales.

El ejemplar aquí descrito fue comparado con ejemplares del género *Agathoxylon* Harting, el cual presenta como caracteres principales traqueidas con punteaduras araucarioides y campos de cruce con punteaduras cupresoides en disposición araucarioide (Philippe y Torres, 2002).

En base a la comparación con las especies pertenecientes al género *Agathoxylon* Harting: *Agathoxylon matildense* (Zamuner y Falaschi, 2005), *Agathoxylon sp.* (Vera y Césari, 2012), *Agathoxylon liguaensis* (Philippe y Torres, 2002), mostrados en la tabla 5, los caracteres descritos de este ejemplar, presentan gran similitud con la última especie.

A diferencia de los morfotipos con los cuales se comparó este ejemplar (Tabla 5), el leño CFZUMT9 no presenta anillos de crecimiento. Sin embargo, presenta traqueidas circulares a rectangulares, con un diámetro más similar a *Agathoxylon liguaensis* (Philippe y Torres, 2002).

| Carácter/Género | | UMT9 | <i>Agathoxylon matildense</i> | <i>Agathoxylon sp.</i> | <i>Agathoxylon liguensis</i> |
|---|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| Anillos de crecimiento | | Ausentes | Presentes | Indistintos | Presentes |
| Parénquima Axial | | Ausente | Ausente | Ausente | Ausentes |
| Canales resiníferos | | Ausentes | Ausente | Ausente | Ausentes |
| Traqueidas Forma (Corte Transversal) | | Circulares a Rectangulares | Poligonales a cuadrangulares | Rectangulares con bordes redondos | Rectangulares con lumen redondeado |
| N° de traqueidas que separan a los radios | | 2 (6) 14 | - | - | 2 a 4 |
| Paredes de las traqueidas | Espesor de pared de traqueidas μm | 9.9 (10.89) 19.8 | 2.5 (5) 7.5 | - | 4 a 9 |
| | | Lisas | - | - | - |
| Leño temprano | N° de hileras de traqueidas | - | - | - | - |
| | Diámetro de traqueidas μm | 39.6 (53.85) 79.2 | 16 (24) 32 | 31 (50) 72 | 50 (60) 70 |
| Leño tardío | N° de hileras de traqueidas | - | - | - | - |
| | Diámetro de traqueidas | - | 16 (20.4) 32 | - | - |
| Radios (Corte Transversal) | Tamaño en μm | 19.8 (26.4) 49.5 | - | - | - |
| | Seriación | Homogéneos uniseriados | Uniseriados, homogéneos | Uniseriados | Homogéneos uniseriados |
| Radios (Corte Tangencial) | Altura en μm | 69.3 (245.19) 455.4 | - | - | - |
| | Altura de los radios en # de células | 3 (6) 11 | 1 -- 4 | 1 (6) 13 | 1 (30) 56 |
| | Tamaño de las células de los radios μm | 29.7 (38.77) 39.6 | - | - | 22 |
| Traqueidas (Corte longitudinal Tangencial) | | | - | - | - |
| Punteaduras de las traqueidas (Corte longitudinal Tangencial) | | No observadas | Circulares excepcionalmente hexagonales | - | - |
| Punteaduras Radiales (Corte longitudinal Radial) | Forma- Disposición | Circulares a hexagonales | Uniseriadas contiguas, localmente biseriadas alternas | Circulares a poligonales | - |
| | Numero de hileras de punteaduras | Uniseriadas a biseriadas alternas | - | Biseriadas, alternas a opuestas | Uniseriadas a biseriadas, alternas algunas opuestas |
| | Apertura | - | - | - | - |
| | Tamaño (Diámetro) | 17.82 | - | 10 | 18 |
| Características de las punteaduras de los campos de cruzamiento (Corte longitudinal Radial) | | Desordenadas de 5 a 6 | Desordenadas de 4 - 5 | Circulares desordenadas de 1 a 6 | De 1 a 3 |
| Punteaduras en los campos de cruzamiento | | Punteaduras tipo cupresoide | Punteaduras tipo cupresoides | Punteaduras tipo araucaroide | Punteaduras cupresoides en disposición araucarioide |
| Engrosamientos helicoidales | | - | - | - | - |

Tabla 5: Caracteres presentes en el leño CFZUMT9, comparado con 3 especies fósiles pertenecientes al género *Agathoxylon* (*A. matildense*, *A. sp.* y *A. liguensis*). Tabla tomada y modificada de Gnaedinger y Herbst, 2009.

