



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza



Estudio Taxonómico y Diversidad de la Paleoflora del Jurásico Medio en la Región de Olinalá (Grupo Tecocoyunca), Guerrero.

Tesis que para obtener el título de:

Biólogo

Presenta:

Martínez Paniagua Osvaldo Daniel

Asesora:

Dra. María Patricia Velasco de León

México, D. F.

Marzo 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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
PRESENTE.**

Comunico a usted que el alumno **MARTÍNEZ PANIAGUA OSVALDO DANIEL**, con número de cuenta **306205226**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **17 de marzo de 2015** a las **12:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

- PRESIDENTE** M. en C. CARLOS PÉREZ MALVÁEZ
- VOCAL** Dra. MARÍA PATRICIA VELASCO DE LEÓN
- SECRETARIO** Dra. BERTHA PEÑA MENDOZA
- SUPLENTE** Dra. ERIKA LOURDES ORTIZ MARTÍNEZ
- SUPLENTE** Biól. RIGOBERTO RODRÍGUEZ BECERRA

El título de la tesis que presenta es: **Estudio Taxonómico y Diversidad de la Paleoflora del Jurásico Medio en la región de Olinalá (Grupo Tecocoyunca), Guerrero.**

Opción de titulación: Tesis.

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

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
 México, D. F., a 16 de enero de 2015.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ
 DIRECTOR
 ZARAGOZA
 DIRECCIÓN

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

RECIBÍ
 OFICINA DE EXÁMENES
 PROFESIONALES Y DE GRADO

Agradecimientos

A mi Papás

Porque gracias a ustedes he dado pasos tan grandes, por su guía, su paciencia y su constancia en cada momento que necesite de su apoyo y sus consejos y me han enseñado que las metas se alcanzan con valor y tenacidad, han sido mi fuerza para cada día poder llevar mi camino más lejos.

Omar y Roberto.

Mis hermanos, aprender junto a ustedes día a día a ser hermano y amigo, por la paciencia que me han brindado gran parte de sus vidas y confiar en mi para guiar las suyas, porque con ustedes del enojo a la risa hay una línea delgada.

A mi **familia**, tíos, primos y sobrinos, que me enseñaron que la unidad es lo más valioso que tiene la sangre y que mis logros son parte de ustedes.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por brindarme sus aulas para formarme como profesionalista y engrandecer mis valores y conocimientos.

A la Dra. María Patricia Velasco de León, por la paciencia y confianza que deposito en mí, los conocimientos que me ha brindado son el tesoro invaluable que me llevo con orgullo.

A mis sinodales, Dra. Erika Ortiz, Biol. Rigoberto Rodríguez, M. C. Carlos Pérez y Dra. Bertha Peña por fungir como revisores y jueces de mi trabajo.

Mis amigos de laboratorio, Miguel, Eli e Irán, que se convirtieron en compañeros, cómplices y amigos en laboratorio y campo y me hicieron sentir parte de una paleofamilia.

A la Peleobanda, Dra. Pati, Eli, Irán, Miguel, Pedro, Diego, Danae, Linnette, Diana por su compañía durante esta estancia por la colección de paleo y todo lo que aprendimos juntos.

A mis compañeros en el museo, Carola, Claus, Deniche, Dani, Lalo, Erika, Glous, Lizy y Luz que, que han sido mi familia, disfuncional, pero muy querida, y que con ustedes aprendí que amistad, risas y lealtad son palabras que ahora son parte de mí.

A mi psicóloga de cabecera, la Carola, que me aguatas y que a ti te debo media vida, no me olvides porfa, que no me canso de molestarte, gracias por todo.

A mis amigos de la carrera, Lyss, Sarahí, Pamela, que me acompañaron durante la carrera y que hasta el día de hoy me acompañan y que aún seguimos aprendiendo juntos.

A mis eternas amigas, Liz, Lau y Alma, que desde el CCH han sido incondicionales, han estado en la buenas y malas y jamás se han olvidado que conmigo tiene un gran amigo que siempre piensa en ustedes.

A Mitzy, Mitzy tocaya y Eva que han sido mis confidentes estos últimos meses, que la hemos pasado genial! Nos hemos divertido mucho.

A todos aquellos que me acompañaron en alguna etapa de mi carrera y que me dejaron huella, gracias. No los olvido y los llevo en el corazón.

Índice

1. Resumen.....	3
2. Introducción.....	5
3. Marco teórico.....	8
3.1. Historia geológica y clima del Jurásico Inferior y Medio	8
3.2. Flora del Jurásico.....	11
3.2.1. Flora del Jurásico de México	18
3.3. Análisis estadístico.....	19
4. Antecedentes.....	21
4.1. Geología.....	21
4.2. Paleontología.....	22
5. Justificación	23
6. Hipótesis.....	23
7. Objetivos.....	24
7.1. General.....	24
7.2. Particulares.....	24
8. Zona de estudio	25
8.1. Localidades.....	28
8.1.1. Tres caminos	28
8.1.2. La Carretera	28
8.1.3. La Barranca.....	29
9. Método.....	30
9.1. Fase de Campo	30
9.2. Fase de laboratorio	30
9.2.1. Actividades curatoriales.....	30
9.2.2. Determinación taxonómica.....	31
9.2.3. Análisis estadístico.....	35
9.2.4. Determinación de Paleoambientes	35
10. Resultados	37

10.1.	Riqueza, abundancia y Paleoambiente.....	37
10.1.1.	Tres caminos	39
10.1.2.	La Carretera	44
10.1.3.	La Barranca.....	49
10.2.	Localidades del Jurásico Medio de la Mixteca.....	55
10.3.	Taxonomía.....	59
11.	Discusión.....	91
11.1.	Riqueza y Abundancia	91
11.2.	Localidades del Jurásico Medio de México	92
11.3.	Paleoambiente.....	97
12.	Conclusiones.....	100
13.	Recomendaciones.....	102
14.	Bibliografía.....	103
Anexos	109

1. Resumen

Se realizaron siete salidas a campo, a tres localidades del Grupo Tecocoyunca: Tres Caminos, La Carretera y La Barranca. En total se recolectaron 461 ejemplares que contienen 649 fósiles.

Se realizó la determinación de los ejemplares, la descripción taxonómica y se midieron las áreas foliares para inferir el paleoambiente con ayuda de datos litológicos, además se compararon 9 localidades del Jurásico Medio de México para conocer la afinidad de las floras y el ambiente durante éste periodo en México haciendo un análisis de agrupamiento, utilizando el índice de Jaccard, y un análisis de Componentes Principales.

En la localidad de Tres caminos, la más antigua dentro de la columna estratigráfica, se recolectaron un total de 104 fósiles (más 27 indeterminados) se encontró la dominancia del género *Brachyphyllum*, representando casi dos quintas partes de la flora total (39%), seguido de las Pteridophytas con un 32%, siendo el sitio con menos especies, 21 (cuatro de ellas únicas), el área foliar que dominó fue Nanofila II, el cual representa ambientes secos. Para la localidad de La Carretera, que se ubica en medio de las tres localidades, se recolectaron 289 fósiles (más 18 indeterminados), dominado por las Bennettiales (65%) seguidas de las Ginkgoales (14%), en total se registraron 37 especies (12 de ellas únicas), el rango foliar que dominó fue Microfila I, que representa ambientes tropicales. La localidad de La Barranca, la más cercana a la cima de la columna, cuenta con 194 fósiles (más 17 indeterminados), dominados por Bennettiales (64%), Ginkgoales y Filicales (15% cada una) e *inserta sedis* (9%), con 40 especies (14 de ellas únicas), las áreas foliares dominantes son: Microfila I (51%), Notofila (20%), Microfila II (14%) y III (13%).

Se compararon 9 localidades de Puebla, Oaxaca y Guerrero se construyó una matriz básica de datos (presencia/ausencia) con 112 especies (caracteres) y 9

localidades (OTU's) obteniendo un fenograma con un coeficiente de similitud de 0.91, y una similitud máxima de 0.46, de manera que la afinidad de las floras es baja; en el análisis de Coordenadas Principales, los caracteres que determinan el acomodo son las especies únicas de las localidades de Cañada Alejandro, Río Ñumi y Tianguistengo.

Los paleoambientes están marcados por tres biofacies: en Tres caminos, con la presencia de *Brachyphyllum*, el área foliar Nanofila II y los datos litológicos, (arenisca de grano fino a medio intercalado con lutita) indica un ambiente cálido-seco con alto estrés hídrico en la mayor parte del año y un periodo de alta humedad en lapsos cortos. En La Carretera, la presencia de Bennettitales y Ginkgoales, con área foliar Microfila I y la litología (arenisca de grano fino y lutita carbonosas) permiten proponer un ambiente cálido con alta humedad. Y por último para la localidad de La Barranca, la presencia de Bennettitales, Filicales y Ginkgoales, los rangos foliares: Microfila I, II, III y Notofila y la litología, (lutita carbonosa) ayuda a inferir un ambiente de cálido, en una zona de inundación, casi pantanosa, con una alta humedad, probablemente durante todo el año de manera cíclica.

La diversidad para el Jurásico Medio se incrementó incluyendo la descripción de nuevos morfotaxas para los géneros *Otozamites*, *Zamites*, *Ptilophyllum*, *Weltrichia* y *Cycadolepis*, al comparar las nueve localidades comparadas se encontró poca afinidad de las floras, evidenciado variaciones en el medio en el cual se desarrollaron cada una de estas. Para el Grupo Tecocoyunca se definieron tres biofacies dominados por ambientes secos (Tres Caminos), a cálidos con periodos de humedad (La Carretera) y finalmente condiciones de alta humedad probablemente, permanentes, tipo pantanos (La Barranca).

2. Introducción

El poder conocer y entender los cambios biológicos que se han dado a través del tiempo, es decir, la vida que existió en el pasado, representa para el hombre indagar en la verdad sobre el origen de la diversidad de organismos que se conocen en el presente y los que existieron en el pasado, y así, comprender el origen de nuestra propia especie (Sour-Tovar y Rivera, 1997). Para ello es necesario recurrir al estudio de los fósiles, que se definen como cualquier evidencia de la vida en el pasado que ha quedado plasmada en las rocas y que tiene, por lo menos, 10 mil años de antigüedad (González-Rodríguez y Castillo-Cerón, 2009).

Sin embargo, el registro fósil es incompleto ya que se constituye a partir de un número finito de organismos, partes corporales o huellas, que estuvieron presentes en diferentes momentos y que tuvieron alguna posibilidad de ser preservados, considerando varios factores. Así, sólo unos pocos se han conservado, quedan expuestos, y son eventualmente descubiertos y recolectados en forma conveniente. A pesar de esto las evidencias recolectadas han ayudado a indagar y aproximarse a las condiciones que prevalecieron en el pasado, de ahí la importancia de los estudios paleontológicos.

La paleontología es la ciencia que se dedica al estudio del registro fósil, pues incluye una de las fuentes de información más rica acerca de la historia de la vida; sus estudios también aportan gran cantidad de información sobre otros aspectos de la historia de la Tierra como: sus eventos geológicos, cambios geográficos que se han dado a través del tiempo, climas que han existido, edad de los estratos de la corteza terrestre y ambientes sedimentarios antiguos (Sour-Tovar y Rivera, 1997); todo esto lo logra gracias a que es capaz de conjuntar los conocimientos y métodos de las ciencias biológicas con los de las ciencias de la Tierra; como la

Geología, con la cual se ayuda de modo recíproco en problemas de cronología y cronometría terrestre (Aguirre, 1989).

La rama de la Paleontología que se encarga del estudio de la flora fósil es la Paleobotánica. Comprende dos disciplinas que se diferencian en especial por la metodología de trabajo. La primera de estas disciplinas de la paleobotánica, propiamente dicha, —es la que estudia la evidencia fósil de las hojas de los vegetales, visibles tanto macro como microscópicamente [plantas completas a incompletas, hojas (incluyendo el estudio de las cutículas mediante preparaciones microscópicas), raíces, madera (análisis de cortes transparentes)], así como flores, frutos y semillas —; la otra disciplina es la paleopalinología —que estudia los palinomorfos fósiles (polen y esporas). La importancia de estos estudios permiten decir que fósiles de plantas y floras de un periodo de tiempo geológico específico son diferentes en tamaño y forma, nivel de complejidad y abundancia a los de otros periodos de tiempo; esto debido a que los tipos de plantas cambian o evolucionan a través del tiempo geológico (Taylor *et al.*, 2009).

Durante el proceso de fosilización los organismos pierden su composición original mediante un conjunto de cambios físicos y químicos que producen su preservación. Los vegetales se preservan generalmente como compresiones carbonosas o improntas, moldes y excepcionalmente en tres dimensiones (permineralizaciones) (Rubilar, 2007). Los modos de preservación en plantas de acuerdo con Schopf (1975), son principalmente tres (fig. 1):

- A. **Permineralización.** Se produce por la precipitación de minerales que se infiltran en las células o poros de troncos, huesos y conchas. Estos minerales disueltos en el medio forman cristales que llenan estos espacios produciendo cambios en la densidad, coloración y peso de los organismos, pero conservando la estructura de los tejidos, dándose al final, un reemplazamiento total de la materia orgánica.
- B. **Compresión carbonosa.** Este proceso generalmente se lleva a cabo en cuerpos de agua con poca oxigenación, como los pantanos y los sedimentos suaves. Usualmente las plantas se conservan de esta manera.

Después del enterramiento, las paredes celulares se reblandecen, pierden agua, gases y sustancias solubles. Posteriormente, los residuos orgánicos se transforman en una película de carbón, al mismo tiempo que se consolidan los sedimentos. La película carbonosa puede desaparecer y sólo permanece la impresión de los restos vegetales, que muestran claramente la estructura externa del resto vegetal.

C. **Moldes.** Ésta da como resultado la formación de moldes internos o externos. Los organismos con partes duras como conchas, estructuras reproductoras de plantas y cortezas de troncos, se entierran en sedimentos muy finos donde hay precipitación de minerales y se produce un endurecimiento rápido (cementación). La capa de sedimento que los cubre hace que conserven su morfología, aunque posteriormente puedan disolverse las partes duras por el paso de agua a través de los poros de la roca.

Otros tipos de preservación son: la conservación en **brea** o chapopoterías, donde no existen desintegradores de la materia y la conservación en **ámbar** (resina de ciertos árboles), donde quedan preservados insectos, flores y polen.

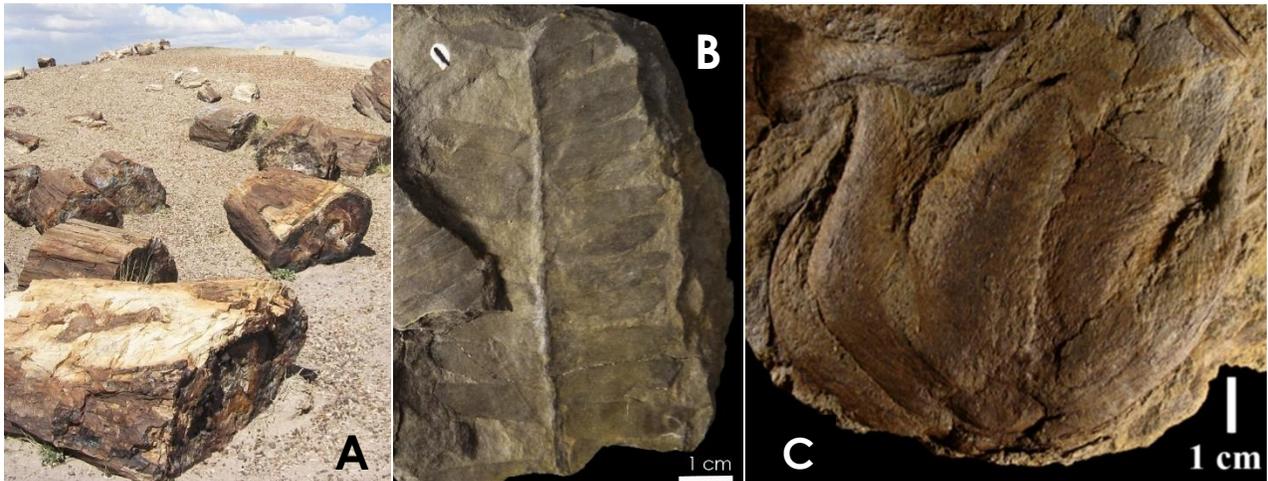


Figura 1. **A)** Permineralización: bosque petrificado, E. U.; **B)** Compresión Carbonosa: *Otozamites hespera*; **C)** Molde: *Weltrichia mixtequensis*

3. Marco teórico

Por lo general los fósiles se encuentran incluidos en rocas sedimentarias, aunque hay alguna posibilidad de encontrarlos en rocas metamórficas y muy pocas en rocas ígneas (González-Rodríguez y Castillo-Cerón, 2009). Las localidades de estudio, de este trabajo, se encuentran en el estado de Guerrero donde predomina material geológico de origen sedimentario (cubren el 36.8% de la superficie estatal). El Mesozoico cubre la mayor parte de este porcentaje; de los periodos pertenecientes a esta era, el más extenso es el Cretácico con 27.1%, le sigue el Jurásico con 8.77% y el Triásico con 0.90%, ubicados al centro y norte del estado (Velasco de León *et al.*, 2011). El resto del territorio se encuentra cubierto por rocas que van desde las más antiguas, Precámbrico y Paleozoico, hasta más recientes (Cenozoico).

3.1. Historia geológica y clima del Jurásico Inferior y Medio

La era Mesozoica (252.17–66.0 Ma.) se encuentra dividida en tres periodos conocidos como: Triásico, Jurásico y Cretácico.

El periodo **Jurásico** tiene una duración de 56.3Ma. (201.3–145.0 Ma.); en el Jurásico Inferior los grupos mayores de invertebrados están bien representados; aumenta la radiación de los dinoflagelados y de nanoplancton; la mayoría de las tierras emergidas se encuentran todavía unidas formando el supercontinente Pangea (Rubilar, 2006). El clima tiene condiciones de efecto invernadero debido a las concentraciones relativamente altas de CO₂ y el incremento de la temperatura a nivel global. La elevación de la temperatura y la ausencia de una masa de hielo sugieren que los niveles del mar fueron relativamente mayores, prevaleciendo un clima cálido y húmedo que favoreció la formación de carbón en las zonas del

paleoecuador, mientras que las regiones del oriente del continente africano con abundancia en evaporitas denotan climas cálidos secos y hacia los polos del hemisferio norte, principalmente, un clima templado frío (Rees *et al.*, 2000) (fig. 2).

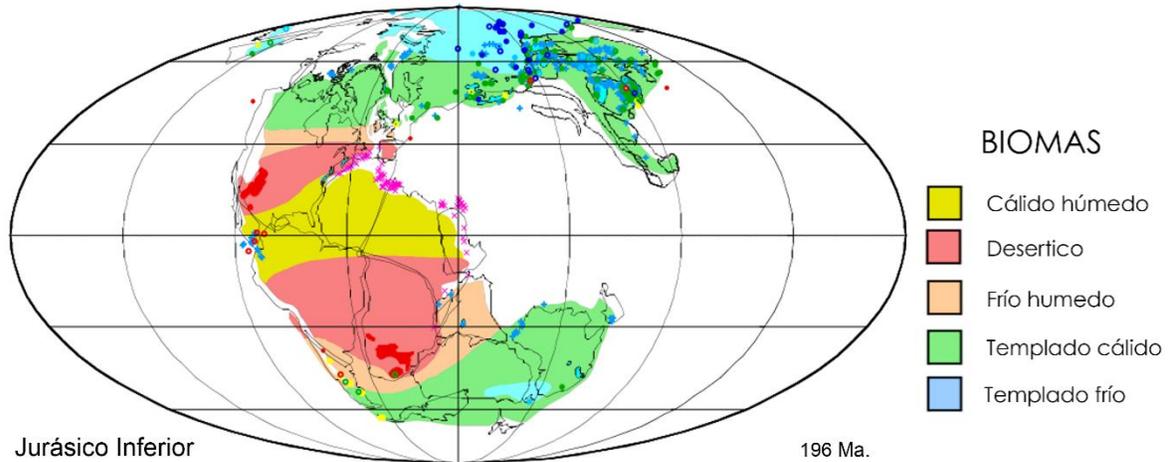


Figura 2. Paleomapa de los climas del Jurásico Temprano; tomado y modificado de Rees *et al.*, 2000

Particularmente, para el Jurásico Medio, las condiciones más cálidas provocaron un descenso en la diversidad de helechos, restringiéndose en zonas más húmedas y con alta formación de carbón, y permitiendo un incremento en el número de Bennettitales (con géneros como: *Anomozamites* Schimper 1870, *Pterophyllum* Brongniart 1828, *Ptilophyllum* Morris 1840, *Zamites* Brongniart 1820 y *Otozamites* Braun 1842) y Cycadales (con géneros como: *Nilssonia* Brongniart 1825, *Ctenis* y *Pseudoctenis* Seward 1911); acompañados todavía por familias de helechos como Matoniaceae y Dipteridaceae. En las zonas más cálidas, temperaturas elevadas y baja formación de carbón, se encuentran restos de grupos como las Peltaspermales y las Cheirolepidaceas (*Brachyphyllum* Lindley & Hutton 1836 ex Brongniart, 1828 emend. Harris, 1979 y *Pagiophyllum* Heer), las coníferas son representadas por las pináceas y taxodiáceas, además de algunos reportes de Ginkgoales (Diéguez, 2003). Por otra parte, para la fauna se diversifican los foraminíferos con pared aglutinada, Ammonites, Bivalvos,

Gasterópodos y Equinoideos. Surgen los foraminíferos planctónicos y los Rudistas. Hay variados grupos de reptiles marinos (Ictiosauros, Plesiosauros), terrestres (cocodrilos, tortugas, lagartos y dinosaurios) y voladores (Pterosaurios). Los mamíferos comienzan a ser abundantes y las aves aparecen. La acción de la deriva continental provoca una conexión intermitente entre el mar de Tethys y el protopacífico a través del Corredor Hispánico y la apertura de los océanos Atlántico e Índico, generaron la fragmentación de la Pangea (Cantú-Chapa, 1998). Las evidencias de abundante arenisca indican un clima cálido húmedo en zonas de África y sureste de América, la presencia de carbón en el norte de Eurasia y Australia indican un clima templado cálido y hacia las zonas más polares un clima templado frío (Rees *et al.*, 2000) (fig. 3).

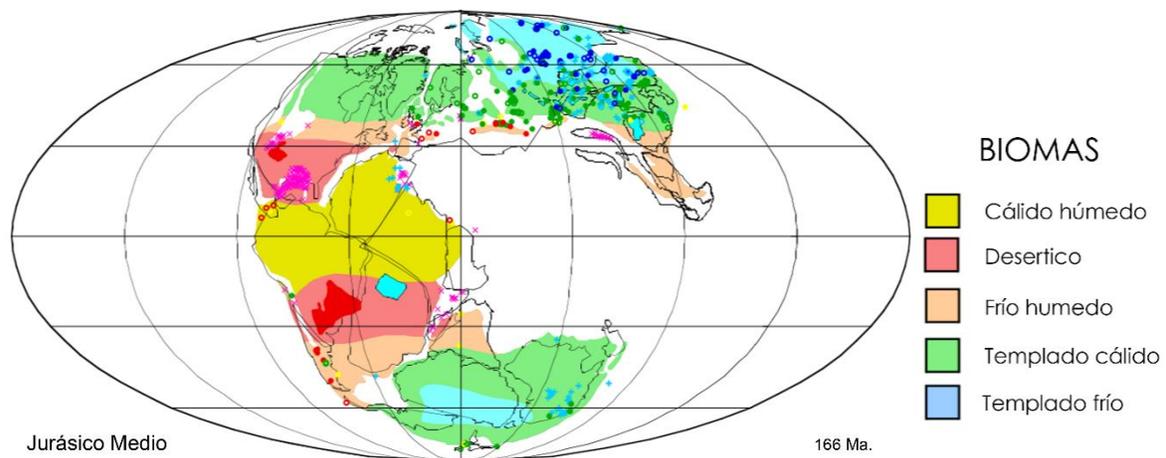


Figura 3. Paleomapa del Jurásico Medio; tomado y modificado de Rees *et al.*, 2000.

3.2. Flora del Jurásico

Las características generales de los grupos de plantas que dominaron el Jurásico son:

- **Pteridophytas**
- **Filicopsida**

A lado de las plantas con flores, los helechos son uno de los grupos más grandes y diversos de las plantas vasculares, actualmente conocidos como pteridofitas y que se caracterizan porque en su ciclo de vida presentan alternancia de generaciones independientes y de vida libre, una asexual o esporofítica, que produce esporas y otra sexual o gametofítica que, como su nombre lo indica, forma gametos (Taylor *et al.*, 2009). Hoy en día, existen más de 300 géneros con varios miles de especies y, aunque están ampliamente distribuidos en todo el mundo algunos de estos son sobrevivientes exitosos del pasado geológico y están restringidos principalmente en los trópicos, donde los helechos arborescentes, de hasta 10 o más metros de altura, son muy característicos (Tidwell y Ash, 1994). Todos los helechos son perenes y herbáceos y no producen xilema secundario (Taylor *et al.*, 2009).

Existen registros del grupo de las Filicales desde el Devónico Medio (393.3 Ma.). Durante el Carbonífero, los helechos y algunas plantas asociadas formaban gran parte de la vegetación que existió en ese periodo. Los registros más abundantes sobre helechos están en estratos del Pérmico y se considera un grupo representativo de dicho tiempo. Al final de la era Paleozoica la primera etapa en la filogenia de los helechos había terminado y da comienzo a la siguiente etapa, con el inicio de la era Mesozoica, a nuevos géneros y/o familias que en ocasiones se ajustan o comparten caracteres muy similares a los helechos actuales (Tidwell y Ash, 1994).

Por esto, los caracteres de los helechos modernos son similares a los caracteres que definen a los helechos fósiles. La hoja es megáfila y es

llamada fronda, que se puede encontrar entera o dividida, puestas en un mismo plano y no produce flores ni semillas. Las frondas por lo regular son compuestas (divididas); las divisiones de primer orden son llamadas pinnas y las de orden final, pínulas (Taylor *et al.*, 2009) (Fig. 4).

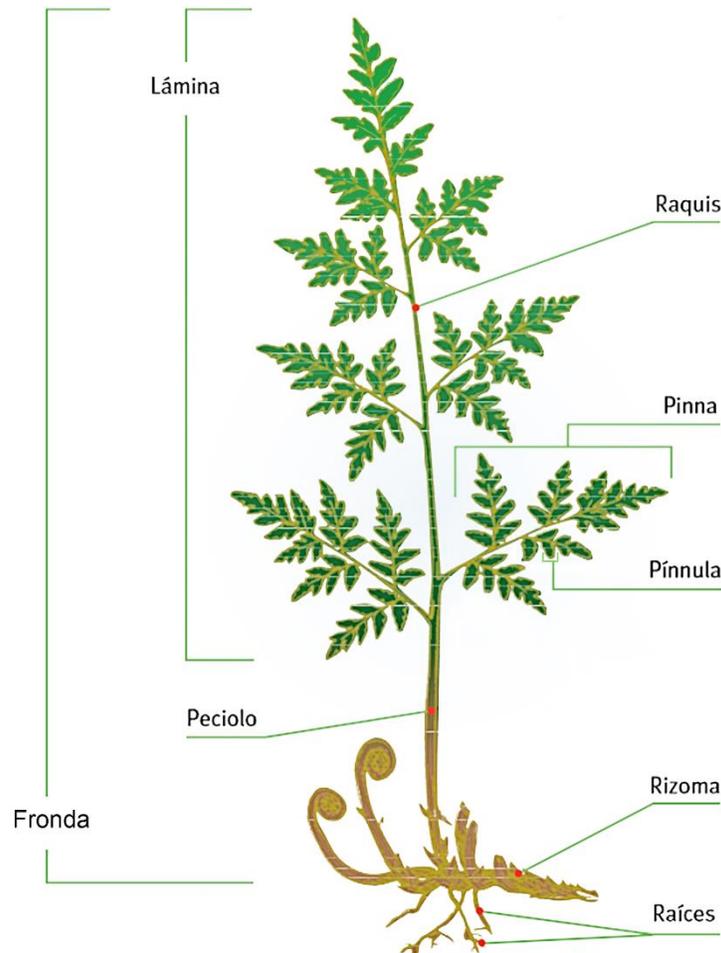


Figura 4. Morfología general de los Helechos, tomado y modificado de Delgado y Plaza (2006).

- **Equisetales.**

El orden Equisetales se originó en el Devónico y alcanzó su abundancia y diversificación máxima en el Paleozoico tardío, hace unos 300 Ma. Durante el final del Devónico y el Carbonífero estuvieron representados por los calamites, un grupo de árboles que alcanzaban 15 metros de altura o más, con un tronco que podría tener más de 20 cm de grosor. Las similitudes entre calamites y equisetos son tales que se incluyen en

el mismo orden (Gallardo-Pérez *et al.*, 2006). Este orden está dividido en cuatro familias: los Calamitaceae, Tchernoviaceae, Gondwanostachyaceae y Equisetaceae (Taylor *et al.*, 2009). Poco se conoce acerca de la mayoría de los fósiles miembros de estas familias, aunque existe evidencia que coexistieron durante el Carbonífero.