CFZUMT24



Figura 36. Tronco silicificado CFZUMT24, procedente de la Unidad Magdalena

Descripción: Fragmento de tronco silicificado, de 7 cm de alto por 5.5 cm de ancho (Figura 36). En sección transversal no se observan canales resiníferos, presenta anillos de crecimiento verdaderos, en el leño temprano se observan traqueidas con contornos circulares de $55.44 \mu\text{m}$ (rango $40 - 79 \mu\text{m}$), con un espesor de pared de $13.9 \mu\text{m}$ (rango $10 - 20 \mu\text{m}$), el número promedio de traqueidas que separan los radios es de 4, variando entre 2 – 8 traqueidas. La transición entre el leño temprano y el leño tardío es abrupta, la madera temprana domina sobre la madera tardía (Figura 37, a, b y c).

En el corte longitudinal tangencial se observan radios leñosos homogéneos uniseriados, de bajos a mediano (Figura 38, a y b), la altura de los mismos va de 3 a 16 células, con un promedio de 8 células (Figura 38, c).

En el corte longitudinal radial se observan punteaduras circulares, uniseriadas raramente biseriadas opuestas (Figura 39, a y d). Las punteaduras miden $13.6 \mu\text{m}$ (rango $10 - 20 \mu\text{m}$). Presenta punteaduras de los campos de cruzamiento tipo araucarioide con un arreglo indistinto, dispuestas de 3 a 4 punteaduras (Figura 39, b y c).

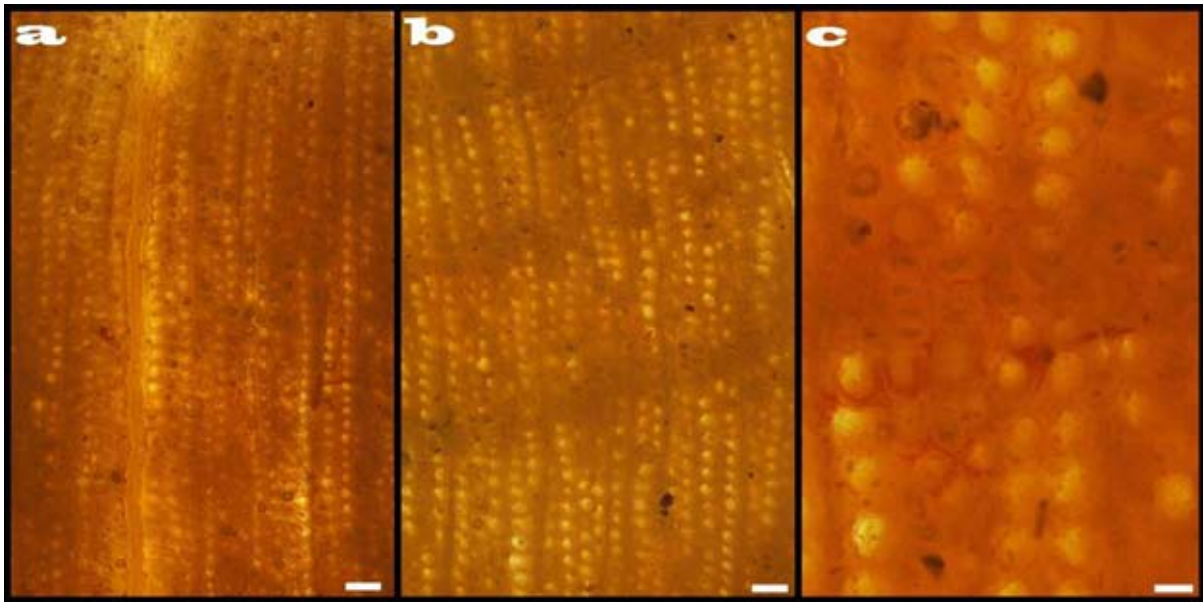


Figura 37: CFZUMT24. Corte transversal se observan anillos de crecimiento verdaderos, forma y tamaño de las traqueidas. Escala a= 200 μ m, b= 150 μ m y c= 50 μ m.

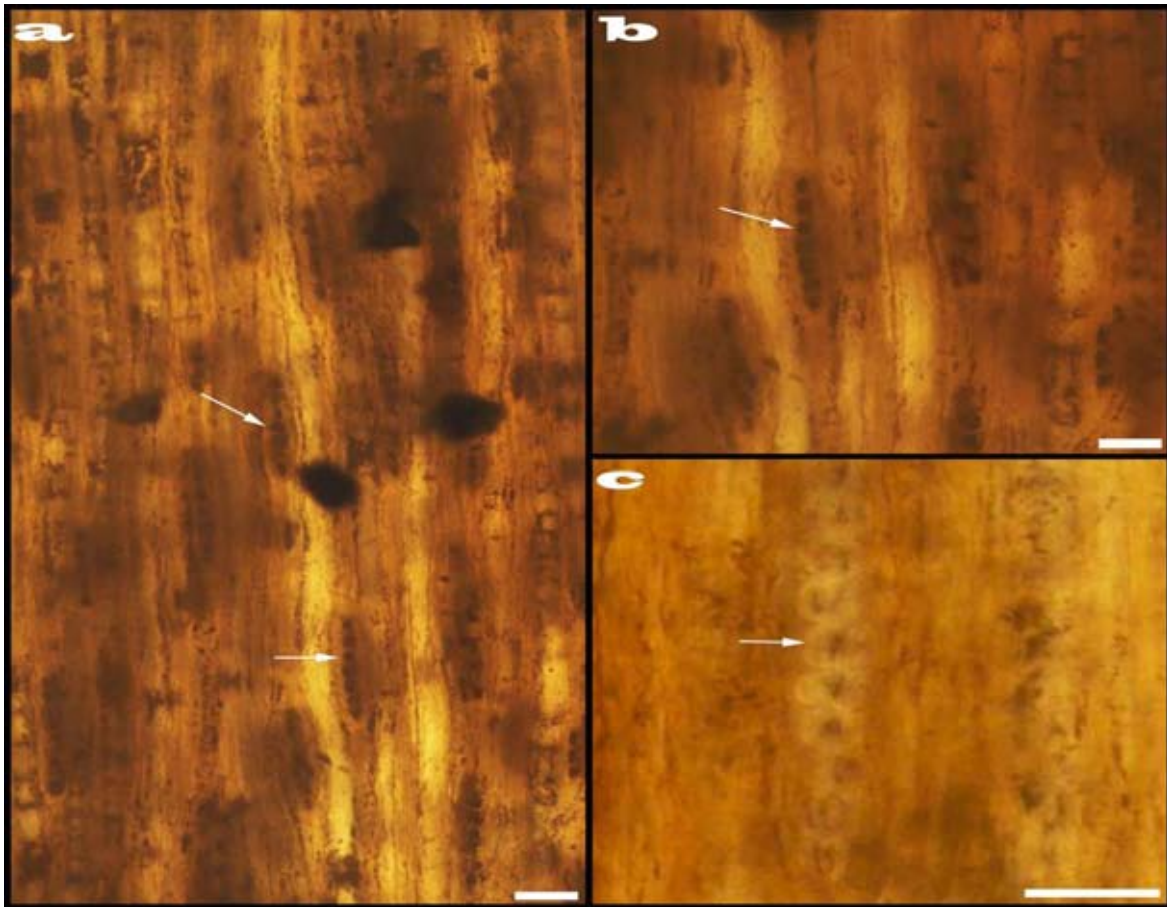


Figura 38: CFZUMT24. Corte tangencial, a, b y c) se muestran radios leñosos y células de los radios.
Escala a= 100 μ m, b y c= 50 μ m.