Actualmente la mayoría de estas plantas se localizan en cuerpos de agua: lugares húmedos o encharcados, cerca de arroyos, en lugares cercanos a manantiales, cascadas, en zonas pantanosas formando parte de comunidades herbáceas anfibias o subacuáticas (Gallardo-Pérez *et al.*, 2006).

Los Equisetales se caracterizan por sus tallos conspicuamente articulados y por su textura áspera, tienen hojas pequeñas a modo de escamas, sin venas, de estructura sencilla dispuestas en verticilos en los nudos, donde además salen las ramas, cuando existen, alternado con las hojas. La distancia entre nudo y nudo (entrenudo) presenta crestas longitudinales internodales en sus tallos (Gallardo-Pérez *et al.*, 2006 y Taylor *et al.*, 2009). La parte subterránea de la planta consiste de un rizoma teniendo numerosas raíces adventicias (Taylor *et al.*, 2009) (fig. 5).

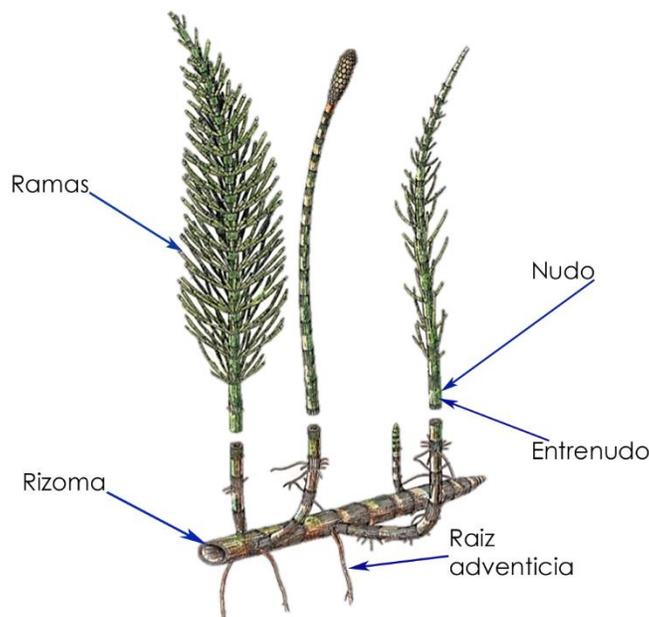


Figura 5. Morfología general de Equisetum.

- **Gimnospermas**

- **Cycadophytas**

En este grupo se han incluido a las verdaderas cycadas, miembros del orden las Cycadales, y las Bennettitales, un grupo de plantas extintas, considerado como un grupo informal dentro de las Cycadophytas (Watson y Sincock, 1992). En algunas clasificaciones son incluidas, a las Cycadophytas en la clase Cycadopsida; en otras está representado como un grupo basal de las gimnospermas y es grupo hermano de todas las demás plantas con semilla (Meyen, 1987). Las compresiones carbonosas de hojas de estos dos órdenes son difíciles de diferenciar basándose solo en los caracteres macromorfológicos y por ello se han creado los morfogéneros, y así, las hojas de los géneros de estos dos órdenes, son incluidos como hojas de cycada o Bennettitales.

- **Cycadales**

Incluyen a las cycadas actuales y a miembros fósiles los cuales datan desde el Pensilvánico. La evidencia fósil indica que el grupo ha permanecido relativamente sin cambios morfológicos a lo largo del tiempo. Hoy en día, el grupo contiene 12 géneros en tres familias y cerca de 300 especies que se encuentran distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de América, África, Sureste de Asia y Australia. Presentan una morfología similar a helechos arborescentes o palmas (fig. 6). La mayoría de las hojas de cycadas tienen venación circinada. El sistema vascular es Eustele (Taylor *et al.*, 2009).



Figura 6. Morfología general de una Cycada actual; *Dioon edule* Lindley 1843.

○ **Bennettitales**

Las plantas incluidas en las Bennettitales o Cycadeoidales se presentan durante el Triásico y hasta el Cretácico, representadas en ambos hemisferios. Las hojas en este grupo son casi idénticas morfológicamente a las Cycadales (fig. 7) la principal diferencia se encuentra al nivel microscópico, ya que las Bennettitales presentan estomas sindetoquelicos (Taylor *et al.*, 2009).



Figura 7. Bennettital recolectada en el Grupo Tecocoyunca, Guerrero.

- **Ginkgoales**

Las Ginkgoales son un grupo de Gimnospermas de afinidades y posición taxonómica controvertidas; (Bauer *et al.*, 2013, Troncoso y Herbs, 1999 y Velasco de León *et al.*, 2014). El grupo, actualmente representado por una sola especie, *Ginkgo biloba* Linneo 1771 (fig. 8), considerado endémico de China, tuvo en el pasado una distribución prácticamente mundial, con una gran diversidad de formas que, en algunas asociaciones, son numéricamente predominantes, acorde con el registro fósil (Troncoso y Herbs, 1999).

Su registro estratigráfico se inicia en el Pérmico, pero los registros de este periodo son escasos comparados con los del Mesozoico, donde se presenta su máxima diversificación (Taylor *et al.*, 2009; Bauer *et al.*, 2013 y Velasco de León *et al.*, 2014).

En algunos sistemas de clasificación se les trata ya sea como orden, clase o división y, en ocasiones, se les asocia a las Coniferales. Meyen (1984) las incluyó como orden, en la clase Ginkgopsida, junto con Czekanowskiales, Pteridospermales, Caytoniales, Pentoxylales y Ephedrales (Troncoso y Herbs, 1999).

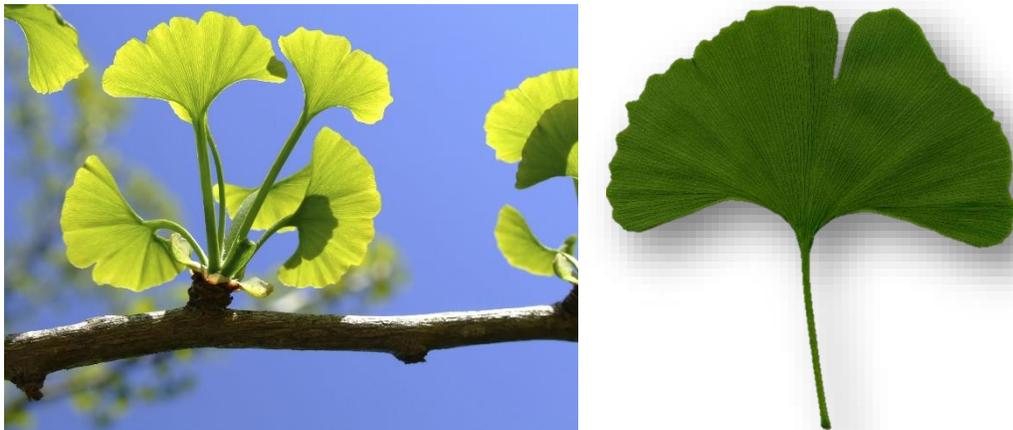


Figura 8. Morfología del *Ginkgo biloba* una representante actual del grupo de la Ginkgoales.

- **Coníferas**

La mayoría de las plantas asignadas a coníferas son árboles de tallas enormes o algunos arbustos pequeños. Presentan ciclos de vida típicamente muy largos, existen registros de las coníferas más antiguas en la actualidad que se aproximan a los 5000 años.

Las coníferas son típicamente ubicadas en siete familias que contienen 60 géneros aproximadamente y más de 650 especies (Taylor *et al.*, 2009).

Aunque las coníferas no fueron el componente principal de la vegetación del Carbonífero, se ha sugerido que ellas muy probablemente habitaron los ambientes secos de las altiplanicies, a partir de las cuales radiaron. En el periodo Triásico, este grupo sufrió su principal radiación; aparecieron primero las Podocarpaceae, después las Araucariaceae y posteriormente las Taxaceae, mientras que en el Jurásico aparecen primero las Cupressaceae y Taxodiaceae, seguidas de las Pinaceae y posteriormente las Cephalotaxaceae (Taylor *et al.*, 2009).

Las Cheirolepidaceae, son una gran familia de coníferas extintas que vivieron durante el Mesozoico que con certeza representan una variedad de plantas en cuanto a formas, basadas en su hábitat y ecología. Algunas fueron árboles de varios metros de alto, mientras otras han sido interpretadas como pequeños hierbas o arbustos. Se han incluido junto con numerosas familias de coníferas, comúnmente con Cupressaceae, Taxodiaceae y Araucariaceae. Incluye géneros representativos como *Brachyphyllum* (fig. 9), *Pagiophyllum* y *Frenelopsis* Schenk, 1869 (Taylor *et al.*, 2009)

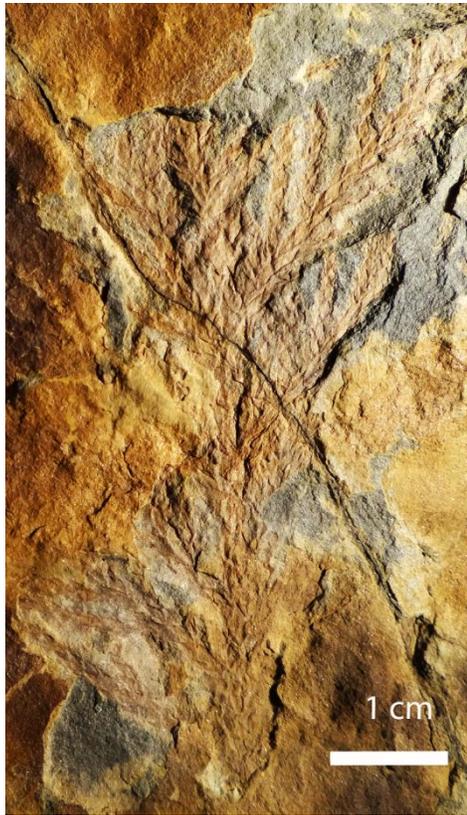


Figura 9. Rama de *Brachyphyllum*, Coniferal. Se observan las pequeñas hojas que cubren las ramas, características de la familia Cheirolepidaceae.

3.2.1. Flora del Jurásico de México

Se han documentado plantas que habitaron en México durante el Jurásico, principalmente en afloramientos del centro y sur del país (Wieland, 1914; Person y Delevoryas, 1982; Silva-Pineda, 1969, 1979, 1984 y 1992; Silva-Pineda y González-Gallardo, 1988; Silva-Pineda y Buitrón-Sánchez, 1999; Velasco de León *et al.*, 2011 y Martínez-Paniagua y Velasco de León, 2012); y al igual que los registros a nivel mundial, los grupos con mayor dominancia en México pertenecen a las gimnospermas representadas principalmente por las Cycadophytas (Cycadales y Bennettitales), Coníferas (*Brachyphyllum*) y Ginkgophytas (*Baiera* (Braun) Florin 1936, *Sphenobaiera* (Florin) Harris y Millington 1974 y *Ginkgoidium* Yokoyama 1889); además de algunos otros grupos importantes para la vegetación de esa época como las Filicales y Equisetales (Taylor *et al.*, 2009). Sin embargo, estas plantas en su mayoría están extintas en la actualidad y solo algunos

representantes de estos linajes continúan creciendo en ciertas zonas de México, como es el caso de las Cycadales o algunos grupos de las Coníferas (Cevallos-Ferriz *et al.*, 2012).

Para lograr la determinación y/o clasificación de las especies, se recurre a los estudios taxonómicos donde son utilizadas diversas metodologías para lograrlo, pero en general todas se basan en análisis numéricos (Taxonomía Numérica), como los análisis de conglomerados y de componentes principales, que nos ayudan a entender la similitud o disimilitud de los organismos en estudio, este mismo análisis se ha ocupado en paleoecología para entender la distribución de individuos, comparando diferentes localidades logrando comprender la estructura de un ecosistema del pasado (Rees *et al.*, 2000; Lozano-Carmona, 2013; Flores, 2014 y Ortiz-Martínez, 2014).

3.3. Análisis estadístico

La taxonomía numérica ha sido definida como un sistema de clasificación basado en la similitud total de los organismos clasificados; y trata de describir estructuras o patrones dentro de un conjunto de datos. A diferencia de los métodos estadísticos simples, las técnicas utilizadas en la taxonomía numérica, están diseñadas para generar hipótesis más que para probarlas; son un mecanismo de exploración y no tanto de confirmación. Los métodos se pueden aplicar prácticamente a cualquier disciplina conocida, desde la agricultura hasta la zoología, psicología y sociología entre otras.

En general, la taxonomía trata de realizar arreglos fenéticos de objetos o Unidades Taxonómicas Operativas (OTU, Operational Taxonomic Unit) (Sneath y Sokal, 1973), usando procesos numéricos aplicados a los estados de carácter de los organismos clasificados o matrices de distancia entre ellos, obtenidos por varios procedimientos y requiere de algoritmos estadísticos.

Para realizar los análisis es necesario construir una matriz básica de datos (MBD), donde se plasman los características de las OTU's para medir el grado de similitud.

- **Análisis de Agrupamiento.**

El análisis de agrupamiento representan las similitudes obtenidas de la matriz de unidades taxonómicas bajo un arreglo en forma de árbol llamado dendograma. Estos métodos sintetizan la información de la matriz de similitud. El sistema de clasificación de Linneo requiere que las entidades taxonómicas sean arregladas de una manera jerárquica sin solapamiento. Este requerimiento se puede obtener por medio de algoritmos SAHN (secuenciales, aglomerativos, jerárquicos, excluyentes) (Kohlmann, 1994 y Wiley, 1981).

- **Análisis de coordenadas principales.**

El análisis de coordenadas principales pertenece al grupo de esclarecimiento multidimensional, en donde se trata de resolver el problema de construir una configuración de puntos en espacio euclidiano que refleje, en cierto modo, las relaciones entre un conjunto de OTU según lo indiquen sus proximidades observada, sean o no euclidianas (Kohlmann, 1994).

En resumen, el propósito del análisis de coordenadas principales es producir una representación euclidiana de las distancias observadas que minimice la distorsión de una representación r -dimensional, o sea, crear un patrón de puntos que represente mejor el patrón el espacio original de caracteres multidimensionales (Kohlmann, 1994).

4. Antecedentes

En trabajos previos de las localidades muestreadas en este estudio, fueron consideradas pertenecientes a estratos de la Formación Conglomerado Cualac (Velasco de León *et al.*, 2011; Martínez y Velasco de León, 2012 y Velasco de León *et al.*, 2013), sin embargo, en este documento se hace una corrección en la ubicación estratigráfica de estas localidades; transfiriéndolas al Grupo Tecocoyunca, basados en el estudio geológico de Domínguez y Mercado (2015) y definiéndolas con una edad de Jurásico Medio.

4.1. Geología

El Grupo Tecocoyunca fue estudiado por primera vez por Burckhardt (1927), quien estudió los alrededores del poblado de Tecocoyunca; mientras que Jenny (1933 *en* Flores de Dios y Buitrón, 1982) diferenció dentro de estas rocas dos unidades: unidad inferior y superior. Guzmán (1950), también reconoce dos unidades definiéndolas como serie superior e inferior. Sin embargo, el Grupo Tecocoyunca fue propuesto formalmente por Erben (1956) para unos sedimentos constituidos por una secuencia de estratos que en su parte inferior es de origen continental, mientras que en la parte media existen intercalaciones marinas; su parte superior está formada por estratos completamente marinos, que afloran en los estados de Guerrero y Oaxaca. Además se la asigna una edad de Jurásico Medio (Bajociano-Calloviano) con base a sus ammonites (Erben, 1956). Este grupo se encuentra conformado por cinco formaciones: Zorrillo, Taberna, Simón, Otatera y Yucuñuti (De Anda, 2008).

El Grupo Tecocoyunca aflora a lo largo de la Barca de La Carbonera y sobre la brecha que comunica con Coauilote y Tecocoyunca; también se observa en los alrededores de los poblados de Saltillo y Cueteconcingo. González-Torres (1989) dividió, al grupo, en dos subgrupos; la unidad inferior comprende a las formaciones Zorrillo-Taberna indiferenciadas y Simón; mientras que la unidad

superior está compuesta por las formaciones Otatera y Yucuñuti (Domínguez y Mercado, 2014).

Litológicamente se trata de arenisca, limolita y lutita con concreciones calcareo-hematíticas. En algunos niveles existen mantos de carbón, y otros horizontes con coquinas. La parte superior del grupo la constituye lutita de color gris a morado con abundante yeso secundario (Corona-Esquivel, 1981).

El grupo Tecocoyunca descansa discordantemente sobre el Conglomerado Cualac. En el oriente, entre Tecocoyunca y Huamuxtitlán, está cubierto con discordancia paralela por una serie de areniscas con intercalaciones de lentes conglomeráticos y calizas de posible edad cretácica temprana, al sur, en la región de Teacalco, está cubierto discordantemente por tobas andesíticas del Terciario (Corona-Esquivel, 1981).

4.2. Paleontología

En los trabajos paleontológicos previos para las tres localidades de estudio (Tres Caminos, La Carretera y La Barranca) (Velasco de León *et al.*, 2011, Martínez-Paniagua y Velasco de León, 2012 y Velasco de León *et al.*, 2013) se realizó un reporte de los siguientes grupos de plantas que constituyeron la flora durante el Jurásico en dicha zona: Bennettitales —con los géneros: *Zamites*, *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Pterophyllum* y *Williamsonia* Carruthers 1870—, de Coníferas —*Brachyphyllum*—, de grupo de las Ginkgoales —*Sphenobaiera*.

Para cada localidad se menciona la siguiente riqueza: Para Tres Caminos se reportan ocho especies y se encuentra dominada por el género *Brachyphyllum*; la Carretera tiene una riqueza reportada hasta el momento de 14 especies (la más diversa de las tres) con el grupo de las Bennettitales bien representado; y para la Barranca se conoce una diversidad de diez especies representadas por Bennettitales, Ginkgoales y Filicales (Martínez-Paniagua y Velasco de León, 2012).

5. Justificación

La elaboración de bases de datos, con registros paleontológicos y litológicos a nivel local, son necesarias para realizar propuestas y reconstrucciones más fundamentadas y completas de Paleoclimas a nivel mundial; de manera que es importante realizar una actualización del reporte de la paleoflora que junto con los nuevos datos geológicos, permita realizar propuestas que describan de mejor manera las condiciones que prevalecieron en la zona de estudio durante el Jurásico Medio.

6. Hipótesis

Si los estratos representan tiempo geológico y las localidades se ubican en estratos diferentes a lo largo de la columna de estudio, se encontrara una composición paleoflorística diferente para cada una de ellas; esto evidenciara los cambios que existieron en el ambiente durante le Jurásico Medio en México.

7. Objetivos

7.1. General:

- Analizar los cambios en la diversidad de la flora del Jurásico Medio a lo largo de la columna estratigráfica en tres localidades del Grupo Tecocoyunca.

7.2. Particulares:

- Describir el registro paleoflorístico del Grupo Tecocoyunca de las localidades pertenecientes al estado de Guerrero.
- Conocer la diversidad y abundancia de la paleoflora en tres localidades de Grupo Tecocoyunca.
- Analizar la distribución estratigráfica de los géneros que conformaron la flora del Jurásico en el estado de Guerrero.
- Proponer una hipótesis paleambiental para las localidades del estado de Guerrero.
- Observar la afinidad de la flora de las tres localidades de estudio con otras del Jurásico Medio en México, comparando los registros de cada localidad.

8. Zona de estudio

La región estudiada se encuentra en la parte noreste del estado de Guerrero. El Grupo Tecocoyunca, en la zona de estudio, está formado por la estratificación de lutita intercalada con arenisca, con presencia de lentes de carbón interestratificados con la lutita; con granos de medio a fino (fig. 10). La columna estratigráfica se encuentra afectada por fallas de desplazamiento laterales y por plegamientos formando anticlinales y sinclinales.

La zona fue un ambiente sedimentario continental con depósitos fluviales tipo anastomosados, con llanuras de inundación y abanicos aluviales (fig. 11), de acuerdo a la clasificación de Miall (1996). En la litología de la columna se encuentran cuarzoarenitas, ortoconglomerados de cuarzo y con menor cantidad de grauvacas y arcosas con horizontes de lutita carbonosa y carbón, los clastos de la columna son sub angulosos a sub redondeados dominados por cuarzo dando un aspecto de madurez textural media.

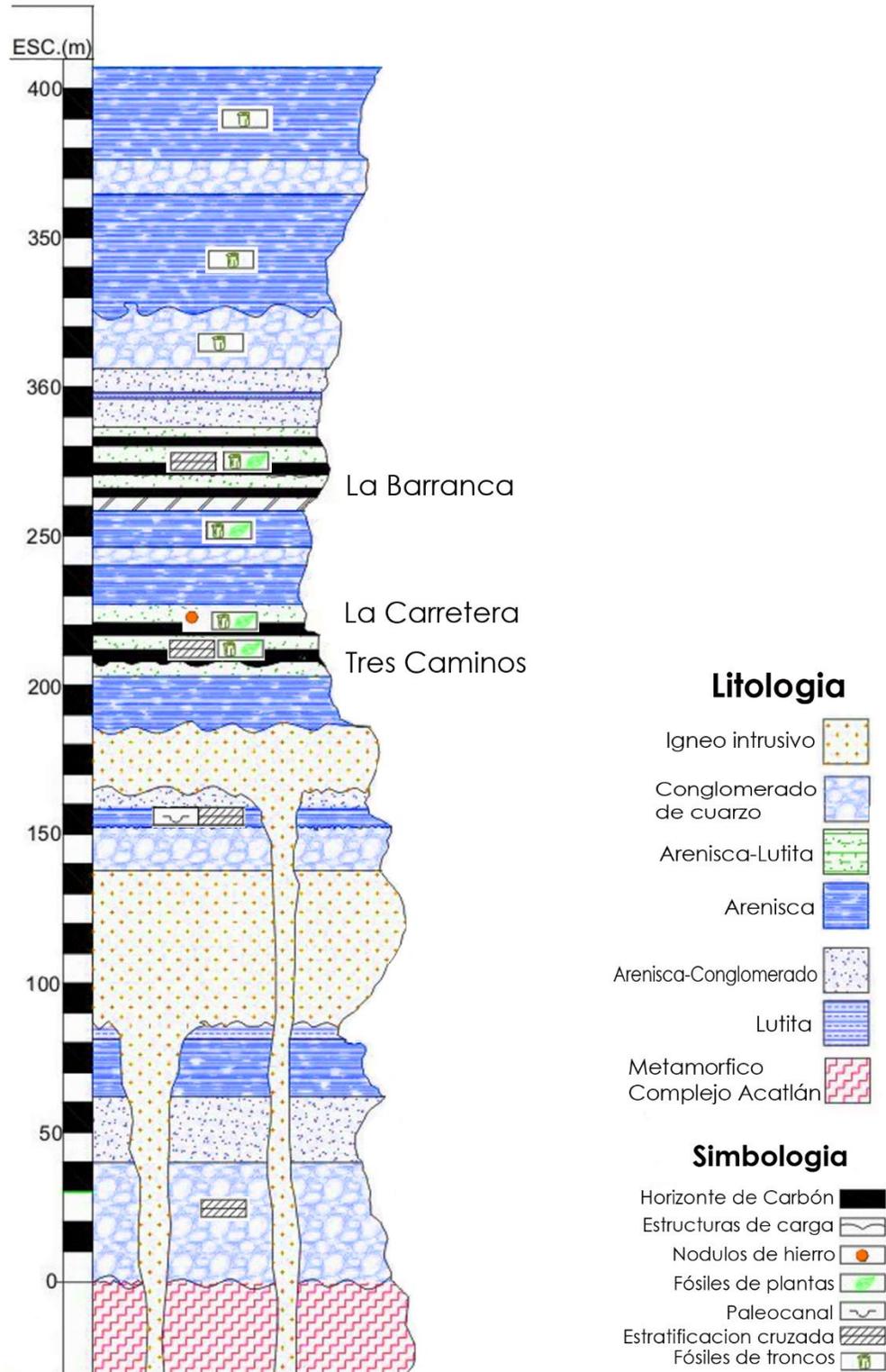


Figura 10. Columna estratigráfica, donde se ubica la posición de cada localidad dentro de esta (tomado y modificado de Domínguez y Mercado, 2014).

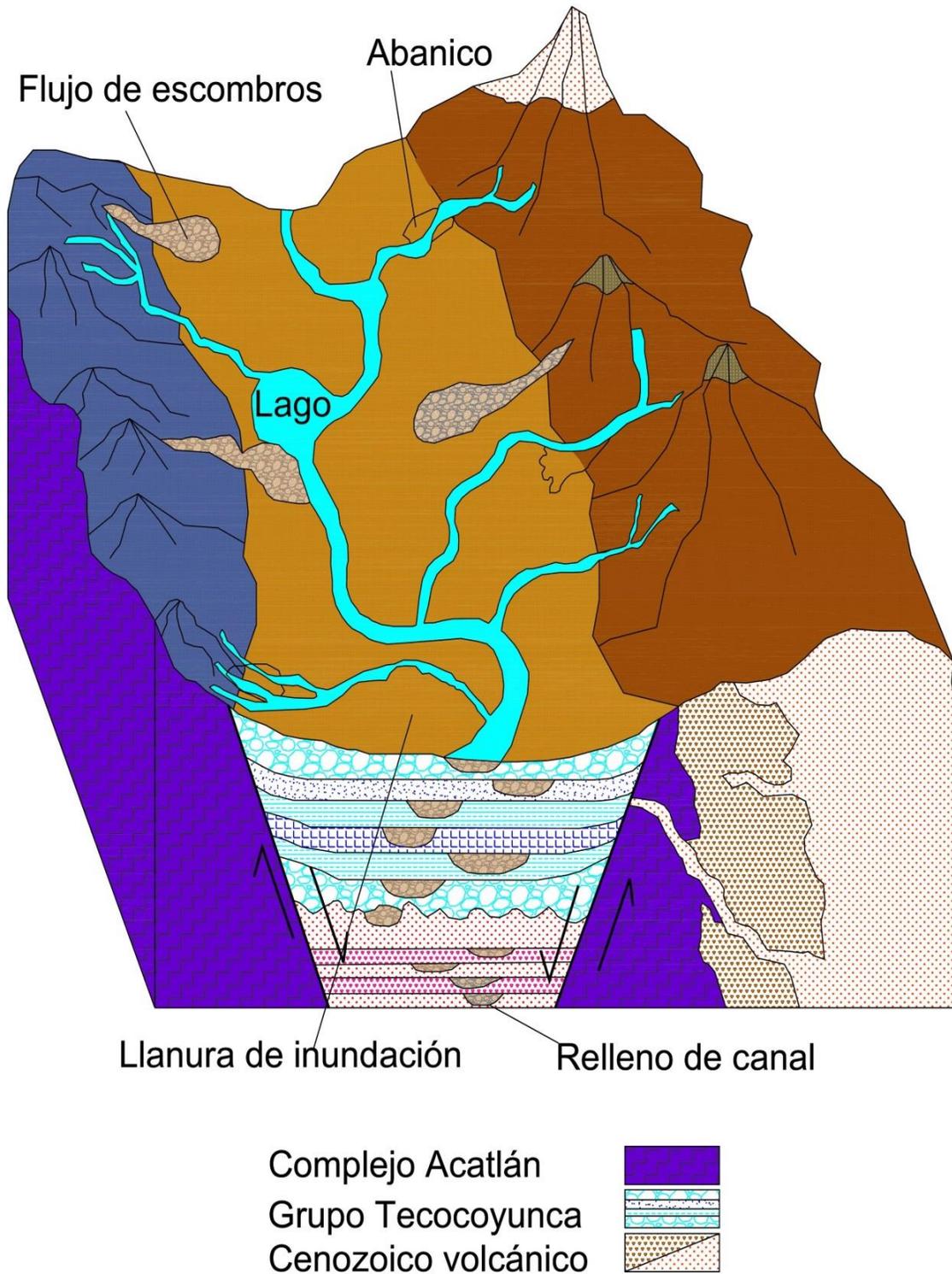


Figura 11. Ambiente sedimentario para el grupo Tecocoyunca representando un ambiente fluvial y la llanura de inundación (tomado de Domínguez y Mercado. 2014).

8.1. Localidades

8.1.1. Tres caminos:

Esta localidad se encuentra ubicada al noroeste del poblado Tres Caminos, en las coordenadas $17^{\circ}35'54''\text{N}$ y $98^{\circ}44'35.9''\text{W}$ (fig. 12).

Predominan arenisca gruesa, nódulos de hierro y estratificación cruzada lo que permite proponer un ambiente fluvial estacional (Domínguez y Mercado, 2014).

8.1.2. La Carretera:

La Carretera se localiza a 10 m por debajo de la carretera que conduce hacia el poblado de Tres Caminos con las coordenadas: $17^{\circ}35'48''\text{N}$ y $98^{\circ}44'35''\text{W}$ (fig. 12).

La localidad de La Carretera se encuentra afectada por una falla lateral derecha con una orientación E-W y una inclinación de 87° se sitúa a los 246 m de la columna estratigráfica (Domínguez y Mercado, 2014).

Los estratos de esta localidad corresponden a arenisca de grano fino intercalados con lutita y la energía en el ambiente fue de baja intensidad, el depósito ocurrió en abanicos fluviales en cuyo entorno y época de máxima precipitación se formaron llanuras de inundación, con variaciones locales por topografía (Domínguez y Mercado, 2014).

8.1.3. La Barranca:

La Barranca, con las coordenadas $17^{\circ}35'10.8''N$ y $98^{\circ}45'5.50''W$ (Fig. 12). Se caracteriza por presentar estratos de lutita carbonosa intercalados con carbón bituminoso de espesor de hasta 7 m (Domínguez y Mercado, 2014).

La localidad de La Barranca es afectada por plegamientos con orientación de SW 25° y una inclinación de 23° al NW aguas abajo y SE 17° con una inclinación de 25° al SW aguas arriba (Domínguez y Mercado, 2014).

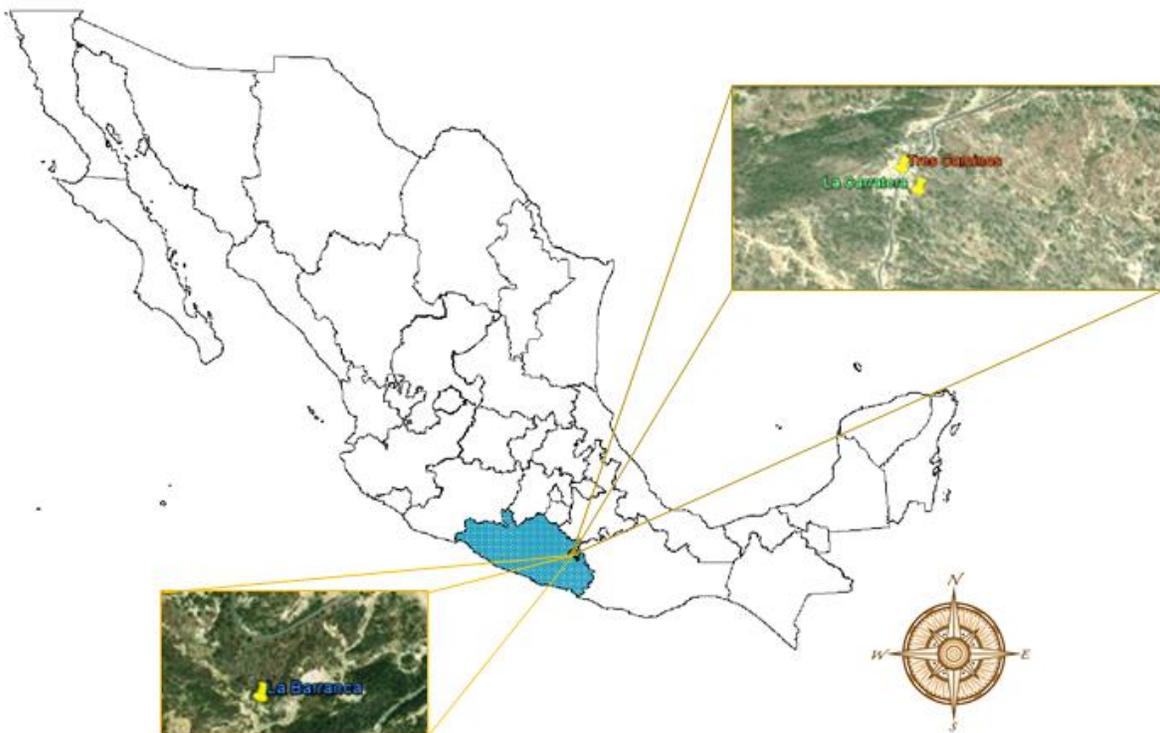


Figura 12. Mapa de la zona de estudio, donde se ubican las tres localidades trabajadas; en Tres caminos (rojo), La Carretera (verde) y La Barranca (azul).

9. Método

9.1. Fase de Campo

Se llevaron a cabo un total de siete salidas a campo, distribuidas de octubre de 2009 a febrero del 2013; se trabajó en tres localidades pertenecientes al Grupo Tecocoyunca: Tres Caminos, La Carretera y La Barranca. En cada una se recabaron datos importantes, como: Coordenadas geográficas, tipo de roca y secuencia estratigráfica donde se encontraron los ejemplares fósiles.

Los fósiles recolectados fueron empaquetados en bolsas de papel y/o hule espuma y asegurados en cajas para ser transportados a la Colección Paleontológica de la FES-Zaragoza, además se realizó la toma de fotografías con escala, en campo, para no perder características importantes de los fósiles, que durante el transporte se pudieran alterar y/o perder, por la fragilidad de los mismos.

9.2. Fase de laboratorio

9.2.1 Actividades curatoriales

Una vez en el laboratorio se desarrollaron las técnicas curatoriales pertinentes; que van desde la limpieza de los ejemplares, su restauración, asignación de número de catálogo y determinación.

Para la limpieza y restauración de los fósiles se efectuó con ayuda de agujas de disección, martillos, pegamento y ligas, de tal manera que los excesos de sedimentos y roca fueran eliminados para observar las características importantes para la determinación.

La asignación de números de catálogo fue con los acrónimos CFZ (Colección FES-Zaragoza) y las siglas "CC", exclusivas para los ejemplares colectados en las localidades del Grupo Tecocoyunca en Guerrero, seguidas de un número de

catálogo asignado al ejemplar, el cual es consecutivo y único para cada roca; cuando un ejemplar contenía más de un fósil, se incluyó un número en romano adicional para indicar cada fósil contenido en un mismo ejemplar. Por ejemplo CFZ CC-380 (I), (II), (III) y (IV) (fig. 13).



Figura 13. Ejemplo de la asignación de número de catálogo para el ejemplar CFZ CC-380 que contiene en el I.- *Zamites morfotaxa* 1, II.- *Otozamites graphicus*, III.- *Sphenobaiera* sp. 1 y IV.- *Sphenobaiera* sp. 1.

9.2.2. Determinación taxonómica

La determinación taxonómica se llevó a cabo con ayuda de literatura especializada (Wieland, 1914; Harris, 1969; Silva-Pineda, 1969 y 1984, Person y Delevoryas, 1982).

Para cada ejemplar se reconoció el tipo de órgano vegetal (por ejemplo: Hoja compuesta/simple, fronda, pinna, estructura reproductora, rama, corteza, etc.); de manera que se pueda identificar el grupo de plantas al que pertenece dicho órgano.

Posteriormente todas las características reconocibles en los fósiles se midieron con reglas y transportadores, para mayor precisión en algunos casos se utilizaron equipos como un estereoscopio Olympus SZ51 y en el caso de estructuras más pequeñas se fotografiaron y midieron con el software ImageJ.

Filicales

En el caso de los helechos se observó el tipo de fronda, si esta era simple, pinnada, bi-pinnada, tri-pinnada, etc.; y se midió el largo y ancho de la fronda, las pinnas y/o pínulas; ángulo de inserción de pinas al raquis, tipo y número de venas, tipo de ápice y si las frondas eran estériles o fértiles (presencia de soros) (fig. 14).

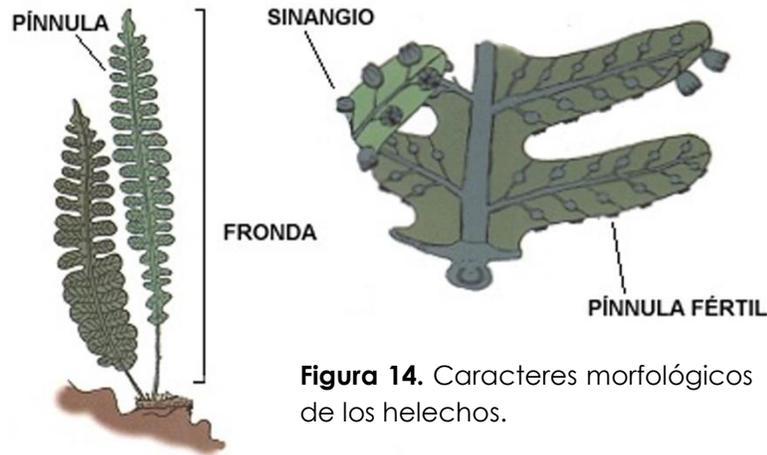


Figura 14. Caracteres morfológicos de los helechos.

Equisetales

En los fragmentos de Equisetos solo se midió el largo y ancho de los tallos, número de costillas o surcos, distancia que existe entre los entrenudos y tamaño de ramas y hojas en caso de que los presentara (fig. 15).

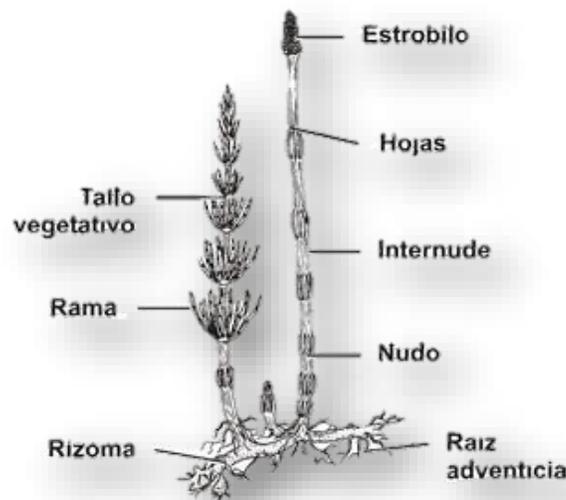


Figura 15. Caracteres morfológicos de los equisetos para su determinación.

Cycadophytas

Para las Cicadales o Bennettitales se midió el largo y ancho de las hojas compuestas y pinnas; ángulo de inserción de las pinnas al raquis, se indicó el tipo de hoja y pinna, tipo de base y ápice de pinna y tipo y número de venas (Watson y Sincok, 1992) (fig. 16).

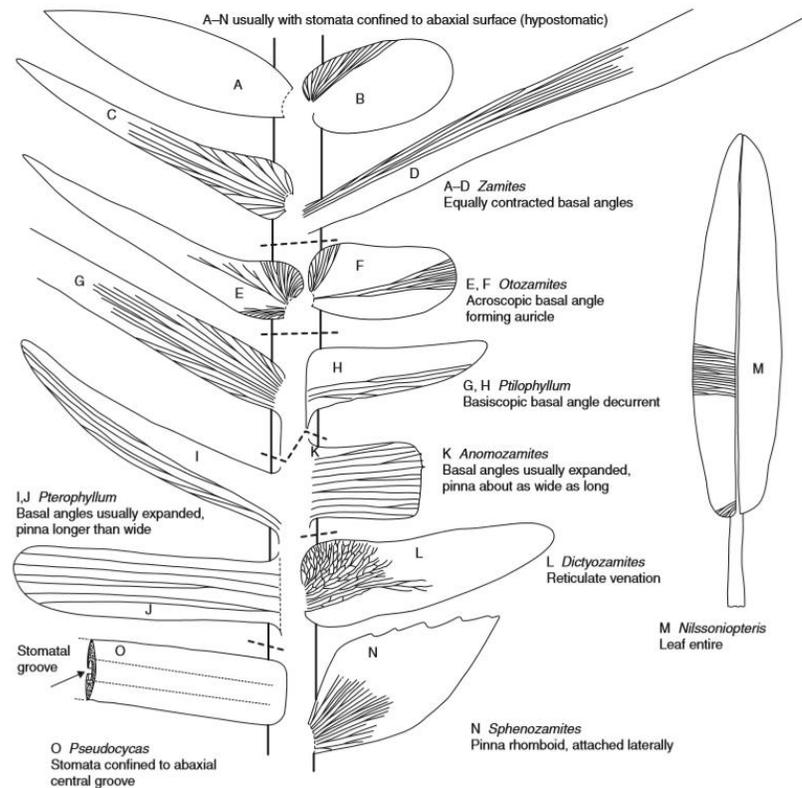


Figura 16. Morfología de las pinnas en las Bennettitales para identificar los géneros.

Ginkgoales

En las Ginkgoales se indicó la forma de la hoja, el tipo de base y ápice, ángulo de base de la hoja, el número y tipo de divisiones, el tipo de segmentos/lacinias; así como también se midió el largo y ancho de hoja, largo y ancho de segmento/lacinia; profundidad de la incisión y tipo y número de venas (Gnaedinger y Herbst, 1999) (fig. 17).

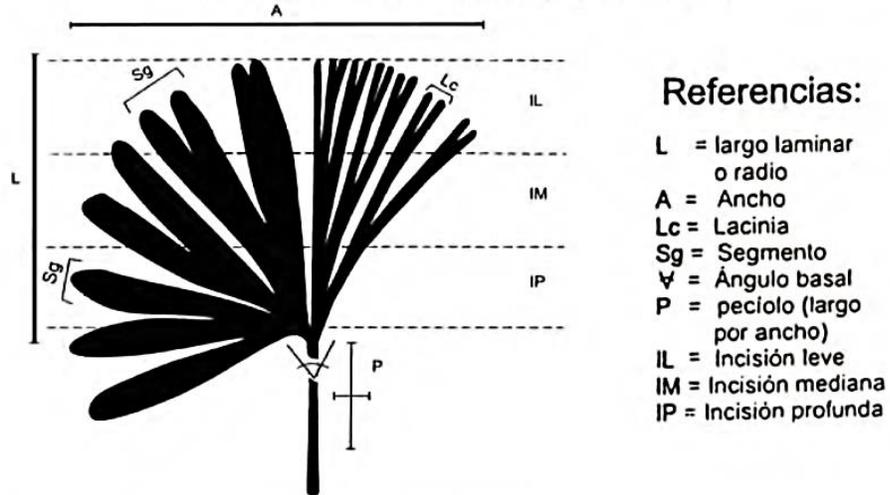


Figura 17. Caracteres morfológicos de las Ginkgoales.

Coníferas

En las coníferas estudiadas en este trabajo se identificaron en número de ramas, tipo de ramificaciones, ángulos de ramificación, se midió el largo y ancho de las hojas, número y tipo de venas y tipo de ápice de las mismas (fig. 18).

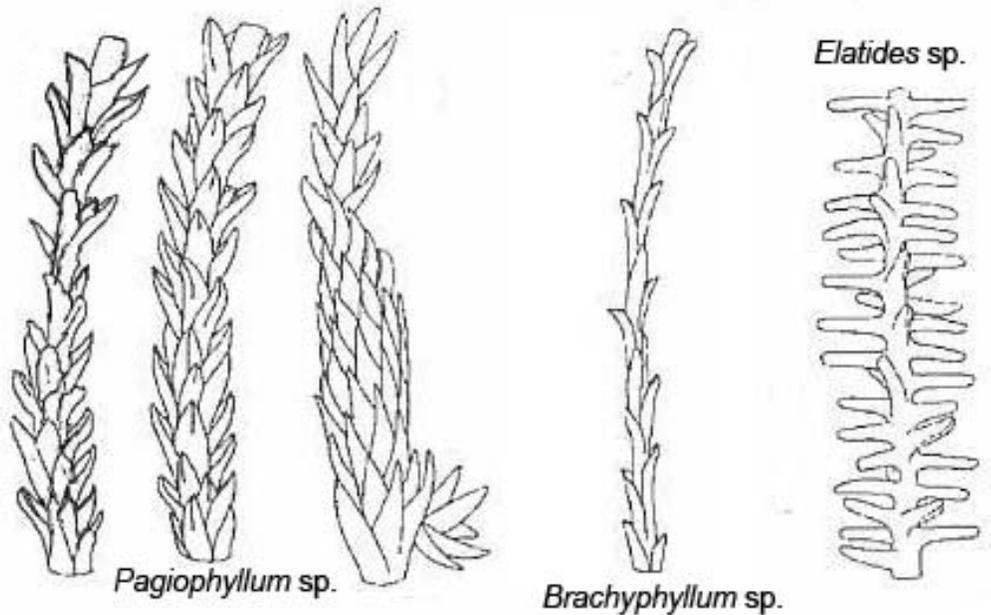


Figura 18. Morfología de plantas pertenecientes a la familia Cheirolepidaceae.

9.2.3. Análisis estadístico

Para el análisis de similitud entre las localidades, se elaboró una matriz básica de datos de presencia/ausencia (1/0 respectivamente) que incluyó a las especies encontradas en las localidades de este estudio: Tres caminos, La Carretera y La Barranca (Grupo Tecocoyunca, Guerrero); las cuales se compararon con los listados de especies de las localidades Río Ñumi y Cañada Alejandro (Formación Zorrillo-Taberna indiferenciadas), Partideño y Chilixtlahuaca (Formación Tecomazuchil), Tianguistengo (formación Otlaltepec), Barranca de la Mina (Grupo Tecocoyunca, Puebla) del Jurásico Medio; que se encuentran en la zona de la Mixteca (en los estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero) para poder observar si existe alguna afinidad de las floras de dichas localidades, así conocer si las condiciones de los ambientes variaron a lo largo del Jurásico Medio de México.

Se usó el software NTSYS, y se obtuvo un fenograma utilizando el índice de Jaccard, el cual reconoce las presencias compartidas, y obteniendo un coeficiente de correlación mayor a 0.8, lo que indica que el acomodo de las OTU's no está dado al azar (Sneath y Sokal, 1973) y se analizó el parecido en la composición paleoflorística que presentaron las localidades del Grupo Tecocoyunca en Guerrero con otras de la región Mixteca de la misma edad y se corroboraron estas afinidades con un análisis de componentes principales, la cual corrobora e indica las especies responsables del acomodo en el fenograma.

9.2.4. Determinación de Paleoambientes

Para inferir el ambiente se realizó el cálculo de las áreas foliares, pues el tamaño de la hoja es uno de los caracteres adaptativos al clima, ya que controla la temperatura en la superficie de la lámina, por lo tanto hojas grandes con amplias áreas foliares expuestas se localizan en ambientes de climas templados y húmedos y hojas de áreas foliares reducidas tienden a presentarse en ambientes secos o soleados (Ortiz-Martínez *et al.*, 2013).

Para conocer el área foliar se realizó una multiplicación del largo por el ancho de las pinnas u hojas por un factor de corrección (0.66) según lo propuesto en el trabajo de Ortiz-Martínez *et al.* (2013), en el cual con el cálculo de las áreas foliares se incluyen, a las plantas, en alguna de las siete categorías foliares establecidas en dicho estudio (tabla 1).

Se excluyen de este análisis a las filicales ya que el ciclo de vida de estas plantas es estacional y principalmente se restringen a las épocas de humedad, así como las estructuras reproductoras (conos y semillas) ramas y cortezas ya que estas, al igual que los helechos, no nos aportan información directa de las condiciones que prevalecían en el Jurásico.

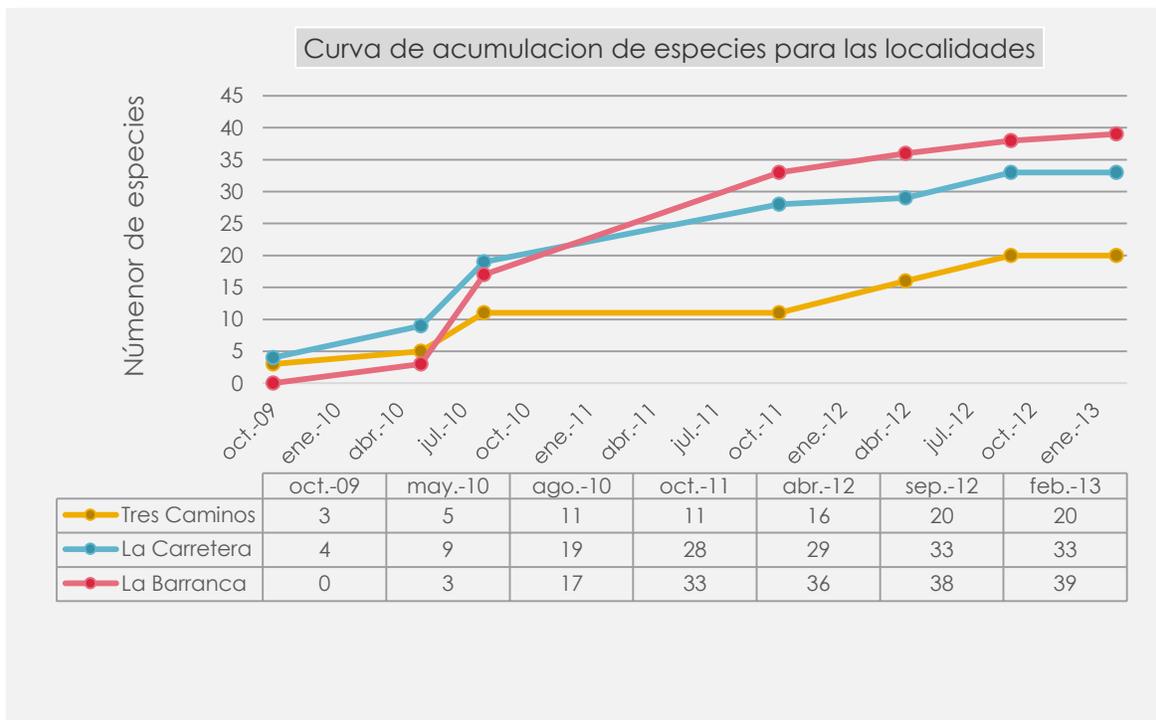
Tabla 1. Escala de la categorías foliares propuestas por Ortiz-Martínez *et al.* (2013).

Categoría	Intervalo (cm²)
Nanofila I	< 0.01142
Nanofila II	de 0.01142 a 0.08240
Microfila I	de 0.08241 a 1.3660
Microfila II	de 1.3661 a 3.4835
Microfila III	de 3.4836 a 9.8551
Notofila	de 9.8552 a 57.7427
Mesófila	de 57.7428 a 304.90

10. Resultados

10.1. Riqueza, abundancia y Paleoambiente

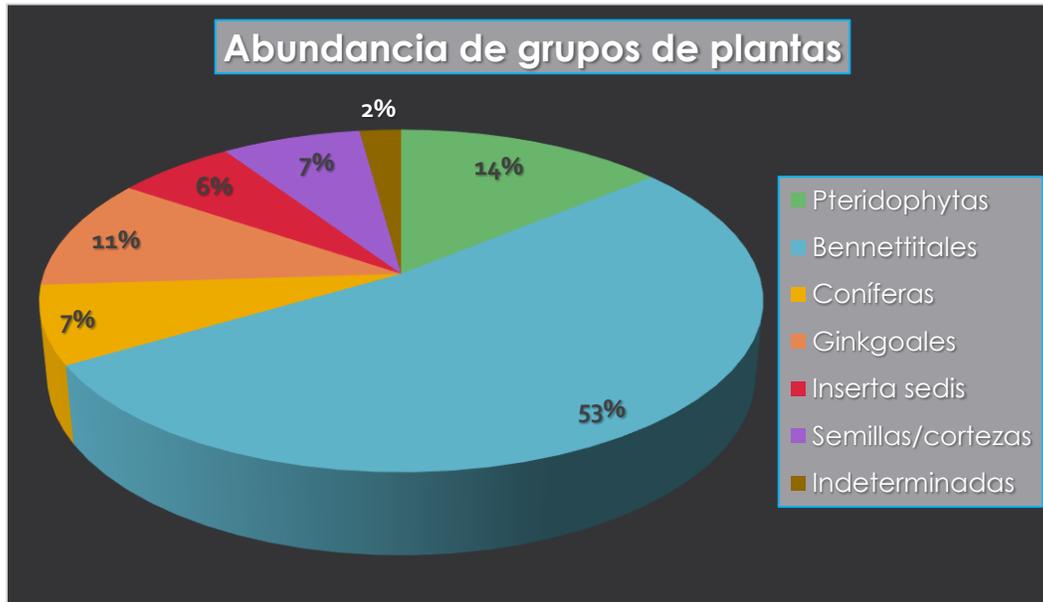
Se recolectaron un total de 461 ejemplares que contienen 649 fósiles entre las tres localidades muestreadas. Se realizaron para cada localidad 7 muestreos, aplicando el mismo esfuerzo de trabajo para cada una de ellas. En la gráfica 1 se observa que se ha llegado a la asíntota, lo que indica que el número de especies encontradas para cada localidad ha llegado a su máximo, es decir, las floras para cada una de las localidades se encuentran bien representada para este estudio.



Gráfica 1. Acumulación de especies durante siete salidas a campo, que se distribuyen de octubre de 2009 a febrero de 2013.

El grupo de plantas que domina para toda la zona de trabajo es el de las Bennettiales (341, representando el 53%) seguido de las Pteridophytas, que incluye a los helechos y los equisetos (91, 14%), las Ginkgoales (68, 11%), las Coníferas (48, 7%), las de posición incierta, representadas por los géneros

Mexiglossa Delevoryas y Person 1975 y *Pelourdea* Seward 1917 (40, 6%), además se colectaron cortezas y semillas (con 39 y 8 respectivamente) y finalmente los ejemplares que no se lograron incluir en ningún grupo o categoría anterior, se catalogaron como indeterminadas (13) (gráfica 2).



Gráfica 2. Muestra la abundancia de los principales grupos de plantas encontrados entre las tres localidades del Grupo Tecocoyunca en Guerrero, revelando que el más dominante es el de las Bennettitales con el 53%.

Los resultados de abundancia y riqueza (diversidad) y el área foliar para cada localidad se presentan por separado de manera que se entienda la composición de la vegetación que presenta a cada localidad, tomando en cuenta que cada una está representando diferentes tiempos a lo largo de la columna estratigráfica, de esta manera se analizan los cambios que se presentaron en los ambientes en cada una de las localidades.

Cabe mencionar que para el conteo de la abundancia de especies por localidad fueron excluidas todas las cortezas, semillas y estructuras reproductoras que no se pudieron identificar, por lo tanto, no representan alguna categoría taxonómica y se engloban en la categoría de indeterminados.

10.1.1. Tres caminos

- **Riqueza y Abundancia**

Para la localidad de Tres caminos se recolectaron un total de 131 ejemplares fósiles, de los cuales 27 se consideran indeterminados (22 cortezas, tres semillas, una estructura reproductora y un indeterminado) por lo tanto para el análisis de riqueza son considerados 104 fósiles (tabla 2).

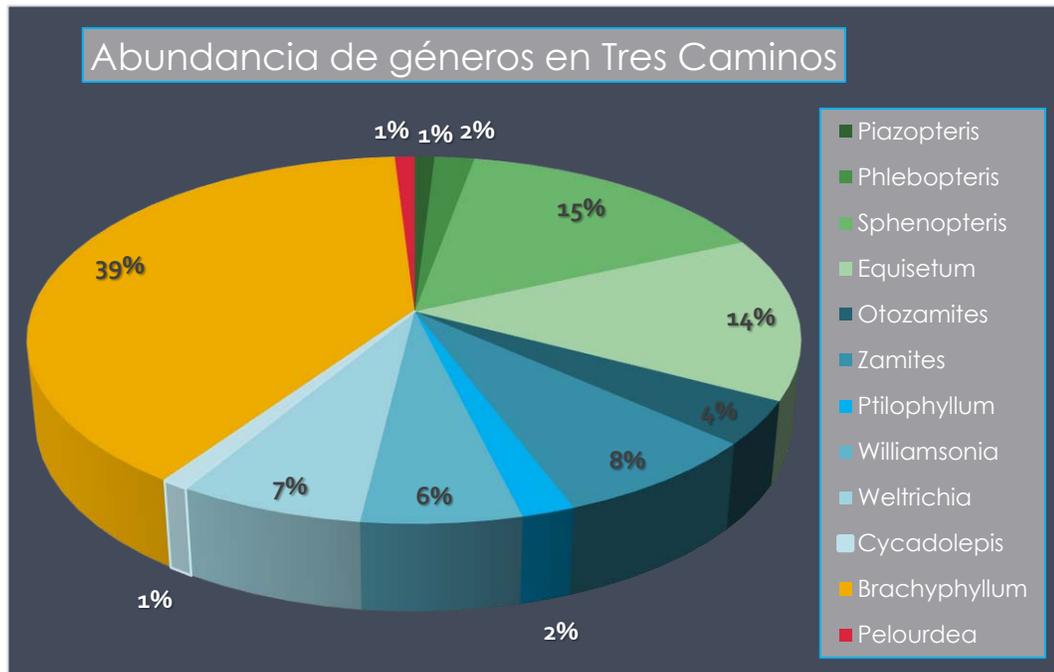
El género que domina es *Brachyphyllum* (39%), que representa casi dos quintas partes de la flora total que se encontró para esta localidad, este género es considerado xeromórfico, es decir, se cree que se desarrolló en ambientes cálidos con alto estrés hídrico (Barbackaet *al.*, 2006).

Cabe mencionar que también se encuentra representando el grupo de la Pterophytas con 32%, el cual es caracterizado por tener ciclos de vida muy corto y marcan periodos de humedad; estos fósiles se encontraron como ramas muy fragmentadas y las pinnas de los helechos son muy pequeñas.

El grupo de las Bennettitales presenta una abundancia baja, ya que este grupo solo representa el 29%; pero presentan una amplia riqueza ya que está representado por seis géneros (tres de hojas fósiles y tres de estructuras reproductoras) (gráfica 3).

Tabla 2. Representa la abundancia de cada género encontrado en la localidad de Tres Caminos. Se observa que *Brachyphyllum* es el más abundante comparado con los demás géneros reportados para dicho sitio.