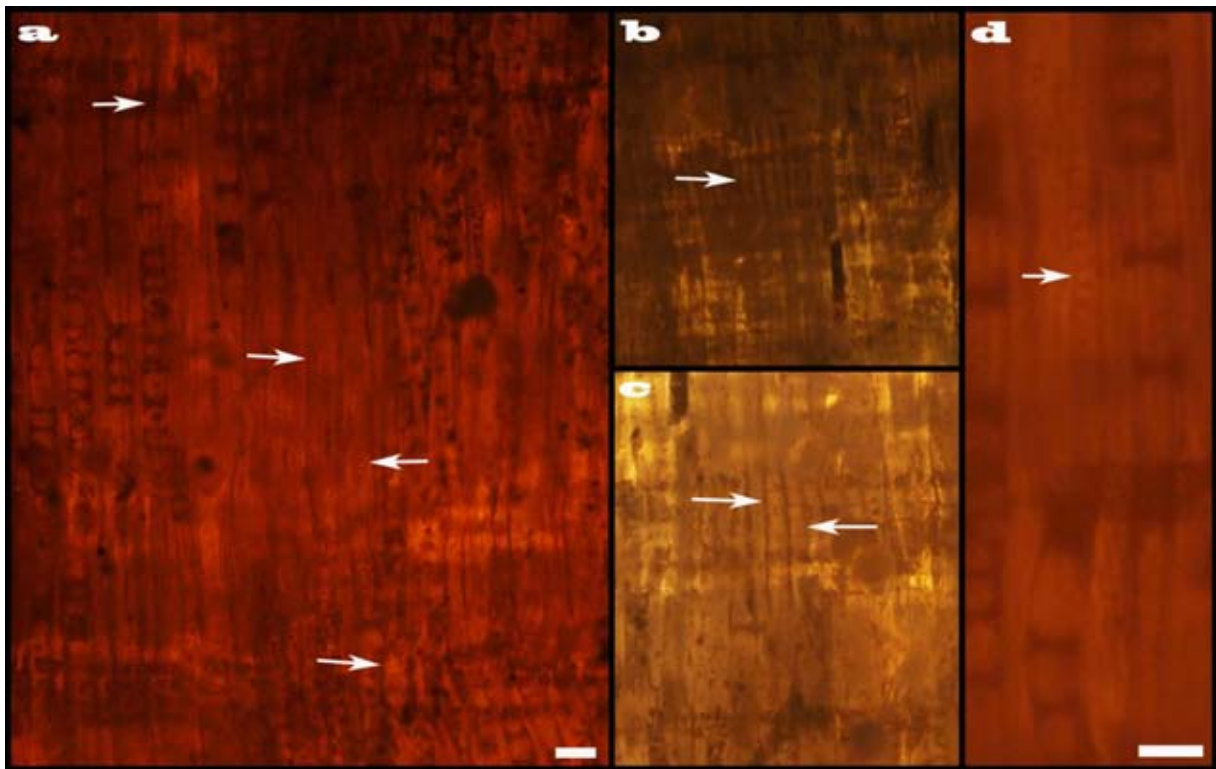


Figura 39: CFZUMT24. Corte radial. a y d) Flechas mostrando forma y acomodo de las punteaduras de las traqueidas. b y c) Se observan los campos de cruzamiento y punteaduras tipo araucarioide (flechas c). Escala a y b= 50 μ m.

Afinidad: La ausencia de conductos resinosos descarta a este ejemplar como miembro de la familia Pinaceae, así como la ausencia de engrosamientos helicoidales permite descartar que pertenezca a la familia Taxaceae, ya que este es un carácter taxonómico importante presente dentro de los géneros de la familia Taxaceae.

El ejemplar CFZUMT24 presenta anillos de crecimiento verdaderos, los cuales se observan con la diferencia entre el leño tardío (paredes gruesas y lumen reducido), con un promedio de 3 hileras, con un diámetro de las traqueidas de 25μ , y el leño temprano (paredes delgadas y lumen amplio), con un máximo de 10 hileras, con un diámetro máximo de 79μ .

Se observa parénquima axial ausente, traqueidas de contornos circulares con paredes lisas, radios leñosos de muy bajos a medianos de 3 a 18 células de alto, punteaduras radiales circulares uniseriadas, estas características son muy similares al ejemplar *Agathoxylon sp.* (Pujana *et. al.*, 2007).

En base a la comparación con la especie pertenecientes al género *Agathoxylon* Harting: *Agathoxylon sp.* (Vera y Césari, 2012), mostrado en la tabla 6, los caracteres descritos de este ejemplar, presentan gran similitud con el género *Agathoxylon*.