Grupo	Géneros	Abundancia
Pteridophytas (34)	<i>Piazopteris</i>	1
	<i>Phlebopteris</i>	2
	<i>Sphenopteris</i>	16
	<i>Equisetum</i>	15
Bennettitales (28)	<i>Otozamites</i>	4
	<i>Zamites</i>	8
	<i>Ptilophyllum</i>	2
	<i>Williamsonia</i>	6
	<i>Weltrichia</i>	7
	<i>Cycadolepis</i>	1
Coníferas	<i>Brachyphyllum</i>	41
Inserta sedis	<i>Pelourdea</i>	1
N° de fósiles		104



Gráfica 3. Muestra la riqueza de géneros, así como la composición de la flora para la localidad de Tres Caminos.

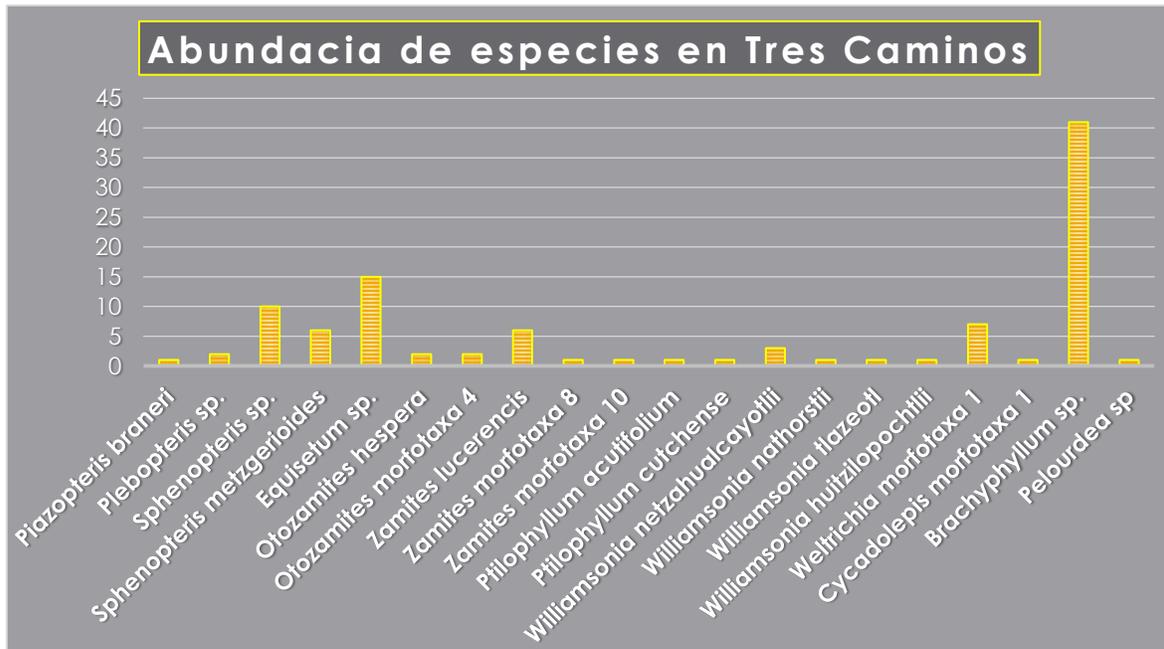
El total de especies en la localidad son 20, la mayor riqueza está representada por el género *Williamsonia* con cuatro especies (*W. netzahualcoyotlii*, *W. nathorstii*, *W. tlazeotl* y *W. huitzilopochtlii*) junto con *Weltrichia* morfotaxa 1, el cual es un reporte nuevo para esta localidad; seguido de las Filicales con tres géneros y cuatro especies (*Phlebopteris* sp., *Sphenopteris* sp., *S. metzgerioides* y *Piazopteris braneri*) (Tabla 3).

Tabla 3. Abundancia de especies para la localidad de Tres Caminos donde *Brachyphyllum* sp. domina la diversidad.

Especies	Abundancia
<i>Piazopteris braneri</i>	1
<i>Phlebopteris</i> sp.	2
<i>Sphenopteris</i> sp.	10
<i>Sphenopteris metzgerioides</i>	6
<i>Equisetum</i> sp.	15
<i>Otozamites hespera</i>	2
<i>Otozamites</i> morfotaxa 4	2
<i>Zamites lucerencis</i>	6
<i>Zamites</i> morfotaxa 8	1
<i>Zamites</i> morfotaxa 10	1
<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	1
<i>Ptilophyllum cutchense</i>	1
<i>Williamsonia netzahualcoyotlii</i>	3
<i>Williamsonia nathorstii</i>	1
<i>Williamsonia tlazeotl</i>	1
<i>Williamsonia huitzilopochtlii</i>	1
<i>Weltrichia</i> morfotaxa 1	7
<i>Cycadolepis</i> morfotaxa 1	1
<i>Brachyphyllum</i> sp.	41
<i>Pelourdea</i> sp.	1
Total de fósiles	104
Total de especies	20
Total de especies únicas	4

La abundancia se concentra en *Brachyphyllum* sp., ya que la representatividad de las demás especies es muy baja, es decir, 10 especies están representadas solo por un registro. Ocho de las especies tienen de 2-10 registros. Además, en Tres Caminos se encontraron cuatro especies que en las demás localidades no se registraron, es decir, esta localidad presenta especies únicas; las cuales son

Zamites morfotaxa 8, *Z. morfotaxa* 10, *Williamsonia huitzilopochtlii* y *Cycadolepis* morfotaxa 1 (Gráfica 4) cabe mencionar que se encontraron 6 especies de estructuras reproductoras del orden de las Bennettiales, lo que indica que la flora era madura sexualmente.



Gráfica 4. Expresa la abundancia de las especies encontradas en Tres Caminos. *Brachyphyllum* sp. se encontró en mayor dominancia.

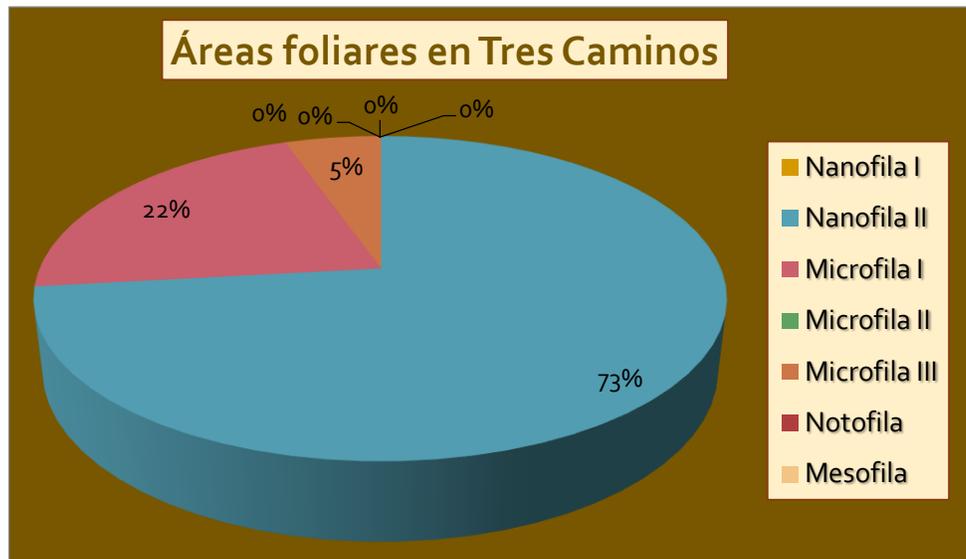
- **Área Foliar**

Para el cálculo de las áreas foliares fueron omitidas las ramas, estructuras reproductoras y los helechos por lo que solo se toman en cuenta 56 fósiles entre Bennettiales, Coníferas e *inserta sedis* (Tabla 4).

Para la localidad de Tres Caminos se obtuvo como resultado que las plantas fósiles se agrupan en solo tres rangos foliares, Nanofila II (41), Microfila I (12) y Microfila III (3); donde el rango de menor área foliar es el que abunda con un 73% (Gráfica 5).

Tabla 4. Rangos foliares que se presentan en Tres Caminos y su abundancia.

Rango	Registro
Nanofila I	0
Nanofila II	41
Microfila I	12
Microfila II	0
Microfila III	3
Notofila	0
Mesofila	0
Total	56



Gráfica 5. Muestra la dominancia de los rangos foliares presentes en Tres Caminos.

El rango Nanofila II representa en su totalidad al género *Brachyphyllum*, que es el que predomina en esta localidad y tiene la característica de haber sido una planta con hojas pequeñas y dispuestas helicoidalmente cubriendo en su conjunto las ramas secundarias y además, se desarrollaba principalmente en zonas que tienden a ambientes cálidos y secos y son consideradas plantas termófilas y xeromórficas, esto basado en sus características anatómicas presentes en la mayoría de las especies, así como su distribución geográfica (Yabe y Kubota, 2004).

10.1.2. La Carretera

- **Riqueza y Abundancia**

En la localidad de La Carretera se recolectaron un total de 307 fósiles de los cuales 18 no se determinaron (cinco cortezas, cinco estructuras reproductoras, cuatro semillas y cuatro hojas? indeterminados). Por lo tanto, para el análisis de abundancia de la localidad se toman en cuenta solamente 289 fósiles (tabla 5).

Dos géneros son dominantes en la localidad, pues ocupan cerca de la mitad de la abundancia total de géneros: *Otozamites* y *Zamites* (con 25% y 26% respectivamente), seguidos de la Ginkgoal, *Sphenobaiera* (con un 12%) y la Bennettital *Ptilophyllum* (9%).

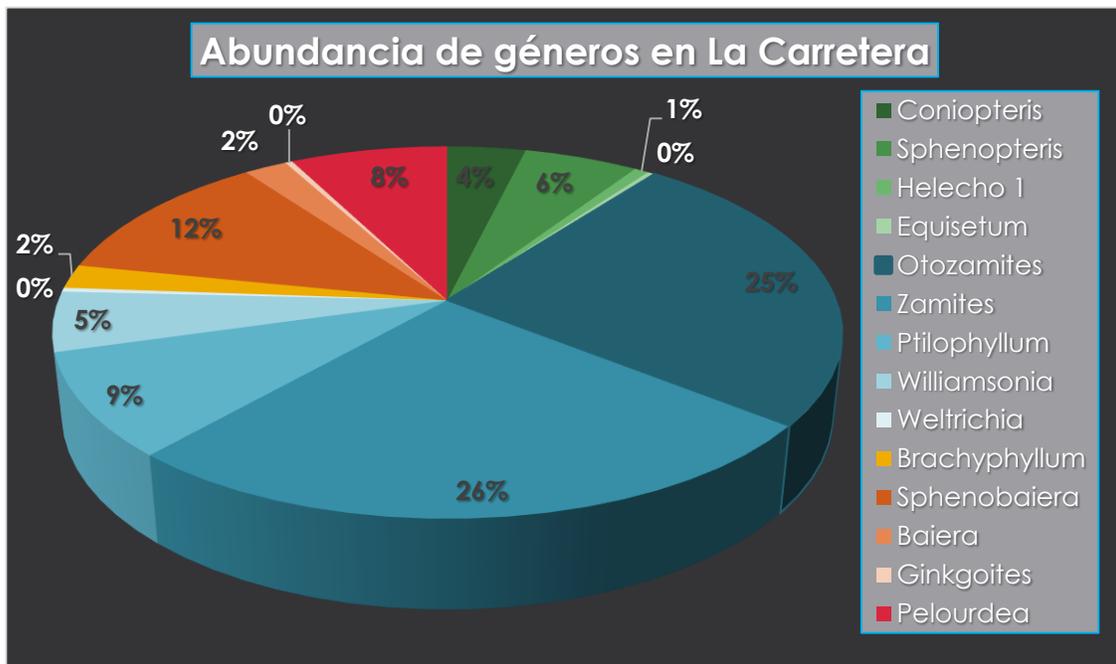
Tabla 5. Abundancia de géneros para la localidad de La Carretera, donde *Zamites* y *Otozamites* son abundantes.

Grupo	Géneros	Abundancia
Pteridophytas (30)	<i>Coniopteris</i>	11
	<i>Sphenopteris</i>	16
	Helecho 1	2
	<i>Equisetum</i>	1
Bennettitales (190)	<i>Otozamites</i>	73
	<i>Zamites</i>	75
	<i>Ptilophyllum</i>	26
	<i>Williamsonia</i>	15
	<i>Weltrichia</i>	1
Coníferas	<i>Brachyphyllum</i>	6
Ginkgoales (41)	<i>Sphenobaiera</i>	34
	<i>Baiera</i>	6
	<i>Ginkgoites</i>	1
Inserta sedis	<i>Pelourdea</i>	22
Total de fósiles		289

Comparando la representación de *Brachyphyllum*, en Tres caminos, donde es dominante, en el caso de La Carretera se reduce y solo se encuentra representado con el 2% de esta flora; por otro lado, el género *Pelourdea* aumenta considerablemente su presencia hasta un 8% (gráfica 6).

La riqueza de géneros se encuentra encabezada por las Bennettiales con cinco –*Otozamites*, *Zamites*, *Ptilophyllum*, *Williamsonia* y *Weltrichia*– seguida de las Ginkgoales –*Sphenobaiera*, *Baiera* y *Ginkgoites*– y las Pterophytas –con tres géneros identificados, *Coniopteris*, *Sphenopteris* y *Equisetum* y una que no se pudo identificar hasta nivel genérico.

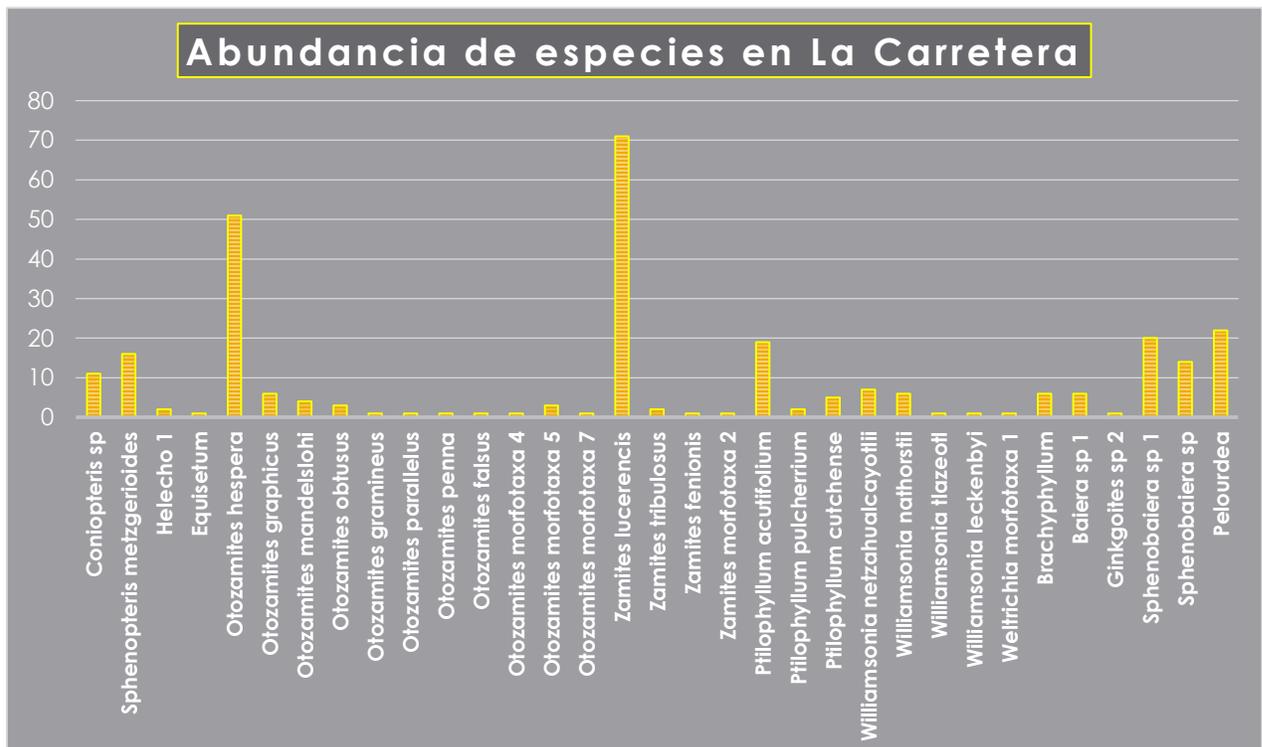
La riqueza de géneros se ve favorecida para esta localidad ya que aumenta de 12, que se reportan para Tres caminos, a 14 en la Carretera, esto debido a la aparición del grupo de las Ginkgoales que no estaba presente en la localidad anterior.



Gráfica 6. Se observa la riqueza y géneros de la localidad de La Carretera, donde *Otozamites* y *Zamites* dominan la zona.

La Carretera presentó una riqueza de 33 especies, el género con la mayor riqueza es *Otozamites* ya que está representado por 11 especies (tres de ellas son considerados como morfotaxas), cuatro son nuevos registros para México (*O. graphicus*, *O. parallelus*, *O. penna* y *O. falsus*) seguidos de *Williamsonia* con cuatro especies, *Zamites* con cuatro también (una de ella es un morfotaxa) y *Ptilophyllum* con tres especies (tabla 6).

La abundancia de especies está dominada por *Zamites lucerencis* (71 registros) seguida de *Otozamites hespera* (51) y *Pelourdea* sp. (22). La localidad presenta 8 especies que son únicas, *Otozamites mandelslohi*, Helecho 1, *O. parallelus*, *O. penna*, *O. falsus*, *O. morfotaxa* 7, *Zamites fenionis*, y *Ginkgoites* sp 2; de las cuales las últimas seis podrían ser consideradas como raras ya que además de ser únicas para la localidad también presentan un solo registro (gráfica 7).



Gráfica 7. Se exponen el número de ejemplares por cada especie encontrada en La Carretera, donde se resalta *Zamites lucerencis* como más abundante.

Tabla 6. Abundancia de especies para la localidad de La Carretera.

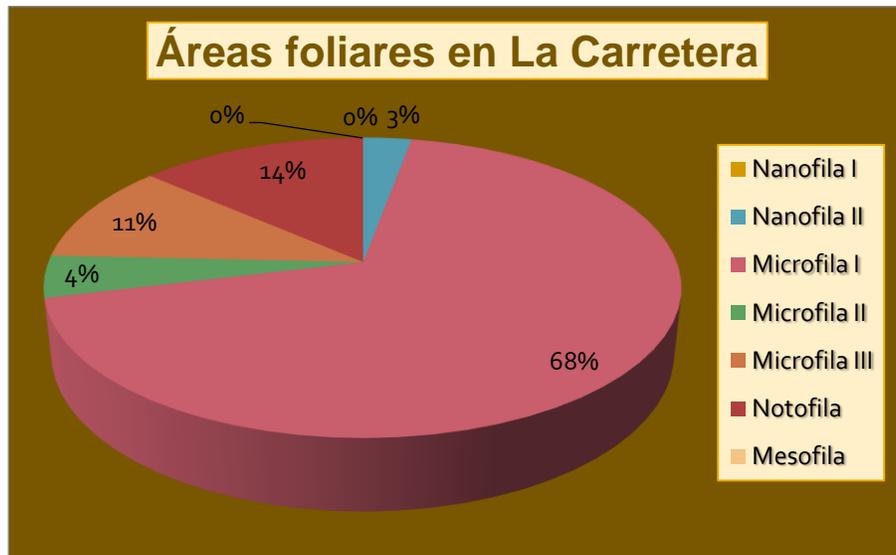
Especies	Abundancia
<i>Coniopteris</i> sp.	11
<i>Sphenopteris metzgerioides</i>	16
Helecho 1	2
<i>Equisetum</i> sp.	1
<i>Otozamites hespera</i>	51
<i>Otozamites graphicus</i>	6
<i>Otozamites mandelslohi</i>	4
<i>Otozamites obtusus</i>	3
<i>Otozamites gramineus</i>	1
<i>Otozamites parallelus</i>	1
<i>Otozamites penna</i>	1
<i>Otozamites falsus</i>	1
<i>Otozamites</i> morfotaxa 4	1
<i>Otozamites</i> morfotaxa 5	3
<i>Otozamites</i> morfotaxa 7	1
<i>Zamites lucerencis</i>	71
<i>Zamites tribulosus</i>	2
<i>Zamites fenionis</i>	1
<i>Zamites</i> morfotaxa 2	1
<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	19
<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	2
<i>Ptilophyllum cutchense</i>	5
<i>Williamsonia netzahualcayotli</i>	7
<i>Williamsonia nathorstii</i>	6
<i>Williamsonia tlazeotl</i>	1
<i>Williamsonia leckenbyi</i>	1
<i>Weltrichia</i> morfotaxa 1	1
<i>Brachyphyllum</i>	6
<i>Baiera</i> sp 1	6
<i>Ginkgoites</i> sp 2	1
<i>Sphenobaiera</i> sp 1	20
<i>Sphenobaiera</i> sp	14
<i>Pelourdea</i>	22
Total de fósiles	289
Total de especies	33
Total de especies únicas	8

- **Área Foliar**

Para el cálculo de área foliar en la localidad de La Carretera se tomaron en cuenta solamente 243 fósiles (tabla 7), y se encontró la presencia de cinco rangos foliares: Nanofila II (7), Microfila I (166), Microfila II (11), Microfila III (26) y Notofila (33); de los cuales la que presentó mayor dominancia es Microfila I con un 68% (Gráfica 8).

Tabla 7. Áreas foliares presentes en La Carretera y sus abundancias.

Rango	Registro
Nanofila I	0
Nanofila II	7
Microfila I	166
Microfila II	11
Microfila III	26
Notofila	33
Mesofila	0
Total	243



Gráfica 8. Abundancia de las áreas foliares para la localidad de La Carretera, donde se puede observar que el rango Microfila I domina para la localidad.

La alta presencia de hojas *Microfilas* I indica un ambiente cálido. Pero de acuerdo con litología de la localidad, presenta una intercalación de arenisca de grano fino con lutita lo que indica algunos periodos de lluvia que propició el depósito y conservación gracias a una energía de baja intensidad.

10.1.3. La Barranca

- **Riqueza y Abundancia**

La localidad La Barranca tiene en total 211 fósiles, de los cuales 17 se consideran indeterminados (13 cortezas, una semilla y tres indeterminados). Por lo tanto, para el análisis de abundancia se consideran solo 194 fósiles.

Para esta localidad se observa que la dominancia de géneros es más homogénea, es decir, no cae solo en uno o dos géneros, si no que se encuentran bien representados los géneros: *Otozamites* (44), *Zamites* (31), *Ptilophyllum* (29), *Sphenobaiera* (23), *Pelourdea* (11) y *Williamsonia* (10) (tabla 8).

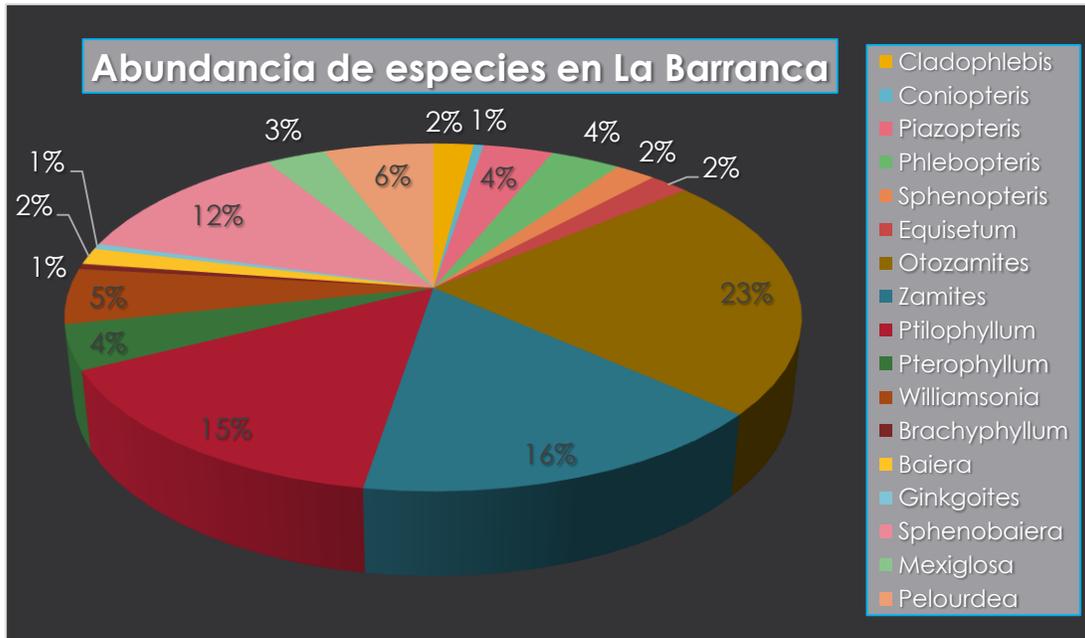
El género *Brachyphyllum* apenas persiste con un solo registro mientras que las Ginkgoales (*Sphenobaiera*, *Baiera* y *Ginkgoites*) y *Pelourdea* se mantienen junto con la representatividad de las Bennettiales (Gráfica 8).

Los helechos que se reportan para esta localidad son frondas de gran tamaño, (por ejemplo: *Piazopteris* y *Phlebopteris*), los cuales se encuentran en mayor abundancia con respecto a las demás Filicales.

Además, se reporta el género *Mexiglossa* (6), el cual es único para esta localidad y del grupo de las Bennettiales se registra el género *Pterophyllum* (8) (tabla 9), que al igual que *Mexiglossa* no se había reportado en las localidades anteriores, esto es lo que hace que el aumento de la riqueza en esta localidad sea notorio.

Tabla 8. Se representa la abundancia de géneros para la localidad de La Barranca, se observa que el grupo de las Bennettitales se encuentra en mayor dominancia

Grupo	Géneros	Abundancia
Pterophytas (27)	<i>Cladophlebis</i>	4
	<i>Coniopteris</i>	1
	<i>Piazopteris</i>	7
	<i>Phlebopteris</i>	7
	<i>Sphenopteris</i>	4
	<i>Equisetum</i>	4
Bennettitales (122)	<i>Otozamites</i>	44
	<i>Zamites</i>	31
	<i>Ptilophyllum</i>	29
	<i>Pterophyllum</i>	8
	<i>Williamsonia</i>	10
Coníferas	<i>Brachyphyllum</i>	1
Ginkgoales (27)	<i>Baiera</i>	3
	<i>Ginkgoites</i>	1
	<i>Sphenobaiera</i>	23
Inserta sedis (17)	<i>Mexiglossa</i>	6
	<i>Pelourdea</i>	11
Total de fósiles		194



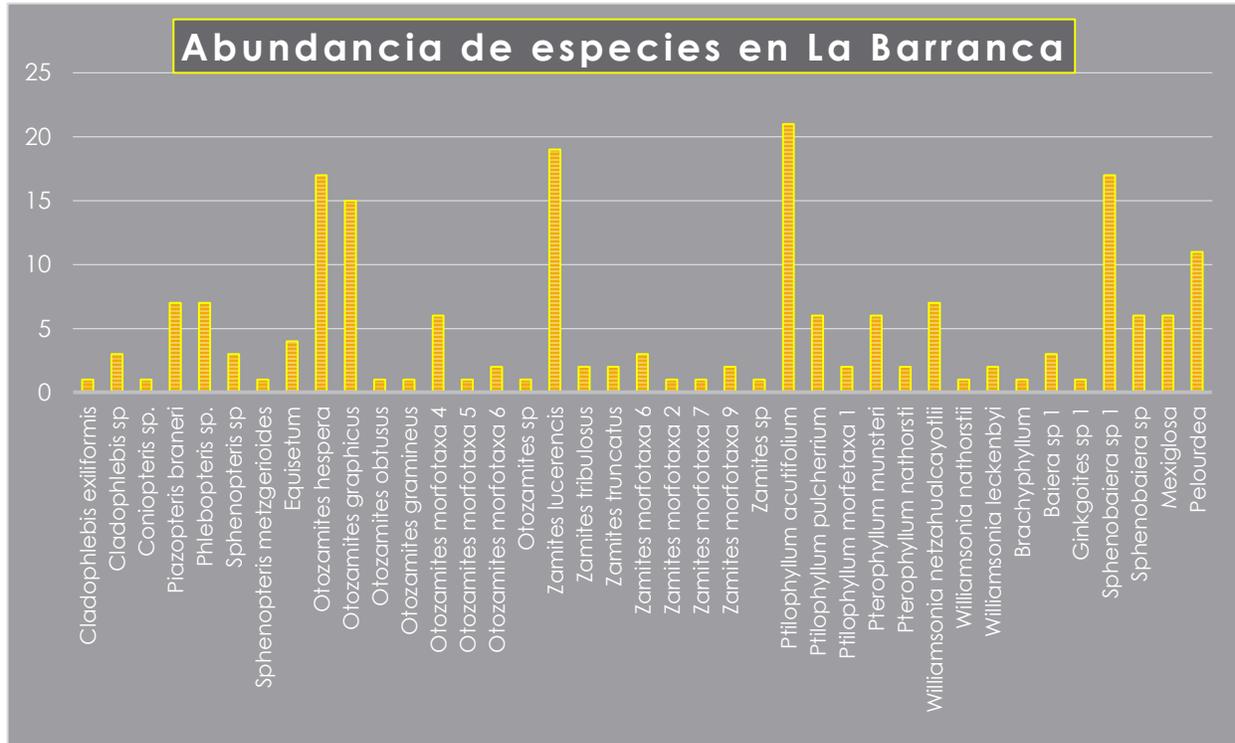
Gráfica 9. Se muestra la abundancia de cada género reportado para la localidad de La Barranca, se observa que el género mejor representado es *Otozamites*.