Presenta punteaduras en los campos de cruzamiento tipo araucarioide, con un arreglo indistinto, dispuestas de 3 a 4 punteaduras por campo, en base a las punteaduras de los campos de cruzamiento (las cuales tienen un gran valor diagnóstico para la asignación específica de las maderas de coníferas), presenta una mayor afinidad con el género *Agathoxylon*.

| Carácter/Género | | UMT24 | <i>Agathoxylon sp.</i> |
|---|---|---|--|
| Anillos de crecimiento | | Verdaderos | Presentes |
| Parénquima Axial | | Ausente | Ausente |
| Canales resiníferos | | Ausentes | Ausente |
| Traqueidas Forma (Corte Transversal) | | Circulares | Circulares |
| N° de traqueidas que separan a los radios | | 2 (4) 8 | - |
| Paredes de las traqueidas | Espesor de pared de traqueidas μm | 9.9 (13.86) 19.8 | - |
| | | Lisas | - |
| Leño temprano | N° de hileras de traqueidas | 10 (13.9) 20 | 7 - 13. |
| | Diámetro de traqueidas μm | 39.6 (55.44) 79.2 | 31 (51) 72 |
| Leño tardío | N° de hileras de traqueidas | 3 | 1- 3. |
| | Diámetro de traqueidas | 25 | - |
| Radios (Corte Transversal) | Tamaño en μm | 4.95 (8.085) 9.9 | - |
| | | - | - |
| Radios (Corte Tangencial) | Seriación | Homogéneos uniseriados | Uniseriados |
| | Altura en μm | - | - |
| | Altura de los radios en # de células | 3 (8) 16 | 1 (6) 13 |
| | Tamaño de las células de los radios μm | 19.14 | - |
| Traqueidas (Corte longitudinal Tangencial) | | - | - |
| Punteaduras de las traqueidas (Corte longitudinal Tangencial) | | - | - |
| Punteaduras Radiales (Corte longitudinal Radial) | Forma- Disposición | Circulares | Circulares a poligonales |
| | Numero de hileras de punteaduras | Uniseriadas raramente biseriadas opuestas | Uniseriadas raramente biseriadas alternas u opuestas |
| | Apertura | - | - |
| | Tamaño (Diámetro) | 10 (13) 20 | - |
| Características de las punteaduras de los campos de cruzamiento (Corte longitudinal Radial) | | Indistintas, de 3 a 4 | Circulares, de 1 a 6 |
| Punteaduras en los campos de cruzamiento | | Punteaduras tipo araucarioide | Punteaduras tipo araucarioide |
| Engrosamientos helicoidales | | - | - |

Tabla 6: Caracteres presentes en el leño CFZUMT24, comparado con una especie fósil pertenecientes al género *Agathoxylon* (*Agathoxylon sp.*). Tabla tomada y modificada de Gnaedinger y Herbst, 2009.

10. ANÁLISIS GENERAL

Desde 1831 se emplean las técnicas de cortes delgados para el estudio de maderas, si bien se ha ido modificando, en este trabajo se sigue la técnica de cortes delgados en tres planos (Transversal, longitudinal tangencial y longitudinal radial). Las características anatómicas se describieron de acuerdo a la terminología utilizada por la lista de caracteres microscópicos para la identificación de maderas blandas de la IAWA (2004), para unificar el vocabulario empleado.

Las coníferas modernas se agrupan en seis familias: Pinaceae, Taxodiaceae, Cupressaceae, Cephalotaxaceae, Araucariaceae, Podocarpaceae. La estructura anatómica de la madera de todas ellas es similar, dificultándose la identificación de las plantas con base en este tejido (Cevallos-Ferriz, 1992). Por lo tanto, existe la necesidad de realizar numerosos cortes de los tres planos, para así obtener un número de muestra considerable, en el cual se puedan obtener comparaciones en las estructuras anatómicas y valores promedio (mínimo y máximo) a partir de 25 mediciones.

El proceso de fosilización en las maderas de la formación Otlaltepec, es deficiente lo que no permite una identificación de ciertos caracteres determinantes en la identificación de las mismas a familia.

La asignación de la edad de la localidad Unidad Magdalena, se fundamenta en la posición estratigráfica y no por su contenido fosilífero, ya que hasta la fecha solo se han encontrado maderas fósiles, las cuales no son fósiles índice. El proceso de fosilización de estos leños, es bueno en general, permitiendo la observación y descripción de los caracteres importantes en la identificación de los mismos. Sin embargo, en el leño CFZUMT8 y CFZUMT24 se dificulta la observación de las punteaduras de los campos de cruzamiento, en el ejemplar CFZUMT8 no se observan punteaduras definidas. Esto debido a que el proceso de fosilización fue deficiente.

Las maderas aquí descritas tienen características con mayor afinidad dentro de las coníferas ya que estas tienen en común la ausencia de vasos, lo cual es un carácter ausente dentro de las gimnospermas.

Los engrosamientos en espiral son una estructura única característica de la familia de las Taxales (Greguss, 1955). Las maderas de la formación Otlaltepec y de la Unidad Magdalena no se observan engrosamientos espirilados, por lo tanto se descarta la pertenencia a esta familia.

Las maderas de ginkgoales se caracterizan por presentar en las paredes tangenciales y radial de las traqueidas punteaduras frecuentemente triseriadas, y ocasionalmente múltiples (Cevallos Ferriz, 1992), las maderas descritas presentan punteaduras tangenciales y radiales de uniseriadas a parcialmente biseriadas, permitiendo descartar que tanto las maderas jurásicas como las cretácicas pertenezcan a esta familia.

Las características presentes en los leños cretácicos UMT3, UMT7, UMT8, UMT9 y UMT24, permiten incluirlos dentro de la familia Araucariaceae.

Las maderas fósiles de coníferas del grupo araucarioide se caracteriza por un patrón de las punteaduras de las traqueidas que se encuentra en Araucariaceae (Wheeler y Lehman, 2005). Como son: dos o más filas de punteaduras presentes en una traqueida, punteaduras alternadas a lo largo de la traqueida en lugar de opuestas como en otras coníferas (Estrada-Ruiz *et. al.*, 2012).

Las punteaduras alternadas en las paredes de las traqueidas con la presencia de punteaduras hexagonales caracteriza a la familia Araucariaceae (Greguss, 1955, 1967). Las maderas UMT3, UMT7 y UMT9 presentan punteaduras de este tipo, lo cual permite darle un valor diagnóstico importante en la identificación de las mismas.

Los ejemplares de maderas cretácicas muestran similitudes en sus estructuras, las cuales nos permiten compararlas con diferentes géneros (*Araucaria* y *Agathis*) pertenecientes a la familia Araucariaceae.

Las maderas de Araucariaceae no desarrollan anillos de crecimiento demasiado marcados debido principalmente a su hábito perennifolio (no es recomendable realizar inferencias paleoclimáticas concluyentes a partir de ésta característica en el género *Agathoxylon* (Brison *et. al.*, 2001).

Agathoxylon es el morfogénero más común en el registro mesozoico. Se distribuye a partir de las latitudes 50° S – 70° N. A pesar de su amplia distribución latitudinal no muestra anillos de crecimiento incluso cuando crecen en climas claramente estacionales.

Agathoxylon se ubicó a través de Gondwana y comprende al menos el 50% de la abundancia. Este género también está muy extendido en el hemisferio norte. En un rango de largo tiempo y distribución cosmopolita de este tipo de madera y plesiomorfo (punteaduras de las traqueidas arauroides y punteaduras de los campos de cruzamiento tipo araucarioide) implica que las plantas madre colonizaron gran parte de Pangea antes de la fragmentación en la masa territorial. Además, el género fue capaz de sobrevivir en todas las zonas climáticas durante el Jurásico Temprano al Cretácico Temprano (Philippe *et. al.*, 2004).

Actualmente, la familia reportada en este trabajo no se encuentra establecida en la república mexicana. La familia Araucariaceae está representada actualmente por tres géneros y un bajo número de especies y posee una distribución restringida al Hemisferio Sur. Sin embargo, el registro fósil para la familia es muy abundante encontrándose desde el Triásico (Pujana *et. al.*, 2007).

11. CONCLUSIONES

- ✚ El material jurásico aquí estudiado, muestra un grado de deformación importante, el cual no permite realizar una asignación específica de dichos ejemplares.
- ✚ Las características anatómicas de las maderas de la Unidad Magdalena permite asignarlas a la familia Araucariaceae.
- ✚ Las maderas cretácicas UMT3, UMT8, UMT9 y UMT24, se asignan al género *Agathoxylon* y el leño UMT7 se le asigna una pertenencia al género *Araucarioxylon*.
- ✚ Se registra por primera vez la presencia de maderas del género *Araucarioxylon* y *Agathoxylon* para el Cretácico de México.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✚ Baas, P. y Miller, S. 1985. Functional and ecological Wood anatomy: Some introductory comments. International Association of wood Anatomist Bulletin new series, 6:281-282.