La Barranca cuenta con 39 especies de las cuales se encuentran dominando las especies: *Ptilophyllum acutifolium* (21), *Zamites lucerencis* (19), *Otozamites hespera* (17), *Sphenobaiera* sp. 1 (17), *Otozamites graphicus* (15) y *Pelourdea* sp. (11) (Gráfica 10).

La localidad registró 14 especies que son únicas, de las cuales *Otozamites* sp., *Zamites* morfotaxa 7, *Z.* sp., *Cladophlebis exilformis* y *Ginkgoites* sp. 1 se consideran como raras ya que además de ser únicas en La Barranca, tiene un solo registro. Las demás especies únicas, *Otozamites* morfotaxa 6, *Zamites truncatus*, *Z.* morfotaxa 6, *Z.* morfotaxa 9, *Ptilophyllum* morfotaxa 1, *Pterophyllum munsteri*, *P. nathorstii*, *Cladophlebis* sp. y *Mexiglossa* sp., presentan de dos a siete registros (Tabla 9).

Tabla 9. Diversidad y abundancia de especies para la localidad de La Barranca

Especies	Abundancia
<i>Cladophlebis exiliformis</i>	1
<i>Cladophlebis</i> sp.	3
<i>Coniopteris</i> sp.	1
<i>Piazopteris braneri</i>	7
<i>Phlebopteris</i> sp.	7
<i>Sphenopteris</i> sp.	3
<i>Sphenopteris metzgerioides</i>	1
<i>Equisetum</i> sp.	4
<i>Otozamites hespera</i>	17
<i>Otozamites graphicus</i>	15
<i>Otozamites obtusus</i>	1
<i>Otozamites gramineus</i>	1
<i>Otozamites morfotaxa</i> 4	6
<i>Otozamites morfotaxa</i> 5	1
<i>Otozamites morfotaxa</i> 6	2
<i>Otozamites</i> sp	1
<i>Zamites lucerencis</i>	19
<i>Zamites tribulosus</i>	2
<i>Zamites truncatus</i>	2
<i>Zamites morfotaxa</i> 6	3
<i>Zamites morfotaxa</i> 2	1
<i>Zamites morfotaxa</i> 7	1
<i>Zamites morfotaxa</i> 9	2
<i>Zamites</i> sp	1
<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	21
<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	6
<i>Ptilophyllum morfotaxa</i> 1	2
<i>Pterophyllum munsteri</i>	6
<i>Pterophyllum nathorsti</i>	2
<i>Williamsonia netzahualcayotlii</i>	7
<i>Williamsonia nathorstii</i>	1
<i>Williamsonia leckenbyi</i>	2
<i>Brachyphyllum</i>	1
<i>Baiera</i> sp 1	3
<i>Ginkgoites</i> sp 1	1
<i>Sphenobaiera</i> sp 1	17
<i>Sphenobaiera</i> sp	6
<i>Mexiglossa</i> sp	6
<i>Pelourdea</i>	11
Total de fósiles	194
Total de especies	39
Total de especies únicas	14



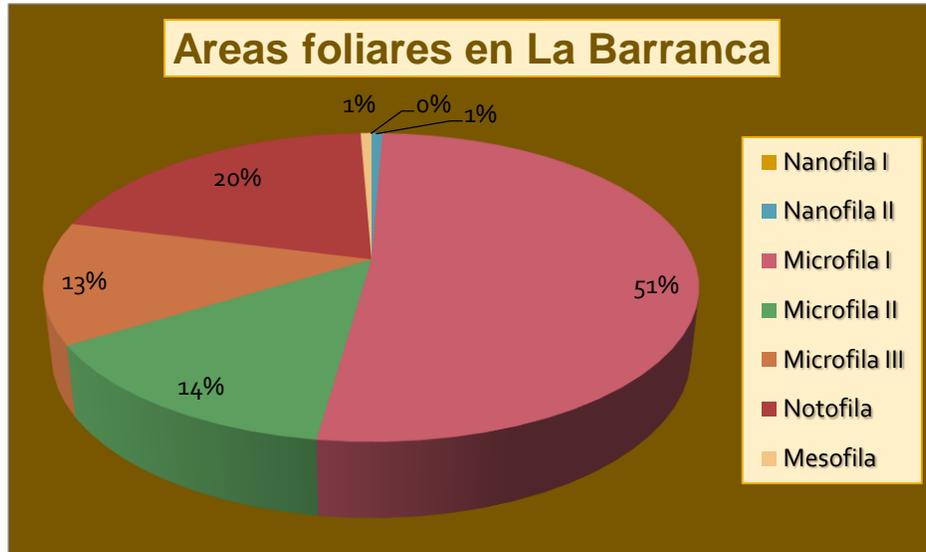
Gráfica 10. Se muestran las abundancias de las especies presentes en la localidad de La Barranca, donde *Ptilophyllum acutifolium* se encuentra dominado.

- **Área Foliar**

Los rangos foliares que se encontraron en La Barranca son: Nanofila II, Microfila I, Microfila II, Microfila III, Notofila y Mesófila (Tabla 10); en este caso el área foliar que dominó fue la Microfila I con un 51% seguido de Notofila, 20%(gráfica 11).

Tabla 10. Rangos foliares presentes en la localidad de la Barranca.

Rango	Presencia
Nanofila I	0
Nanofila II	1
Microfila I	81
Microfila II	22
Microfila III	20
Notofila	32
Mesofila	1
Total	157



Gráfica 11. Representación de las áreas foliares en la localidad de La Barranca, la dominancia de los rangos foliares es más homogénea que en las localidades anteriores.

La representatividad de los dos rangos foliares más pequeños es casi nula, mientras que la abundancia de Microfila I disminuye con respecto a la localidad de La Carretera, y la representación de los rangos foliares más grandes aumentan (Microfila III y Notofila), por lo que se puede inferir que las condiciones de humedad para esta localidad fueron mayores a las dos localidades anteriores, esto se apoya por la litología ya que se halla la presencia de estratos de lutita carbonosa intercalados con carbón que tiene grandes espesores, lo que indica que el ambiente fue una zona de inundación con escasa energía, lo que propició la formación de pantanos.

10.2. Localidades del Jurásico Medio de la Mixteca

Se realizó la comparación de nueve localidades ubicadas dentro del terreno mixteco, en la región de Puebla, Oaxaca y Guerrero, con edad de Jurásico Medio. Para entender la afinidad de las floras que existieron en Guerrero y el ambiente en el que se desarrollaron, con respecto a los demás sitios comparados de la zona mixteca.

Para ello se construyó una matriz básica de datos de presencia (1) y ausencia (0); se ubicaron un total de 112 especies (caracteres) en las filas y 9 localidades (OTU's) en las columnas (anexo 1), se recalca que para la construcción de la matriz fueron excluidos algunos ejemplares que han sido reportados como no determinados a nivel de especie y por lo tanto no es posible diferenciarlas entre las nueve localidades.

De la localidad Rio Ñumi fueron comparadas 35 especies, de Cañada Alejandro 44, de Barranca de la Mina 19, para Partideño se compararon siete, Chilixtlahuaca ocho, Tianguistengo 22, de Tres Caminos fueron 20, de La Carretera 31 y La Barranca 36 (Anexo 1).

Finalmente, con ayuda del índice de Jaccard se obtuvo un fenograma que refleja la similitud de las OTU's comparadas. Se obtuvo un solo fenograma con un valor cofenético de 0.91, lo que indica que la agrupación no está dada al azar.

El fenograma muestra dos grupos (A y B). El grupo A está formando solo por la localidad de Chilixtlahuaca; el grupo B, se divide en dos subgrupos, el primero, B1, separa a Cañada Alejandro del resto de las localidades; mientras que B2 se subdivide en dos grupos más, B2.1 y B2.2. El B2.1 agrupa a las Tianguistengo y Partideño, y el B2.2 forma dos nuevos grupos; B2.2a agrupa a Barranca de la Mina y Rio Ñumi; B2.2b agrupa a las localidades del Grupo Tecocoyunca de Guerrero, Tres Caminos, La Carretera y La Barranca (fig. 19); relacionando más cercanamente a las últimas dos, sin embargo, la máxima similitud para las localidades es de 0.46, lo que hace evidente que todas las localidades tuvieron una flora diferente.

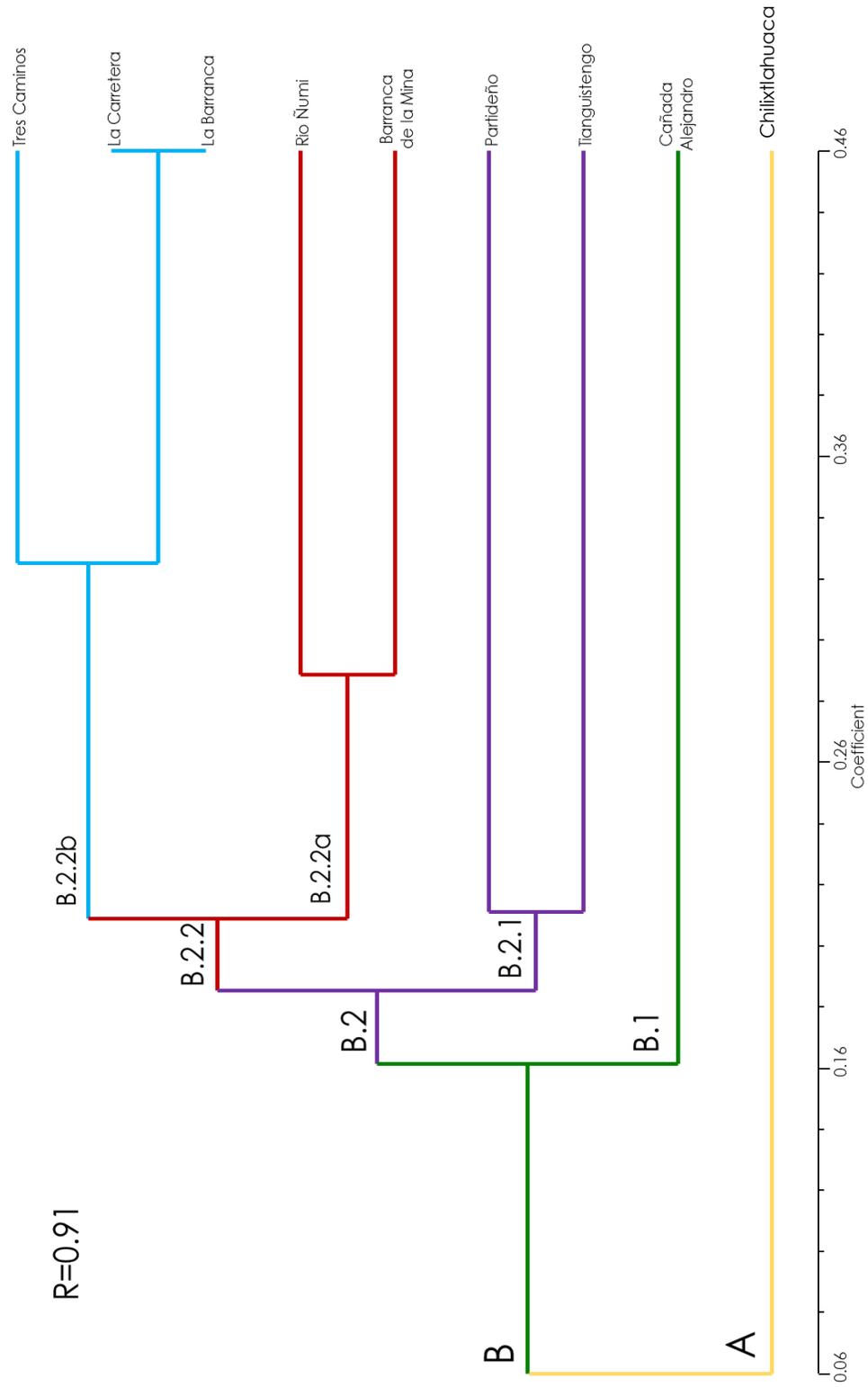


Figura 19. Fenograma dónde se muestra la agrupación de las localidades, las localidades de Guerrero se encuentran más relacionadas formando el grupo B2.2b

Al realizar el análisis de coordenadas principales, para corroborar el acomodo de las especies, se encontró una variación acumulada del 50% entre el tercer y cuarto componte (para las localidades tabla 11 y para las especies tabla 12).

En el análisis de coordenadas principales se observan los caracteres responsables del acomodo del fenograma (anexo 2, tabla 13), en la gráfica 12 se indican dichas especies, en negritas, que son responsables del acomodo, y que además son únicas para las localidades de Cañada Alejandro (en naranja), Río Ñumi (en amarillo) y Tianguistengo (en verde).

Tabla 11. Porcentaje de la variación acumulada para las localidades.

i	Eigen valor	Por ciento	Cumulativo
1	1.184591	17.91	17.91
2	0.983114	14.8639	32.7739
3	0.933553	14.1146	46.8885
4	0.856384	12.9478	59.8363
5	0.805439	12.1776	72.0139
6	0.680237	10.2846	82.2985
7	0.640409	9.6825	91.981
8	0.530389	8.019	100
9	0	0	100

Tabla 12. Porcentaje de la variación acumulada para las especies.

i	Eigen valor	Por ciento	Cumulativo
1	20.52797	22.4149	22.4149
2	14.62506	15.9694	38.3843
3	10.13046	11.0616	49.4459
4	7.46842	8.1549	57.6008
5	6.309673	6.8897	64.4905
6	5.805604	6.3392	70.8297
7	4.894202	5.3441	76.1738
8	4.247573	4.638	80.8118
9	2.250161	2.457	83.2688
10	2.029417	2.216	85.4847
11	1.555561	1.6985	87.1833
12	1.364978	1.4904	88.6737
13	1.32471	1.4465	90.1202

10.3. Taxonomía

Descripción de la flora fósil de las localidades del Grupo Tecocoyunca: Tres Caminos, La Carretera y La Barranca.

División: Sphenophyta

Clase: Articulatae

Orden: Equisetales

Familia: Equisetaceae

Género: *Equisetum* Linneus 1753

Equisetum sp.

(Anexo 3, Lamina 1, figura 1 y 2)

Descripción: Tallos muy fragmentados, que parecen corresponder a la parte de los entrenudos, ya que no se observa en ningún fragmento los nudos, hojas y/o ramas. Se trata de tallos delgados, pero el largo se desconoce, debido a su alto grado de fragmentación, se observan las costillas y surcos claramente. Las costillas son delgadas y regulares; los surcos son más gruesos y profundos lo que permite una buena distinción de las costillas.

Dimensiones: El fragmento más largo encontrado mide 8 cm, no se sabe el tamaño real de los entrenudos, el ancho varía entre 2.5 a 4.5 cm, las costillas miden 1 mm de ancho.

Material: CC-20, CC-23(II), CC-104(II), CC-139, CC-140, CC-141, CC-142, CC-143, CC-145, CC-148, CC-152(I), (II), CC-153(II), CC155, CC-163, CC-251, CC-308(I), (II), CC-319(II) y CC-397.

Ubicación estratigráfica: Este grupo de plantas se reportó para las tres localidades de estudio (Tres Caminos, La Carretera y La Barranca).

División: Pterophyta

Clase: Filicinae

Orden: Filicales

Familia: Dicksoniaceae

Género: *Cladophebis* Brongniart 1849

Cladophebis exiliformis (Geyler) Oishi, 1940

(Anexo 3 Lamina 1, figura 3)

Descripción: Solo se recolectó el ápice de una pinna, el cual es agudo, Posiblemente una vez pinnado. Las pínulas son lineares con ápice redondeado, se acomodan de forma opuesta al raquis y se distingue claramente una vena media que sale desde la base de la pínula, pero no llega hasta el borde del ápice de la misma. El detalle de la venación secundaria no se distingue con claridad. Las pínulas se encuentran adheridas al raquis por toda la base y crecen muy juntas entre ellas, ya que el borde lateral es continuo y no toca al raquis, por lo cual un borde lateral es el que da origen a la siguiente pínula.

Dimensiones: El fragmento de pinna preservado alcanza una longitud de 3 cm por 1.5 cm de ancho. Las pínulas más largas conservadas tiene una longitud de 0.6 cm y su ancho es de 0.3-0.4 cm. El raquis es delgado y tiene menos de 1 mm de ancho.

Material: CC-56.

Ubicación estratigráfica: este ejemplar solo se registró en la localidad de La Barranca.

Cladophlebis sp.

(Anexo 3, Lamina 1, figura 4)

Descripción: Fragmentos pequeños de fronda estéril, bipinada. Las pinnas son largas y ligeramente lanceoladas, en ningún ejemplar se aprecia el ápice, estas se acomodan de manera opuesta a subopuestas al raquis estriado formando ángulos de 80°. Las pínulas son de forma linear con ápice redondeado, dispuestas de manera subopuesta al raquis secundario, el cual es delgado, y no se distiende ningún patrón de venación, por la preservación del material; forman ángulos de inserción de 60-70°.

Dimensiones: Aunque se distingue que eran frondas de gran tamaño, los fragmentos recolectados son muy pequeños y alcanzan una longitud de 3 a 5.5 cm; el raquis principal tiene un ancho de 0.3 cm. Las pinnas tienen una longitud de 3.5 cm y el ancho alcanza 1 cm, el raquis secundario alcanza apenas 1 mm de ancho en su base. Las pínulas tienen un largo máximo de 0.5-0.6 cm y su ancho 0.3 cm.

Material: CC-29, CC-41 y CC-138.

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares se registran solo para la localidad de La Barranca.

Género: *Coniopteris* Brongniart 1849

Coniopteris sp.

(Anexo 3, Lamina 1, figura 5)

Descripción: Fragmentos incompletos de fondas bipinadas. Posiblemente de tamaño grande. Las pinnas son largas y angostas, de forma lanceolada, el ápice es agudo y se acomodan de manera subopuesta formando ángulos con respecto al raquis de 85-90°. Las pínulas son cortas y anchas de forma ovada, el ápice es redondeado, el margen es lobado a crenado, se acomodan de forma opuesta al raquis secundario y forman ángulos de inserción de 50°, el patrón de venación es de tipo pinnado y las venas secundarias se extienden hasta los bordes de las pínulas.

Dimensiones: El fragmento más grande de fronda mide 4 cm por 6 cm de ancho.; el raquis principal tiene un ancho de 2 mm. La pinna más completa tiene una longitud de 2.4 cm de largo y de ancho 0.5 cm; el raquis secundario es delgado de 1 mm. Las pínulas tienen un largo de 0.3 mm y 0.2-0.1 cm de ancho.

Material: CC-116, cc-213, CC-220, CC-223, CC-225, CC-233(II), CC-235, CC-236, CC-249, CC-253, CC-268 y CC-432.

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares fueron recolectados en la localidad de La Carretera y La Barranca.

Familia: Matoniaceae

Género: *Piazopteris* Lorch 1967

Piazopteris braneri (White) Lorch

(Anexo 3, Lamina 2, figura 1)

Descripción: Fragmento de fronda bipinada, probablemente de tamaño grande, incompleto. Las pinnas son largas y anchas, se encuentran dispuestas de forma alterna y forman ángulos de inserción al raquis de 90°. Las pínulas son alargadas y angostas de forma linear y ápice redondeado, presentan una vena media bien marcada que surge desde la base, pero no toca el ápice de la cual surgen nervios secundarios dispuestos de forma pinnada, se encuentran muy juntas entre ellas pero están bien diferenciadas por sus bordes laterales. Se encuentran dispuestas de manera opuesta formando ángulos de 90° con respecto al raquis secundario.

Dimensiones: El fragmento más grande preservado tiene una longitud de 8.8 cm y de ancho tiene 6.5 cm; el raquis principal tiene un ancho de 0.5 cm. Las pinnas tiene una longitud de 3 cm y su ancho es de 1.5 cm, el raquis secundario es delgado, 1 mm. Las pínulas miden 0.9 cm de largo y 0.2 cm de ancho.

Material: CC-23(I), CC-73, CC-170 CC-346, CC-354, CC-377 y CC-427.

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares fueron recolectado en las localidades de Tres Caminos y La Barranca.

Género: *Phlebopteris* Brongniart 1936

Phlebopteris sp.

(Anexo 3, Lamina 2, figura 2)

Descripción: Fragmentos de frondas bipinadas, incompletas, que fueron de gran tamaño. Las pinnas son muy largas y delgadas, de forma linear, no se observa ápice preservado, se acomodan con respecto al raquis de forma opuesta a subopuesta, formando ángulos de inserción que varían de 80-90°. Las pínulas son de forma linear, largas y delgadas con el ápice redondeado, los bordes laterales son ligeramente crenados, se acomodan de forma opuesta con respecto al raquis secundario formando ángulos de inserción de 90°.

Dimensiones: La mayor longitud registrada para estas frondas es de 24 cm, pero son fragmentos incompletos y su ancho mayor es de 12 cm; el raquis es grueso de 6 mm de ancho. Las pinnas tienen una longitud de 7 cm y el ancho es de 2.6 cm; el raquis secundario tiene de ancho 2 mm. Las pínulas tienen 2.2 cm de largo por 0.5 cm de ancho.

Material: CC-2(I), CC-19, CC-32(I), CC-51, CC-54, CC-77(II), CC-104(I), CC-113 CC-205(I) y (II).

Ubicación estratigráfica: Estos fósiles fueron recolectados en las localidades de Tres Caminos y La Carretera.

Familia: Sphenopteridae

Género: Sphenopteris

Sphenopteris metzgeioides Harris 1961

(Anexo 3, Lamina 2, figura 3)

Descripción: Fragmento de fronda tripinadas(?) incompletas, de tamaño muy pequeño. Las pinnas son largas y angostas, que se disponen de manera alterna con respecto al raquis formando ángulos de 40°, las pinnulas se disponen en un raquis secundario de forma opuesta con un ángulo de inserción de 30° y son de forma imparipinadas es decir cada pinnula se vuelve a dividir en pequeñas pinnulas y cada una termina en una pinnula en el ápice, las pinnulas de tercer orden son delgadas y largas de forma cuneada, presentan borde entero, ápice redondeado y forman ángulos de inserción de 15°.

Dimensiones: Las frondas son incompletas, el fragmento más largo recolectado mide 4 cm y de ancho 2 cm, presentan un raquis principal delgado de 1 mm. Las pinnas presentan un longitud de 2.2 cm y el ancho es de 1 cm; el raquis secundario es muy delgado con un grosor menor a 1 mm. Las pinnulas de segundo orden son 0.7 cm de largo y 0.3 cm de ancho, el raquis terciario no es visible. Las pinnulas de tercer orden son de 0.3 cm de largo por 0.1 cm de ancho.

Material: CC-154, CC-215, CC-216, CC-217, CC-218, CC-219, CC-231, CC-232, CC-233(I), CC-234, CC-237, CC-238, CC-239, CC-241, CC-242, CC-243, CC-246, CC-255(II), CC-257(II), CC-258(II), CC-259(II), CC-262 y CC-372.

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares fueron recolectados en las tres localidades (Tres Caminos, La Carretera y La Barranca).

Sphenopteris sp.

(Anexo 3, Lamina 2, figura 4)

Descripción: Helecho tripinado (?). Pinnas incompletas de forma triangular, no se tiene las bases ni los ápices de las mismas, las pínulas son largas y delgadas de forma lanceolada, están dispuestas de forma alterna al raquis secundario y forman ángulos de inserción de 50°. Las pínulas son muy pequeñas y ovadas de borde entero.

Dimensiones: Las pinnas tiene una longitud de 6 cm, las más completas y 2.1 cm de ancho el raquis secundario es delgado, menos de 1mm de ancho. Las pínulas tienen 1.6 cm de largo por 0.4 cm de ancho.

Material: CC-22, CC-64(I), CC-74(I), CC-396, CC-439, CC-438, CC-441, CC-443, CC-444, CC-445, CC-446, CC-447 y CC-448(I).

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares fueron recolectados de las localidades de Tres Caminos y La Barranca.

Helecho 1

(Anexo 3, Lamina 2, figura 5)

Descripción: Fronda muy incompleta, bipinada (?). Las pinnas son largas y angostas, incompletas, de forma linear; se acomodan de manera alterna al raquis principal (?) formando ángulos de inserción de 40°. Las pínulas son largas y angostas se ensanchan hacia el ápice, que es de tipo redondeado, su forma es de tipo espatulada, se acomodan de manera opuesta al raquis secundario en ángulos de inserción de 20°; las pínulas se encuentran muy juntas entre ellas y los bordes laterales son continuos entre cada pínula.

Dimensiones: El fragmento de fronda más grande solo mide 3.8 cm de largo y de ancho alcanza los 4 cm; el raquis es delgado de 1 mm de ancho. Las pinnas miden 3 cm de largo por 1 cm de ancho; el raquis permanece aproximadamente con el mismo ancho de 1mm. Las pínulas tienen un longitud de 1 cm por 0.3 cm de ancho.

Material: CC-114 y CC-332(II).

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares fueron recolectados en la localidad de La Carretera.

División: Cycadophyta

Clase: Cycadeoidopsida

Orden: Bennettitales

Familia: Cicadeoideaceae

Género: *Otozamites* Braun 1842

Otozamites sp. cf. *graphicus*

(Anexo 3, Lamina 3, figura 2)

Descripción: Hoja compuesta incompleta, de gran tamaño, de forma probablemente lanceolada, ya que las pinnas se hacen más cortas hacia el ápice y la base. Las pinnas son largas y delgadas con ápices agudos, la base se encuentra unida al raquis por un callo basal, las pinas se acomodan de opuestas a subopuestas, la aurícula superior, en la base de las pinnas que es la más grande por lo general se encuentra cubriendo al raquis, cuando este es visible, se nota que es grueso de unos 3 mm de ancho. Los ángulos de inserción que forman las pinnas con respecto al raquis son de 65-80°. El detalle de la venación no se observa fácilmente.

Dimensiones: El ejemplar que se reporta más completo alcanza una longitud de 13 cm y el ancho máximo encontrado para estos ejemplares es de 10.5. Las pinnas llegan a medir en la parte más ancha de la hoja hasta 8 cm y el ancho es de 0.4 hasta 0.7 cm en las más anchas.

Material: CC-3(I), CC-6, CC-38(I), CC-106(I), CC-130(I) (II), CC-183(I), CC-351, CC-358, CC-367, CC-368, CC-373, CC-375(I), CC-376, CC-380(II) (V) (VI) (VIII), CC-382(II), CC-384(III) y (X).

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares pertenecen a la localidad de La Carretera y la Barranca.

Otozamites sp. cf. parallelus

(Anexo 3, Lamina 3, figura 5)

Descripción: Hoja compuesta incompleta, de forma linear, sin ápice ni base. Las pinnas son largas y anchas de forma linear, con el ápice obtuso, la base se encuentra unida al raquis por un solo punto, las venas no se logran observar, las pinnas se acomodan entorno al raquis de forma alterna formando ángulos de inserción de 85-90°; se mantienen separadas una de otras por un espacio entre los bordes laterales de 1-2 mm. El raquis es delgado de 1 mm de ancho.

Dimensiones: El largo del fragmento preservado es de 5.5 cm y su ancho llega hasta 2 cm. Las pinnas tienen un largo de 1.2 cm y de ancho 0.4 cm.

Material: CC-100(II).

Ubicación estratigráfica: Este ejemplar se recolectó en la localidad de La Carretera

Otozamites sp. cf. penna

(Anexo 3, Lamina 4, figura 1)

Descripción: Fragmento de hoja pequeña, incompleta, de forma linear, la parte preservada es la del ápice. Las pinas son delgadas y largas con ápice agudo curvado hacia arriba, el borde superior es recto y el inferior es marcadamente cóncavo en el ápice. Forman un ángulo de inserción al raquis de 35°, el detalle de venación no se observa ya que el ejemplar es muy pequeño y las pinnas muy delgadas. El raquis no es visible ya que las pinnas los cubren por completo.

Dimensiones: El lago preservado del ejemplar es de 5 cm y el ancho es de 0.8 cm. Las pinnas son pequeñas de largo tienen 0.5 cm y su ancho es de 0.2 cm.

Material: CC-99(II).

Ubicación estratigráfica: Este ejemplar se recolectó en la localidad de La Carretera

Otozamites sp. cf. falsus

(Anexo 3, Lamina 4, figura 2)

Descripción: Hoja compuesta de forma linear, larga e incompleta, solo se tiene conservada la mitad de la hoja de manera longitudinal. Las pinnas son cortas y anchas, el ápice es redondeado; se unen al raquis por un solo punto, se encuentran muy juntas entre ellas ya que los bordes laterales se tocan entre ellos. Forman ángulos de inserción al raquis de 60°. El raquis es grueso de 1.5 mm de ancho. Las venas son muy delgadas y tiene una densidad de 15 por todo lo ancho de la pinna, las cuales se bifurcan desde el callo basal.

Dimensiones: El largo preservado de la hoja es de 5 cm y su ancho es de 0.5 cm. Las pinnas se mantienen constantes a lo largo de todo el fragmento de la hoja con una longitud de 0.5 cm y 0.3 cm de ancho.

Material: CC-168.

Ubicación estratigráfica: Se registró en la localidad de La Carretera.

Otozamites morfotaxa 4

(Anexo 3, Lamina 4, figura 3)

Descripción: Fragmentos de hojas compuestas incompletas, no se tienen conservados ni el ápice ni la base. La hoja es de forma lineal; las pinas son largas y anchas, presentan el borde superior recto o muy ligeramente arqueado hacia abajo, mientras que el borde inferior es marcadamente cóncavo hacia arriba, el ápice es agudo y la base se encuentra unida por un solo punto al raquis, el callo basal, de donde surgen las venas, las cuales se bifurcan hacia el resto de la pinna; presentando una densidad de venas de 15 por centímetro. Las pinnas crecen de manera alterna, formando ángulos de inserción al raquis de 65-75°. El raquis es delgado de 1mm de ancho, y en ocasiones se encuentra cubierto completamente por las pinnas.

Dimensiones: Las hojas tienen una longitud de 7 cm, el ejemplar más completo, el ancho varía de 2.5 a 4 cm. Las pinas tienen de 2 a 3,5 de largo, de ancho es de 0.5-0.6 cm.

Material: CC-38(III), CC-74(II), CC-95, CC-226(II), CC-384(IX), (XIV), CC-441(I), CC-442 y CC-458(II).

Ubicación estratigráfica: Se registró en las tres localidades (Tres Caminos, La Carretera y La Barranca).

Otozamites morfotaxa 5

(Anexo 3, Lamina 4, figura 4)

Descripción: Hojas compuestas, incompletas, pequeñas que se angostan hacia el ápice, su forma es probablemente lanceolada; sin base ni ápice preservados. Las pinnas son largas y delgadas; se angostan ligeramente hacia el ápice, que es agudo; se unen al raquis por un solo punto y se encuentran dispuestas de forma alterna muy juntas entre ellas. Formando ángulos de inserción al raquis de 60-70°. El raquis tiene un ancho de 1-2 mm. La venación es muy fina y no se distinguen bien en los ejemplares reportados.

Dimensiones: El ejemplar más completo presenta una longitud de 2.2 cm y un ancho de 1.8-2.5 cm. Las pinnas tienen una longitud de 1-1.4 y 0.3-0.5 cm de ancho.

Material: CC-57, CC- 74(III), CC-120(III) y CC-389(IV).

Ubicación estratigráfica: Se encuentra presente en la localidad de La Carretera y La Barranca

Otozamites morfotaxa 6

(Anexo 3, Lamina 4, figura 5)

Descripción: Pinna suelta, incompleta y grande, larga y ancha probablemente de forma lanceolada, no se tiene conservando el ápice. Presenta un callo basal del cual surgen las venas, las cuales se bifurcan, teniendo una densidad de venación de 14 por centímetro, las cuales son gruesas y bien marcadas.

Dimensiones: La pina más completa presenta una longitud de 5.5 cm y 2 cm de ancho.

Material: CC-194 y CC-459(II).

Ubicación estratigráfica: Se registró solo para la localidad de La Barranca

Otozamites morfotaxa 7

(Anexo 3, Lamina 4, figura 6)

Descripción: Hoja compuesta grande, incompleta, se encuentra conservada solo la parte media de la hoja. Presentan pinnas que se encuentran dispuestas de forma alterna, las cuales son largas y están incompletas; se aprecia que tienen forma lanceolada ya que tiene una ligera curvatura a lo largo de la pinna hacia el ápice, tiene una densidad de venas de 20 por centímetro las cuales surgen partir del callo basal y se bifurcan en varias ocasiones a lo largo de la pina en forma paralela. Presenta un raquis delegado, estriado de manera vertical y las pinnas forman un ángulo de inserción al raquis de 68°

Dimensiones: Se tiene un único ejemplar incompleto el cual tiene de largo total de 10 cm por 9 de ancho y tiene pinnas incompletas que alcanzan los 5 cm de largo por 1.5 cm de ancho.

Material: CC-365

Ubicación estratigráfica: Este ejemplar es único para la localidad de La Carretera.

Otozamites sp.

(Anexo 3, Lamina 5, figura 1)

Descripción: Pinna muy incompleta de forma linear, no tiene ápice, solo se observa la base, donde se observa el callo basal, por donde se unía al raquis y dos aurículas que surgen de dicho callo, característica principal del género *Otozamites*, se encuentra en las condiciones de preservación y por lo tanto el detalle de las venas no se observa en ninguna sección de este ejemplar.

Dimensiones: El largo que presenta, de la base hasta la sección preservada, es de 3 cm y su ancho, en lo que parece ser la parte media, es de 1 cm.

Material: CC-305.

Ubicación estratigráfica: Este ejemplar se recolectó en la localidad de La Barranca.

Género: *Zamites* Brongniart 1820

Zamites morfotaxa 2

(Anexo 3, Lamina 6, figura 1)

Descripción: Hoja compuesta, incompleta, sin base, se angosta hacia el ápice. Las pinnas son anchas con ápices redondeados, se angostan muy ligeramente hacia el ápice, las pinnas se encuentran cubriendo completamente el raquis y se une a él por un solo punto, callo basal, y están dispuestas de manera alterna formando ángulos de inserción 65-70. La venación no se logra observar detalladamente pero se distingue que

surgen desde un mismo punto y se bifurcan distribuyéndose por el resto de la pinna.

Dimensiones: El ejemplar mejor conservado tiene una longitud de 8 cm de largo por 2.5 cm de ancho. El largo de las pinnas varía de 1.5 a 2 cm y de ancho tienen de 0.8-0.9 cm.

Material: CC-24 y CC-182.

Ubicación estratigráfica: Se registró para la localidad de La Carretera y La Barranca.

Zamites morfotaxa 6

(Anexo 3, Lamina 6, figura 2)

Descripción: Hojas compuestas de gran tamaño, incompletas, en ningún ejemplar se preserva el ápice ni la base. Las pinnas también son incompletas, no se preserva el ápice, son de forma linear y se angostan muy ligeramente hacia el ápice y se acomodan de manera subopuesta, formando ángulos de inserción al raquis de 75-85°. Se insertan al raquis de un callo basal, de donde surgen las venas, las cuales son muy finas, en ocasiones no se logra apreciar el detalle de la venación, la densidad de venación es de 28 por centímetro. El raquis no se aprecia del todo ya que las pinnas lo cubren casi en su totalidad.

Dimensiones: El largo del ejemplar más completo es de 39 cm y el ancho que se tiene preservado es de 15, aunque es evidente que podría ser mucho más ancha y larga esta hoja. La pinna más completa que se tiene 14 cm y el ancho va de 1.5-1.8 cm.

Material: CC-17(I), CC-380(I) y CC-385(II).

Ubicación estratigráfica: Este morfotaxa es único de la localidad de La Barranca.

Zamites morfotaxa 7

(Anexo 3, Lamina 6, figura 3)

Descripción: Hoja compuesta de gran tamaño, muy incompleta, no presenta ápice ni base conservados. Las pinnas son largas, incompletas, no hay ápices preservados, se ensanchan muy ligeramente hacia el ápice y se unen al raquis por un callo basal, son subopuestas y se encuentran muy juntas entre ellas los bordes laterales en ocasiones se enciman entre ellos, forman ángulos de inserción al raquis de 60° . El detalle de venación no se aprecia ya que el material se encuentra muy intemperizado. El raquis es delgado, pero bien marcado por estrías delgadas longitudinalmente.

Dimensiones: El largo preservado es de 9 cm por el ancho máximo preservado de 11.5 cm, es evidente que el largo y ancho no representa el tamaño real que este ejemplar pudo tener, las pinnas tiene un largo de 8cm sin el ápice y 2 cm de ancho.

Material: CC-357.

Ubicación estratigráfica: Este morfotaxa es único para la localidad de La Barranca.

Zamites morfotaxa 8

(Anexo 3, Lamina 6, figura 4)

Descripción: Hoja compuesta incompleta, de tamaño grande, se tiene conservada solamente la base de la hoja, donde se observa que las pinnas se angostan hacia la base. Las pinnas son largas y anchas de forma linear, de ápice redondeado a agudo, se une al raquis por un callo basal, formando ángulos de inserción al raquis de 70° , la disposición de las pinnas es alterna a subopuesta. El

raquis es grueso, 3 mm, con estrías longitudinales, el detalle de las venas no se logra observar con facilidad, pero su densidad de venación es de más de 15 por centímetro.

Dimensiones: El fragmento de hoja preservado tiene una longitud de 9.5 cm y el ancho máximo que alcanza es de 7.5 cm. Las pinna en la parte más ancha preservada mide 4.3 cm y el ancho es de 1 cm.

Material: CC-424(I).

Ubicación estratigráfica: Este ejemplar es único para la localidad de Tres Caminos.

Zamites morfotaxa 9

(Anexo 3, Lamina 6, figura 5)

Descripción: Pinna suelta, de forma linear, presenta el borde superior ligeramente arqueado hacia abajo, mientras que el borde inferior es marcadamente cóncavo hacia arriba, el ápice es agudo y la base presenta un callo basal de donde se unía al raquis. Las venas se observan claramente y presenta una densidad de venación de 24 por centímetro.

Dimensiones: El largo es de 3.5 cm y el ancho es de 0.6 cm en la parte basal y en la parte media alcanza hasta 0.9 cm.

Material: CC-369.

Ubicación estratigráfica: Solo se registró en la localidad de La Barranca.

Zamites morfotaxa 10

(Anexo 3, Lamina 7, figura 1)

Descripción: Hoja compuesta, grande probablemente lanceolada, no contiene preservados ni ápice ni base, tiene un raquis delgado mal preservado donde las pinnas se acomodan de manera alterna. Las pinnas son lineares se angostan hacia el ápice, el cual es agudo, se unen al raquis por un solo punto de inserción formando ángulos de 70°, las pinnas cubren parcialmente al raquis, el detalle de la venas no se logra apreciar claramente.

Dimensiones: La parte conservada de la hoja tiene una longitud de 13 cm y el ancho total preservado es de 6 cm. Las pinnas alcanzan una longitud de 4.5 cm y su ancho es de 1.2 cm.

Material: CC-452.

Ubicación estratigráfica: Se registró únicamente para la localidad de Tres Caminos.

Zamites sp.

(Anexo 3, Lamina 7, figura 2)

Descripción: Hoja compuesta, muy incompleta, probablemente de gran tamaño. Solo se tienen preservadas las bases de 4 pinnas que probablemente se acomodaban de manera subopuesta al raquis, y se encuentran muy juntas entre ellas, ya que los bordes laterales se tocan entre ellos y forman ángulos de inserción al raquis de 90°, está preservado en areniscas de grano fino a medio por lo cual es imposible observar los detalles de la

venación. El raquis no se observa ya que las pinnas lo cubren casi por completo o no se encuentra preservado.

Dimensiones: El pequeño fragmento mide de largo 6 cm y de ancho 4.5 cm. Las bases de la pinnas miden solamente 2 cm y el ancho es de 0.5 cm.

Material: CC-187.

Ubicación estratigráfica: Este ejemplar pertenece a la localidad de La Barranca.

Género:*Ptilophyllum* Morris 1840

Ptilophyllum morfotaxa 1

(Anexo 3, Lamina 8, figura 2)

Descripción: Hojas compuesta, incompletas, probablemente de gran tamaño, la porción preservada es una parte pequeña del raquis y la base de 4 pinnas en los dos ejemplares. Las pinnas son delgadas, probablemente muy largas, se aprecia que se ensanchan ligeramente hacia el ápice, la característica más distintiva de estos dos fragmentos es la presencia de un raquis grueso de 0.6-0.8 cm de grosor. Las pinnas se unen por toda la base al raquis.

Dimensiones: El largo de los fragmentos apenas alcanza los 5.5 cm y el ancho preservado es de 6 cm. El largo máximo preservado de las pinnas es de 4 cm y el ancho es de 0.5-0.6 cm.

Material: CC-126 y CC-189(II).

Ubicación estratigráfica: Registrado solamente para la localidad de La Barranca.

Género: *Cycadolepis* Saport 1873-1875

Cycadolepis morfotaxa 1

(Anexo 3, Lamina 10, figura 1)

Descripción: Una única escama, incompleta. De forma alargada y delgada. Presenta algunas estrías longitudinales, que no se logran apreciar muy bien por lo incompleto del ejemplar, a partir de los bordes surgen pelos largos delgados; en la parte basal los pelos son más cortos, de aproximadamente 0.5 cm y van siendo más largos hacia el ápice.

Dimensiones: El largo preservado es de 2.5 cm, no se observa el ápice ni la base, de ancho la escama mide 0.5 cm, pero no refleja su ancho real.

Material: CC-453

Ubicación estratigráfica: Este ejemplar fue recolectado en la localidad de Tres Caminos.

Género: *Weltrichia* Braun 1847

Weltrichia morfotaxa 1

(Anexo 3, Lamina 9, figura 6)

Descripción: Cono masculino microesporangiado compuesto de 7 a 8 microesporófilos de forma alargada fusionados basalmente formando una copa. Se observan los sinangios de forma esférica como sacos dispuestos en la superficie de microesporófilo en hileras de dos a lo largo de cada esporofilo.

Dimensiones: El diámetro total del cono es de 1.9 cm en el ejemplar más pequeño, pero se encontraron hasta de 2.5 cm; el ancho del pedúnculo

llega a medir de 0.5 hasta 0.8 cm en el más grande. Los microesporofilos en el ejemplar más completo alcanzan a medir 1.1 cm de largo y 0.5 cm de ancho en su parte más amplia. Los sinangios son muy pequeños y en promedio 0.22-0.24 mm.

Material: CC-224(II), CC-332(II), CC-405, CC-424(II), CC-428, CC-450(I), (II), CC-451 y CC-454(II).

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares pertenecen a las localidades Tres Caminos y La Carretera.

División: Coniferophyta

Orden: Coniferales

Familia: Cheirolepidiaceae

Género: *Brachyphyllum*

Brachyphyllum sp.

(Anexo 3, Lamina 10, figura 2)

Descripción: Múltiples ramas que se dividen varias veces a partir de una rama principal, la cual tiene un grosor de 1.5-0.9 cm, estas ramas presentan cicatrices redondeadas a cuadradas en sus cortezas similares a *Elatocladus*; las ramificaciones que surgen a partir de la principal son delgadas formando ángulos de 50-70°. Estas segundas ramas se ramifican en diversas ocasiones, en cada punto de ramificación se observa que tienden a surgir, al mismo tiempo, dos ramas adicionales que surgen en direcciones opuestas y forman ángulos 50-55°, aunque no siempre se observa dicho patrón; la distancia entre cada punto de ramificación es muy variable, pero tiende a disminuir conforme se acerca al final de la rama. Las hojas se encuentran cubriendo es su totalidad las ramas secundarias en adelante; son de forma romboidal dispuestas helicoidalmente, con bordes enteros ápices obtusos y terminan en punta, su base no es visible ya que se superponen una con respecto a la hoja anterior, por lo cual no es posible observar el cojinete basal además de que el detalle de las venas o estrías no se observa.

Dimensiones: El fragmento de rama más largo alcanza los 9 cm. Las ramas secundarias son mucho más cortas y son muy delgadas de 1.5-2 mm. Las hojas son muy pequeñas, miden de 4.3- 1.6 mm de largo y de 0.9-0.5 mm de ancho.

Material: CC-33, CC-35, CC-39, CC-45, CC-47(I), (II), CC-52, CC-58, CC-132, CC-193, CC-195, CC-204, CC-205(I), (II), CC-205, CC-207, CC-208, CC-209, CC-210, CC-211, CC-212, CC-221, CC-244, CC-247, CC-248, CC-250, CC-254, CC-255(I), CC-256, CC-257(I), CC-258(I), CC-259(I), CC-260, CC-261, CC-264, CC-265, CC-266, CC-408, CC-420, CC-425, CC-430(I), (II), CC-433, CC-434, CC-435, CC-436, CC-448(I) y CC-459(III).

Ubicación estratigráfica: Los fósiles fueron recolectados en las tres localidades de estudio (Tres Caminos, La Carretera y La Barranca).

Clase: Ginkgoopsida

Orden: Ginkgoales

Género: *Baiera*

Baiera sp.

(Anexo 3, Lamina 10, figura 3)

Descripción: Hojas incompletas de forma flabelada, se angostan hacia la base hasta un probable peciolo (?). Presentan dos divisiones que se observan al mismo nivel a los 5 cm de la base, formando tres segmentos, que no se vuelven a dividir., estos segmentos son largos y angostos, no hay ápices conservados. Las venas son muy delgadas y paralelas a la longitud de la lámina y se bifurcan en varias ocasiones antes de la división de la hoja, y tienen una densidad de venación de 20-25 por centímetro. La característica de la mayoría de los ejemplares es que presentan una curvatura de toda la lámina.

Dimensiones: La hoja más completa tiene una longitud de 13.5 cm por 0.3 cm en la parte más angosta y llega a medir 3.5 cm en la parte más ancha. Los segmentos más largos conservados tiene una longitud de 6 cm y de ancho miden de 0.4-0.6 cm.

Material: CC-36(II), CC-40(I), CC-50(II), CC-63(II), CC-97, CC-100(I), CC-103, CC-381 y CC-402.

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares son reportados para las localidades de La Carretera y La Barranca.

Género: *Sphenobaiera*

Sphenobaiera sp. 1

(Anexo 3, Lamina 10, figura 4)

Descripción: Hojas incompletas, que tiene forma linear (?), no se conservan los ápices ni las bases, solo se conocen las partes medias de estas. Se observa que los bordes laterales son paralelos entre sí, es decir, el ancho de las hojas en esta sección permanecen casi constantes, solo en un ejemplar se observa que la hoja se va angostando hacia una probable base (?). Las secciones más cercanas hacia el ápice se observa que las hojas se empiezan a dividir en segmentos (?), en algunos ejemplares se observa que esta división de la hoja tiene un patrón definido; ya que las divisiones se encuentra al mismo nivel y los segmentos presentan anchos similares. Las hojas presentan 4 o 5 divisiones, al mismo nivel formando 5 o 6 (?) segmentos. A partir de estas divisiones las hojas se presentan patrones muy irregulares, ya que las divisiones y los segmentos no son constantes ni uniformes, al parecer esto se podía deber a procesos tafonómicos, que les dan un aspecto de estar rasgadas. El patrón de venación es paralelo a lo largo de la hoja, se observan bifurcaciones de las venas en diversas ocasiones a lo largo de la lámina y densidad de venación antes de las divisiones es de 16-18 por centímetro.

Dimensiones: El fragmento más largo de hoja tiene una longitud de 23.5 cm y el ancho promedio es de 2.5-3 cm aunque se registraron anchos de hasta 3.6 cm. El ancho de los segmentos es de 0.5-0.9 cm. En las partes más fragmentadas de la hoja se midieron segmentos de menos de 0.2 cm de ancho.

Material: CC-1(I), CC-3(II), CC-5(II), CC-12(II), CC-31(I), (II), (IV), CC-38(II), CC-43(II), CC-44, CC-59(II), CC-63(I), CC-66, CC-96, CC-98, CC-100(VI), (VII), (VIII), (IX), CC-129, CC-147, CC-149(I), CC-150, CC-199, CC-200,

CC-201, CC-202, CC-228(II), CC-252, CC-380(III), (IV), CC-384(XI), (XII), CC-386, CC-387, CC-417(I), (II) y CC-459(V).

Ubicación estratigráfica: Estos fósiles se reportan para las localidades de La Carretera y La Barranca.

Sphenobaiera sp.

Descripción: Hojas de forma linear, muy incompletas, no tienen bases ni ápices, y en algunos casos se desconoce el ancho debido al alto grado de fragmentación. Presentan una forma similar a la *Sphenobaiera* sp. 1 sin embargo el detalle de la venación en estos ejemplares no es visible y no se presentan divisiones, quizá por lo incompleto del material.

Dimensiones: La longitud máxima para estos ejemplares es de 3 cm, (el más completo), y su ancho es de 1 cm.

Material: CC-16(III), CC-37(II), CC-40(II), CC-62, CC-118, CC-149(II), CC-156, CC-293(II), CC-334(II), CC-364(II), CC-388(I), (II), CC-389(I), CC-407, CC-410(II), CC-411(II), CC-412(IV), CC-421(II) y CC-459(V).

Ubicación estratigráfica: Estos fósiles se reportan para las localidades de La Carretera y La Barranca.

Género: *Ginkgoites*

Ginkgoites (?) sp. 1

(Anexo 3, Lamina 10, figura 5)

Descripción: Hoja muy incompleta de forma flabelada, no tiene ápice ni base, no se observan los bordes laterales, en el ápice es difícil saber si se existieron divisiones y segmentos, el patrón de venación se observa bien, las venas son paralelas y se bifurcan en varias ocasiones cerca de la base y se van disgregando por el ancho de la hoja, con una densidad de venación de 15 por centímetro.

Dimensiones: Este ejemplar tiene 5 cm de largo por 3.6 cm de ancho.

Material: CC-171(II).

Ubicación estratigráfica: El ejemplar pertenece a la localidad de La Barranca.

Ginkgoites (?) sp. 2

(Anexo 3, Lamina 10, figura 6)

Descripción: Hoja incompleta, se conservan solo parte de los segmentos. Son tres segmentos que claramente se ve pertenecieron a la misma hoja, estos segmentos son angostos hacia la base y se ensanchan gradualmente hacia el ápice. El detalle de las venas se encuentra mal conservado pero se aprecia que son de forma paralela y no se aprecian bifurcaciones de las mismas; la densidad de venación es de 11 por centímetro.

Dimensiones: El fragmento tiene 3.5 cm de largo por 5 cm de ancho, los segmentos tiene una longitud de 3.5 cm y su ancho es de 1.8 cm en la parte más ancha conservada.

Material: CC-395(II).

Ubicación estratigráfica: Este ejemplar fue recolectado en la localidad de La Carretera.

Ejemplares de posición incierta

Género: *Pelourdea* Seward 1917

Pelourdea sp.

(Anexo 3, Lamina 11, figura 3)

Descripción: Hojas simples, delgadas y muy largas, incompletas, de forma linear; sin ápices ni bases. La venación es paralela y permanece constante a lo largo de toda la lámina, no se observan bifurcaciones de la venas con densidad de venación de 20 por centímetro, los bordes son enteros.

Dimensiones: El ejemplar más grande reportado tiene 26.5 cm de largo y 4 cm de ancho, aunque se desconoce su longitud real.

Material: CC-16(I), CC-107(I), CC-108, C-109, CC-111, CC-114, CC-120(III), CC-123(I), CC-128, CC-173(II), CC-185, CC-188, CC-189(I), CC-222, CC-224(I), CC-279, CC-316(II), CC-319(I), CC-331, CC-337(II), CC-338(II), CC-341(II), CC-343(II), (III), (IV), CC-378, CC-384(II), CC-385(I), CC-391, CC-403(I), CC-404, CC-413, CC-419(II), CC-461(I).

Ubicación estratigráfica: Estos ejemplares fueron recolectados en las tres localidades de trabajo (Tres Caminos, La Carreta y La Barranca).

Género: *Mexiglossa* Delevoryas y Person 1975

Mexiglossa sp.

(Anexo 3, Lamina 11, figura 1 y 2)

Descripción: Hojas incompletas, probablemente de forma lanceolada, la mayoría de los ejemplares no presentan ápice ni base, pero solamente en dos ejemplares se observa la base y el ápice, donde se distingue que la hoja se angosta hacia ambos extremos; los bordes son enteros a ligeramente ondulados. Presenta una vena media bien marcada que se extiende desde la base y se adelgaza progresivamente, pero no llegan hasta el extremo del ápice, el cual es delgado de 1 a 1.5 cm. A partir del nervio principal surgen venas secundarias formando ángulos agudos, de 35-40°. Los cuales se abren y se dirigen a los bordes laterales y se bifurcan y se anastomosan presentando una venación reticular, con una densidad de venación de 12 por centímetro.

Dimensiones: Los ejemplares recolectados son incompletos pero el máximo largo preservado es de 7 cm y el ancho es de 4.5 cm.

Material: CC-343(I), CC-362(I), CC-457, CC-459(I), (V) y CC-460(I).

Ubicación estratigráfica: Estas plantas fósiles son únicamente reportadas para la localidad de La Barranca.

11. Discusión

11.1. Riqueza y Abundancia

La diversidad de las especies encontradas para el Grupo Tecocoyunca se incrementó, esto respecto a lo reportado por Martínez-Paniagua y Velasco de León (2012), debido a que se realizaron salidas a campo para incluir nuevos ejemplares al estudio, además se identificaron algunos ejemplares ya existentes en la Colección de Paleontológica de la FES Zaragoza, que no habían sido trabajados.

Se reportan para el Grupo Tecocoyunca un total de 54 especies, 19 géneros y un morfotaxa perteneciente al grupo de los helechos. El grupo del orden de las Bennettitales es el de mayor riqueza con siete géneros y 37 a nivel específico, de las cuales el género *Otozamites* es el que presentó la mayor cantidad de especies con 13 de las cuales cuatro son morfotaxas, seguido de *Zamites* con 11 donde seis de ellos son morfotaxas; el género *Williamsonia* con cinco; seguido de *Ptilophyllum* con cuatro, una de ellas considerada morfotaxa; después el género *Pterophyllum* con tres y finalmente los géneros *Weltrichia* y *Cycadolepis* con un morfotaxa cada uno.

El grupo de los helechos (Filicales) contiene cinco géneros y siete especies, más un morfotaxa que no se logró incluir en ningún género conocido; los géneros *Cladophlebis* y *Sphenopteris* son los que contienen la mayor riqueza de especies con dos cada uno, el resto de los géneros de helechos contienen una sola especie cada uno. Mientras que dentro del orden Equisetales se encontró un solo género, *Equisetum*.

En el caso del orden de las Coniferales se obtuvo un solo género, *Brachyphyllum*, el cual es característico para la localidad de Tres Caminos y aquí se concentra casi toda la abundancia de este género.

El orden de las Ginkgoales, es uno de los nuevos registros para esta zona, donde se concentran tres géneros y cinco especies; ninguna de dichas especies se logró identificar como alguna ya conocida a nivel mundial, por lo que solo son diferenciadas entre ellas por sus características macromorfológicas. El registro fósil de las Ginkgoales en México es escaso ya que se han hecho apenas algunos reportes y se han registrado dos especies endémicas para la Formación Zorrillo-Taberna indiferenciadas (Velasco de León *et al*, 2014).

Para el grupo de los ejemplares de posición incierta son reportados dos géneros, *Pelourdea* y *Mexiglossa*, con una sola especie cada uno. El género *Mexiglossa* es un nuevo reporte para la zona de estudio y se restringe para la localidad de La Barranca.

11.2. Localidades del Jurásico Medio de México

Con el análisis de agrupamiento se obtuvo un fenograma que refleja poca similitud de las nueve localidades del Jurásico Medio de México donde se analizó el parecido en la composición florística entre ellas (fig. 19).

Las floras de localidades del Jurásico Medio que se ubican en la región de la Mixteca presentan poca similitud entre ellas, la localidad de Chilixtlahuaca (A) se separa de todo el grupo B, debido probablemente, a su poca riqueza de especies, solo presenta ocho y cuatro de sus especies son únicas para esta localidad *Weltrichia mixtequensis*, *Neuropteris* sp., *Gonatosorus* sp. y *Linguifolium incompleta*. Al igual que Cañada Alejandro (B1), se separa del resto del grupo B, sin embargo esta localidad se distingue por que aporta varias especies (45) a la diversidad del Jurásico Medio y un porcentaje alto (el 46%) de sus especies son únicas (21), las cuales en el análisis de componentes principales resultaron las especies que determinan el acomodo, *Dicksonia kendalli*, *Todites denticulaus*, *Klukia exilis*, *O. morfotaxa* 1, *O. morfotaxa* 2, *O. morfotaxa* 3, *Z. morfotaxa* 1, *Z. morfotaxa* 3, *Z. morfotaxa* 4, *Z. morfotaxa* 5, *Anomozamites gracilis*, *Williamsonia morfotaxa* 1, *Williamsoniella coronata*, *Weltrichia* sp., *Pseudotenis herriesi*,

Taenopteris oaxacensis, *T. orovillensis*, *Nilssonia pterophyloides*, *Heidiphyllum* sp., *Sphenobaiera mixtequensis*, y *Sphenarion* sp.; por su alto contenido de especies únicas se separa y se distingue del resto. Las localidades Partideño y Tianguistengo forman el grupo B2.1, debido a que Partideño comparte un 71% de sus especies con Tianguistengo; las especies únicas de Tianguistengo, O. morfotipo 1, Z. morfotipo 1, Z. morfotipo 2, Z. morfotipo 3, *Cycadolepis mexicana*, *Brachyphyllum* morfotipo 1 y *Brachyphyllum* morfotipo 2, las cuales al igual que las especies de Cañada Alejandro están determinando el acomodo para este segundo grupo. Barranca de la Mina y Rio Ñumi forman el grupo B2.2a; Barranca de la Mina presenta el 63% de sus especies compartidas con Rio Ñumi; las especies únicas de ésta última, Morfoespecie 7, Morfoespecie 8, Morfoespecie RNF1, Morfoespecie RNF2, *Pseudotenis lanei*, *Elatocladus* sp., *Ginkgoites* sp., *Sphenobaiera argentinae*, *Sphenobaiera?* sp., *Ginkgoidium nathorsti*, *G. nindichi*, *Sagenopteris* sp. y *Trigonocarpus oaxacensis*, las cuales determinan el acomodo para este grupo y la separa de las demás localidades. El último grupo, B2.2b, lo integran las tres localidades del grupo Tecocoyunca en Guerrero, donde la mayor similitud encontrada es entre las localidades de La Carretera y La Barranca con 0.46; sin embargo, la máxima similitud encontrada entre las localidades es muy baja, de acuerdo con Sneath y Sokal (1973), esto evidencia que en las localidades se desarrollaron diferentes ambientes que permitieron la heterogeneidad de las floras en cada sitio comparado. Para las localidades del estado de Guerrero se hace evidente esta diferencia debido a que cada una se encuentra a diferente altura dentro de la columna estratigráfica, lo que significa que representan diferente tiempo geológico y esto explicaría cambios en el ambiente demostrado por sus diferentes elementos florísticos.