- ✚ BREA, M. 1997. Una nueva especie del género Araucarioxylon Kraus 1870, EMEND. MAHESHWARI 1972 del Triásico de Agua de la Zorra, Uspallata, Mendoza, Argentina. Ameghiniana. Rev. Asoc. Paleontol. Argent. 34 (4): 485-496. Buenos Aires.

- ✚ Brison, A. L., M. Philippe y F. Thevenard. 2001. Are Mesozoic wood growth rings climate-induced?. Paleobiología 27 (3). Francia.

- ✚ Cevallos-Ferriz, S.R.S. 1992. Tres Maderas de Gimnospermas Cretácicas del norte de México. Anales Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Ser. Bot. 63(2), 111-137pp.

- ✚ Crisafulli, A. y Herbst, R. 2010. Leños gimnospermi­cos de la Formación Llanteros (Triásico Superior), Provincia de Mendoza, Argentina. GAEA. Journal of Geoscience 6 (1). Brasil.

- ✚ Cubas, Paloma. 2008. Curso de Botánica General. 17/05/2012
www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Curso_Botanica.htm

- ✚ Cruz Cruz, M. A. 2012. Análisis estratigráfico de la secuencia Jurásica de la Región de Santo Domingo Tianguistengo, Oaxaca-Santa Cruz Nuevo, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

- ✚ Diéguez, C. 2003. Flora y Vegetación durante el Jurásico y el Cretácico. Monografía Jardín Botánico. Córdoba 11: 53-62 pp.

- ✚ Estrada-Ruiz, E., Parrott, J. M., Upchurch, G. R., Wheeler, E. A., Thompson, D. L., Mack, G. H. y Murray, M. M. 2012. New Mexico Geological Society Guidebook, 63rd Field Conference, Warm Springs Region.

- ✚ Flores Barragan, M. A. 2012. Estudio taxonómico del registro fósil de Gimnospermas, en la formación Otlaltepec. Informe de Servicio Social. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

- ✚ García, Esteban L. Guindeo, C. A., Peraza, O. C. y de Palacios de Palacios, P. 2003. La madera y su anatomía: anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. Fundación Conde del Valle de Salazar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

- ✚ Génova, M. 2004. Los anillos de crecimiento como indicadores climáticos. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal.

- ✚ Gimenez A. M., Moglia J. G., Hernández P., Gerez R. 2005. Anatomía de Madera. 2da Edición. Universidad de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales Cátedra de Dendrología. Argentina.

- ✚ 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. Buenos Aires.

- ✚ Gnaedinger, S. y Herbst, R. 2009. Primer registro de maderas gimnospérmicas de la Formación Roca Blanca (Jurásico Inferior), provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana. Rev. Asoc. Paleontol. Argent.* 46 (1): 59-71. Buenos Aires.

- ✚ Google Earth. 2012 8/04/2011

- ✚ Grande-Pulido, D. C. y Polanco Tapia, C.. 2007. Descripción anatómica de la madera de cuarenta especies del bosque Alto-Andino de Guasca, Cundinamarca. *Revista Colombiana Forestal* Vol.10 (20). 180-206 pp.

- ✚ Greguss, P. 1955. *Identification of Living Gymnosperms on the Basis of Xylotomy.* Akadémiai Kiadó. Budapest. Hungría.

- ✚ Greguss, P. 1967. *Fossil Gymnosperm Wood in Hungary. From the Permian to the Pliocene.* Akadémiai Kiadó. Budapest. Hungría.

- ✚ Herbst* R., Brea, M., Crisafulli, A., Gnaedinger, S., Lutz, A. I. y Martínez, L. C.A. 2007. La paleoxilología en la Argentina. *Historia y Desarrollo. Asociación paleontológica Argentina. Publicación Especial 11. Ameghiniana 50º aniversario:* 57-71 pp. Buenos Aires.

- ✚ AIWA. 2004. List of Microscopic Features for Softwood Identification. H. G. Richter, D. Grosser, I. Heinz & P. E. Gasson (eds). International Association of Wood Anatomists at the at the Nationaal Herbarium Nederland, Leiden, The Netherlands. IAWA Journal 25 (1).