De acuerdo con lo antes reportado en este trabajo, la riqueza encontrada en las localidades de Guerrero tiene muchos fósiles identificados como morfotaxas, es decir que fueron plantas a las cuales no se les encontró afinidad con alguna especie ya descrita en alguna parte del mundo para el Jurásico, por lo tanto se consideran como nuevos reportes, los cuales aumentan la diversidad de plantas

del Jurásico Medio en México, que se considerarían endémicas para las localidades de estudio.

En Tres Caminos aumentó el listado a 131 fósiles y la riqueza cambio de ocho a 20 especies, donde cuatro de esas son únicas para la localidad (Martínez-Paniagua y Velasco de León, 2012); los helechos, representados con tres géneros, junto a las equisetales con cerca del 32% de la abundancia; sin embargo, la localidad se encuentra dominada en un porcentaje alto por el género *Brachyphyllum* (40%), registros para este género, como el de Harris (1979), menciona que especies para el Jurásico de Yorkshire se pudieron desarrollar en ambientes con alguna influencia marina, sugiriendo un entorno de aguas salobre formando una comunidad de marisma halófila, esto apoyado por la presencia de elementos marinos, como microfósiles, y la presencia de Pteridophytas asociadas a restos de *Brachyphyllum crucis*; propuestas similares se han hecho para otros géneros pertenecientes a la familia Cheirolepidaceae, *Pagiophyllum* y *Cupressinocladus*, donde se describen ambientes asociados a cuerpos de agua, algunas veces de agua dulce, y en la mayoría de los casos, con influencia marina, en aguas salobres con climas estacionales con periodos largos de fuerte aridez y otros de elevada humedad (Barnard y Miller, 1976 y Alvin y Dalby, 1986). Probablemente en este trabajo se realiza el registro de la diversidad de especies más completa para esta localidad, según la curva de acumulación de especies ya ha llegado a la asíntota, de tal forma que la riqueza de especies se encuentra bien representado (gráfica 1).

En la localidad de La Carretera con 307 fósiles, se vio incrementada su riqueza de 14 a 33 especies con ocho de ellas como únicas para dicho sitio (Martínez y Velasco de León, 2012), seis de ellas son especies de Bennettitales, se ha registrado que las especies representantes de este grupo con edad del Jurásico Temprano y Medio se desarrollaron en ambientes de climas subtropicales a tropicales (Vakhrameev, 1987). La localidad se encuentra dominada por Bennettitales de áreas foliares de tamaño medio y Ginkgoales probablemente adaptadas a condiciones de humedad (Krassilov, 1969); la representación del

número de especies es seguramente completa, según la curva de acumulación de especies indica que se llegó a la asíntota (gráfica 1) y además, anteriormente esta era considerada como la localidad de mayor riqueza (Martínez-Paniagua y Velasco de León, 2012).

Para la localidad de La Barranca se colectaron un total de 211 fósiles, el cambio en el número de especies es de 10 a 39 de las cuales 14 de estas son únicas para esta localidad (Martínez-Paniagua y Velasco de León, 2012); incluyendo estos nuevos registros la localidad con mayor riqueza se modifica, La Carretera deja ser la de mayor riqueza, y La Barranca se coloca a la cabeza con el mayor número de especies; para este sitio se encuentra una abundancia de especies ligeramente más homogénea, ya que dominan el grupo de las Bennettitales, muchas de estas con rangos foliares más amplios que las encontradas en las localidades anteriores, las Ginkgoales y las filicales, estas últimas representadas por especies de frondas grandes, también aumentan su abundancia. La acumulación de especies no llega a la asíntota total pero se observa que ya se encuentra cerca, por lo que se podrá considerar que la representación de la riqueza para la localidad es casi completa (gráfica 11).

Se muestra que los cambios en la riqueza y abundancia de los géneros y el número de especies únicas se fueron incrementando a lo largo de la columna estratigráfica. De acuerdo con el principio de superposición de los estratos, la localidad más antigua, es decir la que se depositó primero, es la localidad de Tres Caminos, donde se reportaron 12 géneros y cuatro especies únicas, se caracterizó por ser una comunidad vegetal madura por las estructuras reproductoras encontradas, seguida de La Carretera, con 14 géneros con seis únicas; aquí los géneros de helechos disminuyen pero las Ginkgoales aparecen con tres y, más cercana a la cima, se sitúa La Barranca con 17 géneros, incrementando el número de helechos y de Bennettitales y 14 especies exclusivas (fig. 20). De este modo la poca similitud entre las floras de las tres localidades se hace evidente con estos nuevos reportes y los cambios en la diversidad en cada localidad, esto reflejar un cambio en las condiciones del ambiente, lo que permitió que a través del tiempo

geológico las floras se fueran sustituyendo e incrementando su riqueza y que si existieron variaciones en el clima durante el Jurásico Medio en México de acuerdo a la litología y la flora reportada.

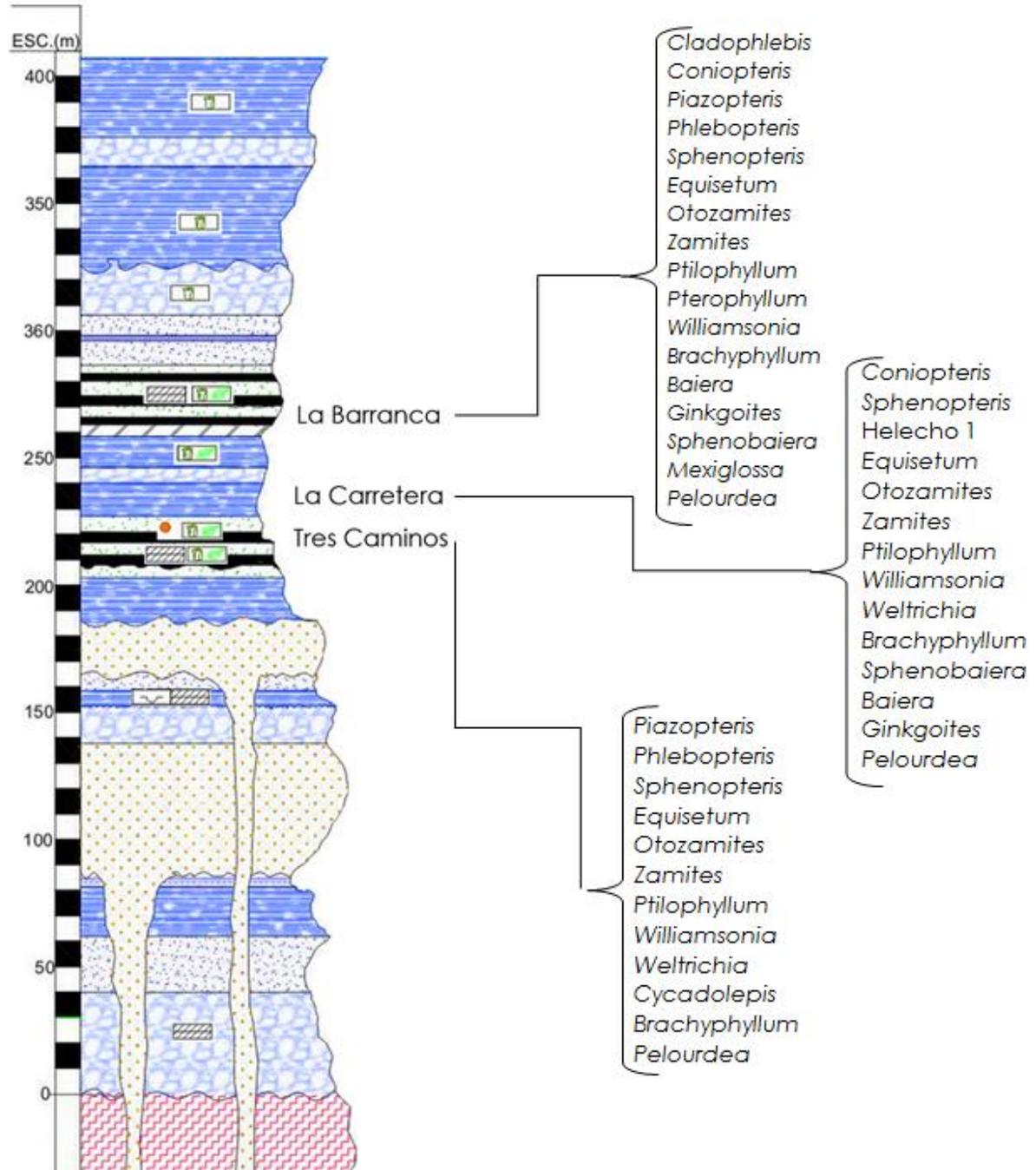


Figura 20. Columna estratigráfica, con las especies encontradas en cada localidad, se observan los cambios de diversidad a través del tiempo geológico.

11.3. Paleoambiente

Se ha documentado que características morfológicas y las formas de crecimiento de las plantas adaptadas a un clima en particular tienden a ser similares entre ellas. Por ello las metodologías empleadas por paleoecología y la paleobotánica utilizan la arquitectura foliar para realizar inferencias del clima en el pasado, sin embargo, dichos estudios se han enfocado en angiospermas, por lo que las inferencias paleoclimáticas en épocas anteriores a estas plantas han sido poco estudiadas. Los estudios de Rees *et al* (2000) y Ortiz-Martínez *et al* (2013), han usado el área foliar de gimnospermas para realizar deducciones climáticas en el Mesozoico.

Para la localidad de Tres Caminos se propone que existió un ambiente cálido, con temperaturas elevadas, en un sistema fluvial con lluvias estacionales, esto al tomar en cuenta y analizar los elementos paleontológicos (contenido paleoflorístico) y litológicos que son: 1) un área foliar predominante, Nanofila II, que está dada casi en su totalidad por el género *Brachyphyllum*, el cual se ha interpretado como una planta que se distribuyó en ambientes con alto estrés hídrico, considerada como un género termófilo y xeromórfico, en ocasiones asociado a ambientes fluviales con influencias marinas en la mayoría de los casos, aunque en la zona no se encontraron evidencias de algún elemento marino relacionado a estos fósiles, cabe mencionar la presencia de las Filicales, como *Sphenopteris*, que se encuentran asociados en las mismas rocas junto al ya mencionado *Brachyphyllum*; 2) los fósiles fueron encontrados en estratos de arenisca de grano fino a medio y estratificación cruzada, interestratificados con capas delgadas de lutita, con presencia nódulos de hierro lo que indica un ambiente de depósito subaéreo, además de la evidencia de un relleno de canal. Lo que apoya la idea de una zona de temperaturas elevadas, en un clima cálido, con cambios estacionales contrastantes durante el año, algunas épocas con alto estrés hídrico y otras cortas con gran influencia de humedad creando abanicos de afluentes hídricos por donde probablemente eran arrastrados algunos elementos de zonas altas como el caso de las frondas grandes de *Zamites* morfotaxa 8 y Z.

morfotaxa 10, que son dos elementos únicos para la localidad, raros por su poca abundancia y nuevos registros para el Jurásico.

En la localidad de La carretera predomina el rango foliar Microfila I, que está representando a las Bennettitales típicas en el Jurásico de México, como *Zamites lucerencis* y *Otozamites hespera* entre otras; el rango Nanofila II, que se encontraba dominante en Tres Caminos, casi desaparece para esta localidad; los fósiles de esta localidad se encuentran como improntas en lutita carbonosa con areniscas de grano fino en un sistema de depósito de abanicos fluviales con energía de baja intensidad, que formaban llanuras de inundación en épocas de máxima precipitación (Dominguez y Mercado, 2014). Además de la dominancia de Bennettitales en esta localidad comienza a ser común la presencia de las Ginkgoales, como el género *Sphenobaiera* del que se sabe se desarrollaba en ambientes de gran humedad en climas templados-cálidos a subtropicales (Vakhrameev, 1986). Además para esta localidad se encuentran cuatro especies de *Otozamites* como únicas para esta localidad en México, pero reportadas para Yorkshire, (*O. falsus*, *O. penna* y *O. parallelus*) (Vakhrameev, 1991) y el morfotaxa 7, por lo que los reportes de este género apoyan un ambiente para La Carretera con constante humedad en un clima subtropical. Estas características permiten proponer un ambiente cálido-húmedo en un clima subtropical, con presencia de humedad durante todo el año lo que permitió que Bennettitales y Ginkgoales dominaran la flora de esta localidad.

En La Barranca se registra la dominancia de los rangos foliares Microfila I, Notofila y Microfila II, con presencia de Bennettitales con las áreas foliares más grandes reportadas en este trabajo, al igual que las frondas de filicales son de las más amplias para la zona, además la abundancia de las Ginkgoales y los géneros de posición incierta, *Pelourdea* y *Mexiglossa*, este último género solo se reportó para esta localidad, el cual siempre se ha encontrado asociado con hojas de Bennettitales. Los fósiles recolectados en este sitio fueron encontrados como impresiones de la lámina en lutita carbonosa que se encuentran intercalados con carbón bituminoso, donde el espesor de estos estratos llega a rebasar los 30 cm.

Esto lleva a inferir que el lugar de depósito fue un sitio de inundación con condiciones de humedad probablemente permanentes y pantanosas, permitiendo una buena preservación de hojas de gran tamaño foliar de Ginkgoales, Bennettitales y el género *Pelourdea* combinado con la casi nula presencia de *Brachyphyllum* el cual había dominado en estratos anteriores en Tres Caminos.

Los cambios que se presentaron en el ambiente de las tres localidades dentro de la secuencia estratigráfica se encuentran bien marcados, ya que las condiciones de temperaturas elevadas con épocas de sequía y periodos cortos de humedad prevalecen en la localidad de Tres Caminos, caracterizado por un bosque de árboles del género *Brachyphyllum* asociadas a helechos y equisetales fragmentados los cuales, probablemente fueron arrastrados; posteriormente se presenta un gran cambio en las condiciones del ambiente ya que la humedad aumenta en La Carretera permitiendo que las Bennettitales y Ginkgoales pudieran dominar de manera que las temperaturas y humedad fueron constantes a lo largo del año y finalmente la diversidad de la flora fue en ascenso para que en la localidad de La Barranca las condiciones de humedad más elevadas permiten que la diversidad llegara a su máximo y el grupo de las Filicales se sumara como un grupo abundante junto a los grupos de plantas anteriores, y desplazando a las Coniferales del registro casi en su totalidad.

12. Conclusiones

El registro paleoflorístico se incrementó, tanto en las tres localidades de estudio, como para la flora del Grupo Tecocoyunca en el estado de Guerrero, y para los registros del Jurásico Medio de México, incrementando nuevos morfotaxas a los géneros *Otozamtes*, *Zamites*, *Ptilophyllum*, *Weltrichia* y *Cycadolepis*, además de nuevos registros para el grupo de las Ginkgoales y las *inserta sedis*.

En total para la zona de estudio se registran en total 54 especies, las Bennettitales es encuentran como grupo dominante y se eleva el número de especies registradas, con respecto a trabajos anteriores. Tres caminos es la única localidad donde las Coníferas son dominantes, y no las Bennettitales como en las otras dos localidades.

Los cambios en la diversidad de los géneros reportados aumenta al subir por la columna estratigráfica; se encontró que las coníferas dominan la flora con un género, *Brachyphyllum*, acompañado de *Equisetum* y Filicales, como *Sphenopteris* la abundancia de Bennettitales es escaso (Tres Caminos), posteriormente el registro de las coníferas disminuye a un mínimo, en contraste con las Bennettitales que aumentan en su registro y se encuentran bien representadas por los géneros *Otozamites*, *Zamites*, *Ptilophyllum* y *Williamsonia*, esto para la localidad de La Carretera; finalmente la mayor diversidad se encuentra en la localidad de La Barranca donde el incremento de especies se ve favorecido por el aumento en el registro de especies de casi todos los grupos como de Filicales, Bennettitales, *inserta sedis* y Ginkgoales.

De acuerdo con la flora, el análisis de área foliar y litología se definieron tres biofacies: 1) En la localidad de Tres Caminos, caracterizado por un ambiente con temperatura elevada y sequía, con temporadas de lluvias, en alguna época del año, y deposito en un sistema fluvial; 2) seguido de una zona donde el número de

especies y la abundancia incrementan, definiendo un ambiente subtropical a tropical para La Carretera y 3) más cercana a la cima La Barranca donde la riqueza alcanza su máximo, por la presencia de especies y nuevos morfotaxas que se caracterizan por ser hojas y/o frondas de grandes tamaños comparados con las biofacies anteriores, esto nos indica un ambiente con humedad permanente y formación de pantanos de manera cíclica.

Las floras de nueve localidades del Jurásico Medio en México revelaron poca afinidad, la flora de Cañada Alejandro, Rio Ñumi y Tianguistengo son los que definen la poca similitud entre las floras del Jurásico, lo que indica que la estructura de la vegetación fue muy diversa para cada una de estas localidades y que la descripción de especies nuevas podrá arrojar nuevos datos sobre el ambiente de cada una de ellas.

Las condiciones en el ambiente de cada una de las localidades del estado de Guerrero fueron marcadamente diferentes, de manera que los cambios en la diversidad y el ambiente propuestos podrían ser resultado de un relieve accidentado que permitió la formación de paleoambientes diversos durante el Jurásico Medio.

13. Recomendaciones

- I. Realizar alguna salida de campo adicional, para recolectar más ejemplares completos que permitan tener mayores características de la arquitectura foliar, de manera que se pueda hacer una descripción más completa de los caracteres de importancia taxonómica de los ejemplares fósiles.
- II. Ampliar los caracteres del estudio realizando extracciones de las cutículas de las hojas de manera que se puedan agregar los caracteres cuticulares y así desarrollar un análisis taxonómico más detallado, comparando las especies aquí descritas con especies reportadas a nivel mundial
- III. Finalmente poder proponer la descripción formal de nuevas especies para el Jurásico de México.
- IV. Realizar un estudio tafonómico con los ejemplares recolectados para las localidades estudiadas de manera que se pueda realizar una reconstrucción del ambiente de depósito.

14. Bibliografía

1. Aguirre, E. (1989). La Paleontología de ayer a hoy. En Aguirre, E. Las nuevas tendencias: Paleontología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. pp. 1-24.
2. Alvin, K.L. (1982). Cheirolepidiaceae: Biology, structure and paleoecology. *Review of Palaeobotanic and Palynology*, (37), pp: 71-98.
3. Alvin, K.L. y Dalby, D.H. (1986). Numerical Analysis of Some Yorkshire Jurassic Conifers. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 19(5), pp: 107-115.
4. Badii, M., Landeros, J. y Garza, V. (2008). Historia evolutiva de la vida: CULCyT. México. 24(5), pp: 6-18.
5. Barbacka, M., Pálffy, J. y Smith, P.L. (2006). Hettangian (Early Jurassic) Plant Fossils from Puale Bay (Peninsular terrane, Alaska). *Review of Palaeobotany and Palynology*, (142), pp: 33–46.
6. Barnard, P.D.W. and Miller, J.C. (1976). Flora of the Shemshak Formation (Elburz, Iran), Part 3: Middle Jurassic (Dogger) plants from Kutumbargah Vasek Gah and Imam Manak. *Paleontographica*, B, (155) pp: 31-117.
7. Bauer, K.; Kustatscher, E. y Krings, M. (2013). The ginkgophytes from the German Kupferschiefer (Permian), with considerations on the taxonomic history and use of *Baiera* and *Sphenobaiera*: *Bulletin of Geosciences*. 88(3), pp: 539–556.
8. Burckhardt, C. (1927). Cefalópodos del Jurásico Medio de Oaxaca y Guerrero: *Boletín del Instituto Geológico de México*, (47), pp: 108.
9. Cantú-Chapa, A. (1998). Las Transgresiones Jurásicas en México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 15(1), pp: 25-37.

10. Cevallos-Ferriz, S.; González-Torres, E. y Calvillo-Canadell, L. (2012). Perspectiva Paleobotánica y Geológica de la Diversidad en México: Acta Botánica Mexicana. 100, pp: 317-350.
11. Corona-Esquivel, R. (1981). Estratigrafía en la región de Olinalá-Tecocoyunca, Noreste del estado de Guerrero: Paleontología Mexicana. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 5(1), 17-24.
12. De Anda, M. (2008). Estudio Petrológico del Grupo Consuelo (sensu Jiménez Rentería, J. 2004) localidad de Rosario Nuevo, Municipio de Tezoatlán, Oaxaca: Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Ticoman. IPN. pp: 59-73.
13. Delgado, A. y Plaza, L. (2006). Helechos amenazados de Andalucía. Consejería del Medio Ambiente, Junta de Andalucía. España. pp: 11-15
14. Diéguez, C (2003). Flora y vegetación durante el Jurásico y Cretácico: Monografía Jardín Botánico de Córdoba. 11, pp: 53-62.
15. Domínguez, A. y Mercado, H. (2015). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.
16. Erben, H.K., (1956) El Jurásico Medio y el Caloviano de México, en XX Congreso Geológico Internacional, México, D.F., Monografía, pp: 140.
17. Flores, M. (2014). Estudio de la Paleoflora de una Nueva Localidad del Jurásico Medio "Cañada Alejandro" Formación Zorrillo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.
18. Flores de Dios, A., Buitrón, B.E. (1982). Revisión y aportes a la estratigrafía de la Montaña de Guerrero: Universidad Autónoma de Guerrero. Serie Técnico Científica. (12), pp: 1-28.
19. Gallardo-Pérez, J.; Esparza-Aguilar, M. y Gómez-Campos, A. (2006). Importancia Etnobotánica de una planta vascular sin semilla en México: *Equisetum*. Polibotánica. 21, pp. 61-74.

20. Gnaedinger, S. y Herbst, R. (1999). La flora triásica del Grupo El Tranquilo, provincia de Santa Cruz, Patagonia. Parte VI: Ginkgoales: Ameghiniana, Revista de la Asociación Paleontológica de Argentina. 36(3), pp: 281-296.
21. González-Rodríguez, K. A y Castillo-Cerón, J. M. (2009). Los fósiles y la paleontología: En González-Rodríguez, K. A., Cuevas-Cardona, C. y Castillo-Cerón J. M. (Eds.). Los fósiles del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. pp: 9-18.
22. González-Torres E. (1989). Estudio geológico y paleomagnético en la región de Tezoatlán, Oaxaca: Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. pp: 188.
23. Guzmán, E.J. (1950). Geología del noreste de Guerrero: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. 2(2), pp: 95-156.
24. Harris, T.M. (1979). The Yorkshire Jurassic Flora III. Bennettiales. British Museum (Natural History), London.
25. Kohlmann, B. (1994). Algunos aspectos de la Taxonomía Numérica y sus usos en México. En Taxonomía Biológica. Llorente, J. y Luna, I. (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. pp: 95-116.
26. Krassilov, V.A. (1969). On reconstruction of extinct plants: Paleontology Ziurn, (1), pp: 3-12.
27. Lozano-Carmona, D. (2013). Paleoclima y Flora Fósil de Rio Ñumi, Formación Zorrillo-Taberna indiferenciada, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.
28. Martínez-Paniagua, O y Velasco de León, M., (2012). Paleoambiente y Diversidad de la Paleoflora en la Formación Conglomerado Cualac: IV Jornadas Paleontológicas y 1^{er} Simposio de Paleontología del Sureste de México: 100 años de Paleontología en Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
29. Meyen, S. (1984). Basic features of Gymnosperms systematics and phylogeny as evidenced by the fossil record. Botanical Review. 50(1), pp: 1-111.

30. Meyen, S. (1987). *Fundamentals of Palaeobotany*. Chapman & Hall, New York.
31. Miall, A. (1996). *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Springer (eds.). pp: 582.
32. Ortiz-Martínez, E. (2014). *Estudio Paleoecológico del Jurásico Inferior y Medio de la Zona Norte de Oaxaca*. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.
33. Ortiz-Martínez, E.; Velasco de León, M.; Salgado-Ugarte, I. y Silva-Pineda, A. (2013). Clasificación del Área Foliar de las Gimnospermas de la Zona Norte del Estado de Oaxaca: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 30(1), pp: 150-158.
34. Person, C y Delevoryas, A. (1982). The Middle Jurassic flora of Oaxaca, México. *Palaeontographica. Abteilung B. Paläophytologie*. 180, pp: 82-119.
35. Rees, P.; Ziegler, A. y Valdes, P. (2000). Jurassic Phytogeography and Climates: New Data and Model Comparisons. En Huber, B.T. Macleod, K.G. Wing, S.L. (eds.), *Warm Climates in Earth History*: Cambridge University Press, pp. 297-318.
36. Rubilar, A. (2006). *Cuadro Cronológico: Síntesis de los eventos Paleobiológicos y Geológicos*. Universidad de Chile: departamento de Geología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
37. Rubilar, A. (2007). *Paleobotánica*. Universidad de Chile: departamento de Geología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
38. Schopf, J. (1975). Modes of fossil preservation. *Review of Paleobotany and Palynology*, 20, pp: 27-53.
39. Silva-Pineda, A. (1969). *Paleobotánica y Geología de Tecomatlán, estado de Puebla*: Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México.
40. Silva-Pineda, A. (1979). *Flora Triásicas de México*: Instituto de Geología, *Revista*. Universidad Nacional Autónoma de México. 2, pp: 138-145.

41. Silva-Pineda, A. (1984). Revisión taxonómica y tipificación de las plantas jurásicas colectadas y estudiadas por Wieland (1914) en la región de El Consuelo, Oaxaca: Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México.
42. Silva-Pineda, A. (1992). Presencia de *Otozamites* (Cycadophyta) y *Podozamites* (Coniferophyta) en el Jurásico Superior (Kimeridgiano-Titoniano) del sur del estado de Veracruz: Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 10(1), pp: 94-97.
43. Silva-Pineda, A. y González-Gallardo, S. (1988). Algunas Bennettitales (Cycadophyta) y Coniferales (Coniferophyta) del Jurásico Medio del área de Cualac, Guerrero: Paleontología Mexicana. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 7(2), pp: 244-248.
44. Silva-Pineda, A. y Buitrón-Sánchez, B. (1999). Mesozoic redbed floras in east-central Mexico and their stratigraphic relationships with marine beds. Geol. Soc. Am. Spec. 340, pp: 151-160.
45. Sneath, P. y Sokal, R. (1973) Numerical Taxonomy: The principles and practice of numerical classification W. H. Freeman and Company. San Francisco, CA: Reeman, pp: 573.
46. Sour-Tovar, F. y Rivera, S. (1997) La Paleontología y el estudio de la vida en el pasado. En García, P., Sour-Tovar, F. y Montellano, M. (eds.). Paleontología. Facultad de Ciencias, UNAM. pp: 11-28.
47. Taylor, T., Taylor, E., Krings, M. (2009). Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants (2^{da}Ed.). Amsterdam: Elsevier.
48. Tidwell, W. y Ash, S. (1994). A Review of Selected Triassic to early Cretaceous Ferns. Journal of Plant Research: The Botanical Society of Japan. 107, pp: 417-442.
49. Troncoso, A. y Herbs, R. (1999). Ginkgoales del Triásico del Norte de Chile. Revista geológica de Chile. 26(2).
50. Vakhrameev, V.A. (1986). Climates and the distribution of some gymnosperms in Asia during the Jurassic and Cretaceous: Review of Palaeobotany and Palynology, (51), pp: 205-212.