- ✚ Ortega Chavez, E. 2013. Paleoxilología de Gimnospermas en el Jurásico medio, Formación Tecomazuchil, de la localidad de Partideño, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

- ✚ Ortega Guerrero, B. 1989. Paleomagnetismo y geología de las unidades clásticas mesozoicas del área de Totoltepec-Ixcaquixtla, Estados de Puebla y Oaxaca. Tesis de maestría no publicada. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.

- ✚ Pallardy, S. G. 2008. Physiology of Woody Plants. 3rd Ed. USA.

- ✚ Philippe, M., Bamford, M., McLoughlin, S., Alves, L.S.R., Falcon-Lang, H.J., Gnaedinger, S., Ottone, E.G., Pole, M., Rajanikanth, A., Shoemaker, R.E., Torres, T. y Zamuner, A. 2004. Biogeographic analysis of Jurassic-Early Cretaceous wood assemblages from Gondwana. Review of Paleobotany & Palinology 129.

- ✚ Philippe, M. y Torres, T. 2002. Nuevas especies de *Agathoxylon* y *Baieroxylon* del Lías de La ligua (Chile) con una evaluación del registro paleoxilológico en el Jurásico de Sudamérica. Revista geológica de Chile. Vol. 29 (2). Santiago.

- ✚ Pujana, R. R., Umazano, Aldo M. y Bellosi, E. S. 2007. Maderas fósiles afines a Araucariaceae de la Formación Bajo Barreal, Cretácico Tardío de Patagonia central (Argentina). Revista Museo Argentino Ciencias Naturales. Buenos Aires.

- ✚ Silva-Pineda, A., Buitrón Sanchez, B. E. y Flores de Dios-Gonzales, A. 2000. Presencia de Coníferas en el Pérmico (Leonardiano) de Calnali, Hgo; Patlanoaya, Puebla y Olinalá, Gro. (Resumen). Segunda Reunión Nacional de Ciencias de la tierra, Puerto Vallarta, Jalisco, México: GEOS, Unión Geofísica Mexicana. Resúmenes y Programa, 20 (3).

- ✚ Silva-Pineda, A. y Buitrón Sanchez, B. E. 1998. Paleontología de México. Plantas vasculares fósiles. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.

- ✚ Silva-Pineda, A. 1978. Contribuciones a la Paleobotánica del Jurásico de México. Parte 1.- Paleobotánica del Jurásico de México. Paleontología Mexicana Número 44. Instituto de Geología. México.

- ✚ Taylor, T. N. and Taylor, E. L. 1993. The Biology and Evolution of Fossil Plants. Prentice Hall. New Jersey.

- ✚ Taylor, T. N., Taylor, E. L. y Krings, M. 2009. Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants. Second Edition. Academic Press. USA.

- ✚ Universidad de Chile. División Paleontología. 06/10/14. www.paleobotanica.uchile.cl/paleoxilología.html

- ✚ Vera, E. I. y Césari, S. N. 2012. Fossil woods (Coniferales) from the Baqueró Group (Aptian), Santa Cruz Province, Argentina. An. Acad. Bras. Ciênc. Vol. 84 (3). Rio de Janeiro.

- ✚ Wheeler, E.A. y Lehman, T.M. 2005. Upper Cretaceous-Paleocene conifer woods from Big Bend National Park, Texas. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 226.

- ✚ Wieland, R. G. 1914. La flora liásica de la Mixteca Alta. Boletín del Instituto Geológico de Mexico. 31.

- ✚ Wiessel, B. Carlos, 2006. Preservación de maderas. VIII congreso Nacional de Ciencias. Universidad Earth. Guácimo, Limón, Costa Rica.

- ✚ Willis, K. J. y McElwain, J. C. 2002. The Evolution of Plants. Second Edition. Oxford. United Kingdom.

- ✚ Zamuner, A. B. y Falaschi, P. 2005. *Agathoxylon matildense* n. sp., leño araucariaceo del Bosque Petrificado del cerro Madre e Hija, Formación La Matilde (Jurásico medio), provincia de Santa Cruz, Argentina. Ameghiniana Vol. 42 (2). Buenos Aires.