51. Vakhrameev, V.A. (1991) Jurassic and Cretaceous floras and climates of the Earth. Cambridge University Press. pp: 8-43.
52. Velasco de León, M.P., Domínguez, A., Mercado-Millán, H.A., Arcos-Hernández, J.L. (2011). Paleontología y estratigrafía de dos localidades en Guerrero de la Formación Cualac, en Congreso Nacional de Paleontología, Puebla, México, pp: 32.
53. Velasco de León, M.; Lozano-Carmona, D.; Flores Barragan, M.; Martínez Paniagua, O. y Silva-Pineda, A. (2014). Two new species of Ginkgoales from the Middle Jurassic of Mexico, *Historical Biology: An International Journal of Paleobiology*.
54. Velasco de León, M.; Silva-Pineda, A.; Lozano-Carmona, D. y Martínez Paniagua, O. (2013). Las Ginkgoales Jurásicas de México. 2nd international Conference of Agora Paleobotánica "A Congress in the Countryside". Ariño, España.
55. Watson, J. y Sincock, C. (1992). Bennettitales of the English Wealden. *Monograph of the Palaeontographical Society*. 145, pp: 2-228.
56. Wieland, G. (1914) La Flora Liásica de la Mixteca Alta: Boletín del Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaria de fomento.
57. Wiley, E. (1981). *Phylogenetics: the theory and Practice of Phylogenetic systematics*. A Wiley-Interscience Publication. University of Kansas, Lawrence.
58. Yabe, A. y Kubota, K. (2004). *Brachyphyllum Obesum*, Newly Discovered Thermophilic Conifer Branch From The Lower Cretaceous Kitadani Formation Of The Tetori Group, Central Japan. *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum*, (3), pp: 23-29.

Anexos

Anexo 1:
Matriz básica de datos de las localidades del
Jurásico Medio de México.

Tabla 13. Matriz básica de datos de presencia/ausencia, donde se comparan las nueve localidades presentes en la región de la mixteca en los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla del Jurásico Medio.

Grupo	Tecocoyunca (Guerrero)			Tecocoyunca (Oaxaca)		Tecomazuchil			Otlaltepec
	?			Zorrillo-Taberna indiferenciadas		Partideño	Chilixtlahuaca	Barranca de la Mina	Tiangustengo
Especies	Tres Caminos	La Carretera	La Barranca	Río Ñumi	Cañada Alejandro	Partideño	Chilixtlahuaca	Barranca de la Mina	Tiangustengo
<i>Cladophlebis</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cladophlebis exiliformis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Coniopteris arguta</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Coniopteris</i> sp.	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Piazopteris</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Piazopteris braneri</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Sphenopteris</i> sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Sphenopteris metzgerioides</i>	1	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Sphenopteris geopperti</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Dicksonia kendalli</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Todites denticulatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Phlebopteris</i> sp.	1	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Klukia exilis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Neuropteris</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Gonatosorus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Morfoespecie 7	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Morfoespecie 8	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Morfoespecie 5	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Morfoespecie 9	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Morfoespecie RÑF1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Morfoespecie RÑF2	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Filicales

Equisetales	<i>Equisetum</i> sp.	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	<i>Equisetites</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Bennettitales	<i>Otozamites hespera</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	<i>Otozamites graphicus</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Otozamites mandelslohi</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	1
	<i>Otozamites obtusus</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0
	<i>Otozamites gramineus</i>	0	1	1	0	1	0	0	0	0
	<i>Otozamites parallelus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Otozamites penna</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Otozamites falsus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Otozamites reglei</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	<i>Otozamites</i> morfotaxa 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Otozamites</i> morfotaxa 2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Otozamites</i> morfotaxa 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Otozamites</i> morfotaxa 4	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Otozamites</i> morfotaxa 5	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Otozamites</i> morfotaxa 6	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Otozamites</i> morfotaxa 7	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Otozamites</i> morfotipo 1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Zamites lucerencis</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	<i>Zamites tribulosus</i>	0	1	1	1	0	1	0	1	0
	<i>Zamites truncatus</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	<i>Zamites fenionis</i>	0	1	0	1	1	0	0	1	1
	<i>Zamites oaxacensis</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	<i>Zamites</i> sp. <i>cardiopteroides</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>Zamites</i> morfotaxa 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Zamites</i> morfotaxa 2	0	1	1	0	1	0	0	0	0
	<i>Zamites</i> morfotaxa 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0

<i>Zamites morfotaxa 4</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Zamites morfotaxa 5</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Zamites morfotaxa 6</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Zamites morfotaxa 7</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Zamites morfotaxa 8</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zamites morfotaxa 9</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Zamites morfotaxa 10</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zamites morfotipo 1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Zamites morfotipo 2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Zamites morfotipo 3</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	1	1	1	1	1	0	0	1	0
<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	0	1	1	1	0	0	0	1	0
<i>Ptilophyllum cutchense</i>	1	1	0	1	0	0	0	1	1
<i>Ptilophyllum morfotaxa 1</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Pterophyllum munsteri</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Pterophyllum nathorsti</i>	0	0	1	1	0	0	0	1	0
<i>Anomozamites triangularis</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Anomozamites sp. intermedium</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Anomozamites sp. angustifolium</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Anomozamites gracilis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Williamsonia netzahualcayotlii</i>	1	1	1	1	1	0	1	1	1
<i>Williamsonia nathorstii</i>	1	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Williamsonia tlazeotl</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Williamsonia leckenbyi</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Williamsonia huitzilopochtlii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Williamsonia oaxacensis</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Williamsonia morfotaxa 1</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Williamsoniella coronata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0

	<i>Weltrichia morfotaxa</i> 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Weltrichia mixtequensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Weltrichia</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Cycadolepis morfotaxa</i> 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cycadolepis mexicana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cycadales	<i>Pseudoctenis lanei</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Pseudoctenis herriesi</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Taeniopteris oaxacensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Taeniopteris orivillensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Nilssonia pterophylloides</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Coniferales	<i>Brachyphyllum velascoi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	<i>Brachyphyllum</i> morfotipo 1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Brachyphyllum</i> morfotipo 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Brachyphyllum</i> sp.	1	1	1	0	0	1	0	1	1
	<i>Podozamites</i> sp. cf. <i>kidstoni</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	<i>Heidiphyllum</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Elatocladus</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ginkgoales	<i>Baiera</i> sp. 1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Baiera</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Ginkgoites</i> sp. 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Ginkgoites</i> sp. 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Ginkgoites</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Sphenobaiera argentinae</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Sphenobaiera mixteca</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Sphenobaiera</i> sp. 1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Sphenobaiera</i> sp.? <i>Baiera</i> ?	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Ginkgoidium</i> sp. cf. <i>nathorsti</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ginkgoidium nundichii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	

	<i>Sphenarion</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Caitoniales	<i>Sagenopteris</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
inserta sedis	<i>Mexiglossa varia</i>	0	0	0	1	1	0	0	1	1
	<i>Mexiglossa</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Pelourdea</i> sp.	1	1	1	1	1	1	0	0	1
	<i>Linguifolium incompleta</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Trigonocarpus oaxacensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Anexo 2:

Tabla.- Análisis de Coordenadas Principales,
especies que determinan el acomodo del
fenograma.

Tabla 13. Se muestran el análisis de componentes principales donde se somborean las especies que tienen los valores más altos en C1, C2 y C4, que son las especies que determinan el acomodo de las localidades dentro del fenograma.

	C1	C2	C3	C4
<i>Cladophlebis</i> sp.	0.3096	0.4285	0.4067	0.6091
<i>Cladophlebis exiliformis</i>	0.3732	-0.1617	0.3739	0.261
<i>Coniopteris arguta</i>	0.1717	-0.0012	-0.2447	-0.0787
<i>Coniopteris</i> sp.	0.3702	0.5302	0.3319	-0.1323
<i>Piazopteris</i> sp.	0.1083	0.0127	-0.1335	0.0258
<i>Piazopteris braneri</i>	0.3445	-0.036	0.1881	0.0591
<i>Sphenopteris</i> sp.	0.2788	0.279	-0.2277	0.1868
<i>Sphenopteris metzgerioides</i>	0.3393	0.3589	0.0448	-0.2899
<i>Sphenopteris geopperti</i>	0.1717	-0.0012	-0.2447	-0.0787
<i>Dicksonia kendalli</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Todites denticulatus</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Phlebopteris</i> sp.	-0.07	0.2717	0.1482	0.0515
<i>Klukia exilis</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Neuropteris</i> sp.	0.1301	-0.012	-0.2435	0.1393
<i>Gonatosorus</i> sp.	0.1301	-0.012	-0.2435	0.1393
Morfoespecie 7	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
Morfoespecie 8	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
Morfoespecie 5	0.1717	-0.0012	-0.2447	-0.0787
Morfoespecie 9	0.1717	-0.0012	-0.2447	-0.0787
Morfoespecie RÑF1	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
Morfoespecie RÑF2	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
<i>Equisetum</i> sp.	0.1497	0.1344	0.1862	-0.2993
<i>Equisetites</i> sp.	0.1717	-0.0012	-0.2447	-0.0787
<i>Otozamites hespera</i>	0.2001	0.1193	-0.0966	-0.2976
<i>Otozamites graphicus</i>	0.3702	0.5302	0.3319	-0.1323
<i>Otozamites mandelslohi</i>	-0.0996	0.1786	-0.2857	-0.2198
<i>Otozamites obtusus</i>	0.1026	0.0927	0.2944	-0.2277
<i>Otozamites gramineus</i>	-0.0145	0.4084	0.2891	-0.1846
<i>Otozamites parallelus</i>	0.2507	0.2858	-0.0223	-0.5444
<i>Otozamites penna</i>	0.2507	0.2858	-0.0223	-0.5444
<i>Otozamites falsus</i>	0.2507	0.2858	-0.0223	-0.5444
<i>Otozamites reglei</i>	-0.3214	0.0354	-0.4205	0.133
<i>Otozamites</i> morfotaxa 1	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Otozamites</i> morfotaxa 2	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Otozamites</i> morfotaxa 3	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Otozamites</i> morfotaxa 4	0.3483	0.4487	0.1484	-0.2393

<i>Otozamites</i> morfotaxa 5	0.3702	0.5302	0.3319	-0.1323
<i>Otozamites</i> morfotaxa 6	0.3096	0.4285	0.4067	0.6091
<i>Otozamites</i> morfotaxa 7	0.2507	0.2858	-0.0223	-0.5444
<i>Otozamites</i> morfotipo 1	0.1713	0.0546	-0.8007	0.3514
<i>Zamites lucerencis</i>	0.2001	0.1193	-0.0966	-0.2976
<i>Zamites tribulosus</i>	0.3443	0.0797	0.1093	-0.2409
<i>Zamites truncatus</i>	-0.2379	0.2844	0.3127	0.2534
<i>Zamites fenionis</i>	0.0896	-0.0575	-0.194	-0.3021
<i>Zamites oaxacensis</i>	0.0606	-0.1315	-0.2505	-0.0753
<i>Zamites</i> sp. cf. <i>cardiopteroides</i>	-0.2419	-0.4533	0.1626	-0.0575
<i>Zamites</i> morfotaxa 1	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Zamites</i> morfotaxa 2	-0.0145	0.4084	0.2891	-0.1846
<i>Zamites</i> morfotaxa 3	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Zamites</i> morfotaxa 4	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Zamites</i> morfotaxa 5	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Zamites</i> morfotaxa 6	0.3096	0.4285	0.4067	0.6091
<i>Zamites</i> morfotaxa 7	0.3096	0.4285	0.4067	0.6091
<i>Zamites</i> morfotaxa 8	0.1654	0.0863	-0.2193	-0.0859
<i>Zamites</i> morfotaxa 9	0.3096	0.4285	0.4067	0.6091
<i>Zamites</i> morfotaxa 10	0.1654	0.0863	-0.2193	-0.0859
<i>Zamites</i> morfotipo 1	0.1713	0.0546	-0.8007	0.3514
<i>Zamites</i> morfotipo 2	0.1713	0.0546	-0.8007	0.3514
<i>Zamites</i> morfotipo 3	0.1713	0.0546	-0.8007	0.3514
<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	0.1835	0.1215	0.1012	-0.344
<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	0.3828	0.0819	0.1793	-0.2453
<i>Ptilophyllum cutchense</i>	0.314	-0.0104	-0.2714	-0.3277
<i>Ptilophyllum</i> morfotaxa 1	0.3096	0.4285	0.4067	0.6091
<i>Pterophyllum munsteri</i>	-0.2379	0.2844	0.3127	0.2534
<i>Pterophyllum nathorsti</i>	0.3482	-0.0983	0.1799	0.0606
<i>Anomozamites triangularis</i>	-0.2419	-0.4533	0.1626	-0.0575
<i>Anomozamites</i> sp. cf. <i>intermedium</i>	-0.2419	-0.4533	0.1626	-0.0575
<i>Anomozamites</i> sp. cf. <i>angustifolium</i>	-0.2419	-0.4533	0.1626	-0.0575
<i>Anomozamites gracilis</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Williamsonia netzahualcayotlii</i>	0.1954	0.1063	-0.1107	-0.2543
<i>Williamsonia nathorstii</i>	0.0674	0.38	0.1591	-0.2695
<i>Williamsonia tlazeotl</i>	0.261	0.2315	-0.4098	-0.2681
<i>Williamsonia leckenbyi</i>	0.3702	0.5302	0.3319	-0.1323
<i>Williamsonia huitzilopochtlii</i>	0.1979	0.1026	-0.5814	0.0818
<i>Williamsonia oaxacensis</i>	0.2514	-0.4317	-0.0225	0.0621
<i>Williamsonia</i> morfotaxa 1	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052

<i>Williamsoniella coronata</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Weltrichia morfotaxa</i> 1	0.2572	0.2619	-0.12	-0.4564
<i>Weltrichia mixtequensis</i>	0.1301	-0.012	-0.2435	0.1393
<i>Weltrichia</i> sp.	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Cycadolepis morfotaxa</i> 1	0.1654	0.0863	-0.2193	-0.0859
<i>Cycadolepis mexicana</i>	0.1713	0.0546	-0.8007	0.3514
<i>Pseudoctenis lanei</i>	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
<i>Pseudoctenis herriesi</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Taeniopteris oaxacensis</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Taeniopteris orivillensis</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Nilssonia pterophylloides</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Brachyphyllum velascoi</i>	0.1623	0.0249	-0.5794	0.2414
<i>Brachyphyllum morfotipo</i> 1	0.1713	0.0546	-0.8007	0.3514
<i>Brachyphyllum morfotipo</i> 2	0.1713	0.0546	-0.8007	0.3514
<i>Brachyphyllum</i> sp.	0.3071	0.2793	-0.181	-0.2261
<i>Podozamites</i> sp. cf. <i>kidstoni</i>	0.2893	-0.4242	-0.0207	-0.0953
<i>Heidiphyllum</i> sp.	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Elatocladus</i> sp.	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
<i>Baiera</i> sp. 1	0.3702	0.5302	0.3319	-0.1323
<i>Baiera</i> sp.	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Ginkgoites</i> sp. 1	0.3096	0.4285	0.4067	0.6091
<i>Ginkgoites</i> sp. 2	0.2507	0.2858	-0.0223	-0.5444
<i>Ginkgoites</i> sp.	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
<i>Sphenobaiera argentinae</i>	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
<i>Sphenobaiera mixteca</i>	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Sphenobaiera</i> sp. 1	0.3702	0.5302	0.3319	-0.1323
<i>Sphenobaiera</i> sp.? <i>Baiera</i> ?	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
<i>Ginkgoidium</i> sp. cf. <i>nathorsti</i>	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
<i>Ginkgoidium nundichii</i>	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
<i>Sphenarion</i> sp.	-0.8095	-0.006	0.049	0.0052
<i>Sagenopteris</i> sp.	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308
<i>Mexiglossa varia</i>	0.0028	-0.2057	-0.2429	-0.0827
<i>Mexiglossa</i> sp.	0.3096	0.4285	0.4067	0.6091
<i>Pelourdea</i> sp.	0.1759	0.1275	-0.0578	-0.2495
<i>Linguifolium incompleta</i>	0.1301	-0.012	-0.2435	0.1393
<i>Trigonocarpus oaxacensis</i>	0.3394	-0.7967	0.1988	0.0308

Anexo 3

Laminas.- especies de las localidades del
Grupo Tecocoyunca en Guerrero.

Lamina 1

Equisetum

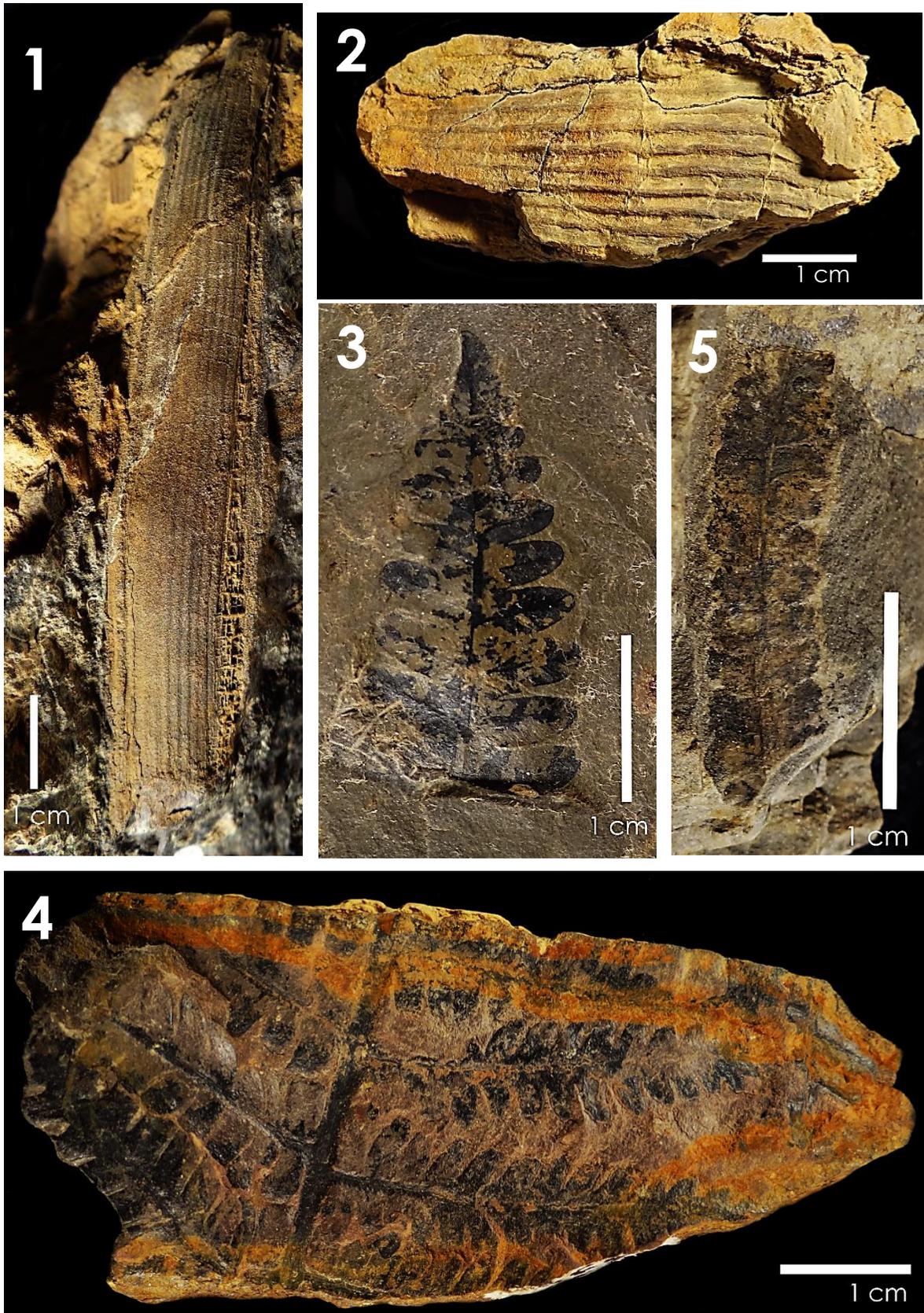
1 y 2: *Equisetum* sp., fragmentos de los entre nudos.

Filicales

3: *Cladophlebis exiliformis*, ápice de pinna.

4: *Cladophlebis* sp., fragmento de fonda, sección media.

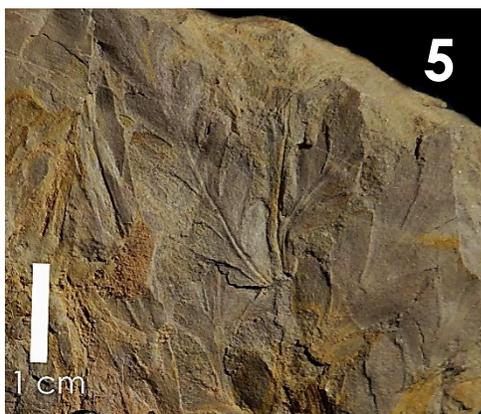
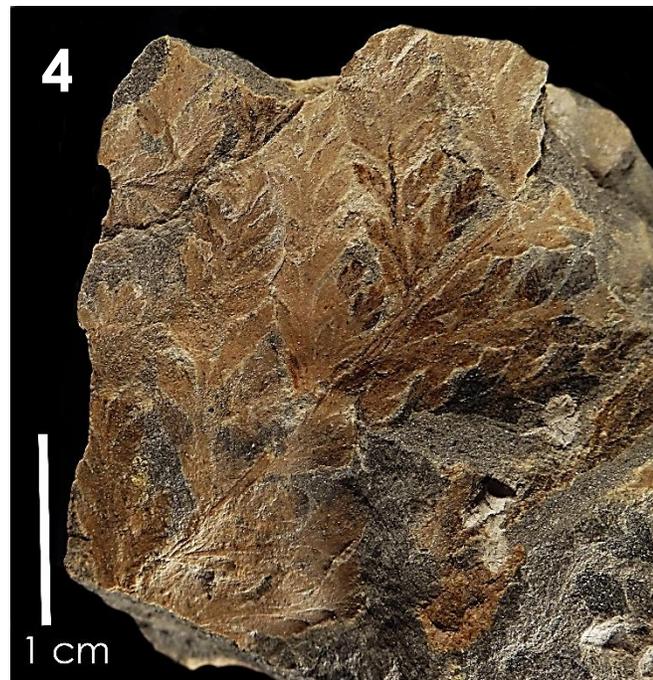
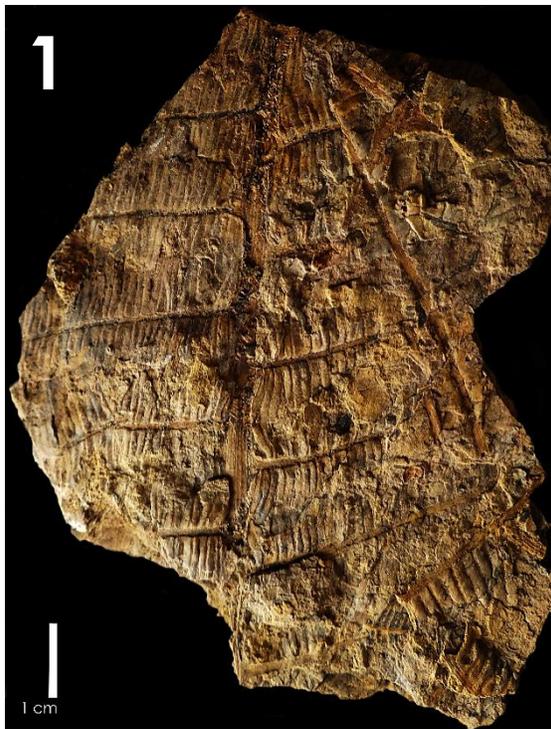
5: *Coniopteris* sp., fragmento de pinna, sección media.



Lamina 2

Filicales

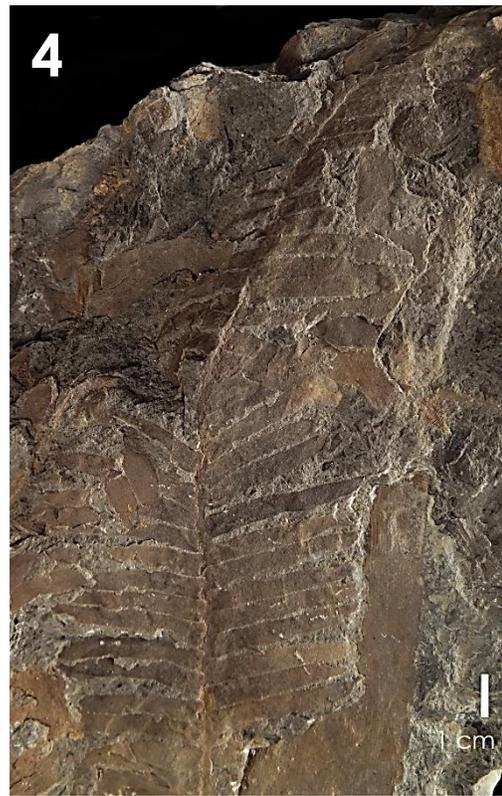
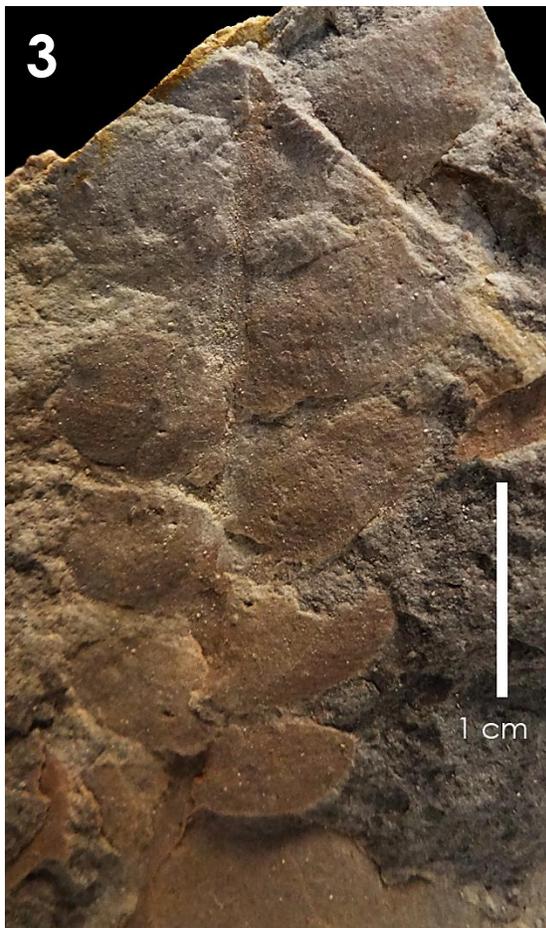
- 1: *Piazopteris braneri*, sección media de la fronda.
- 2: *Phlebopteris* sp., sección mas grande conservada.
- 3: *Sphenopteris metzgerioides*, ápices de la fronda, se observan las pinnulas caraceristicas de esta especie.
- 4: *Sphenopteris* sp., fragmento de la fronda y pinnas incompletas
- 5: Helecho 1, sercción media de la fronda, donde se ven claramente las pinnulas de forma espatulada



Lamina 3

Bennettitales: *Otozamites*

- 1: *O. hespera*, hoja casi completa donde se aprecian los detalles de las pinnas.
- 2: *O. sp. cf. graphicus*, sección media de la hoja.
3. *O. mandelslohi*, fósil pequeño en el que se aprecian las pinnas de forma redonda características de la especie.
- 4 *O. gramineus*, hoja completa.
- 5: *O. sp. cf. parallelus*, la separación entre las pinnas, característica de la especie.



Lamina 4

Otozamites

1: *O. sp. cf. penna*, hoja incompleta, sección del ápice.

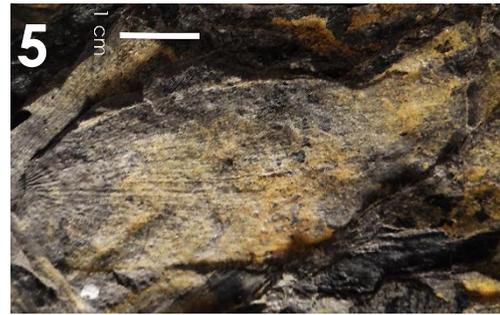
2: *O. sp. cf. falsus*, hoja incompleta.

3: *O. morfotaxa 4*, sección media de la hoja

4: *O. morfotaxa 5*, sección del ápice de la hoja

5: *O. morfotaxa 6*, pinna muy incompleta, se distingue el detalle de la venación con bastante detalle.

6: *O. morfotaxa 7*, hoja incompleta.



Lamina 5

Otozamites

1: *O. sp.*, pinna suelta, no es apreciable los detalles de la venación.

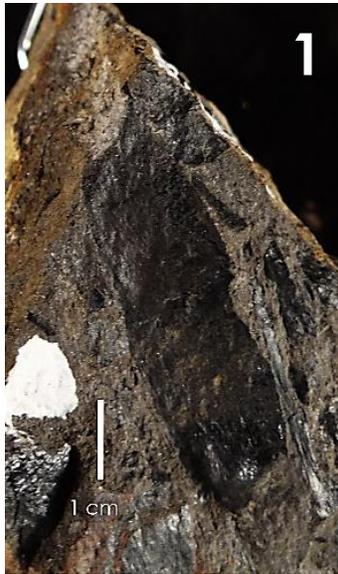
Zamites

2: *Z. lucerencis*, hoja completa.

3: *Z. tribulosus*, pinna suelta, se observan sus de talle de venación.

4: *Z. truncatus*, fragmento de una hoja de tamaño grande.

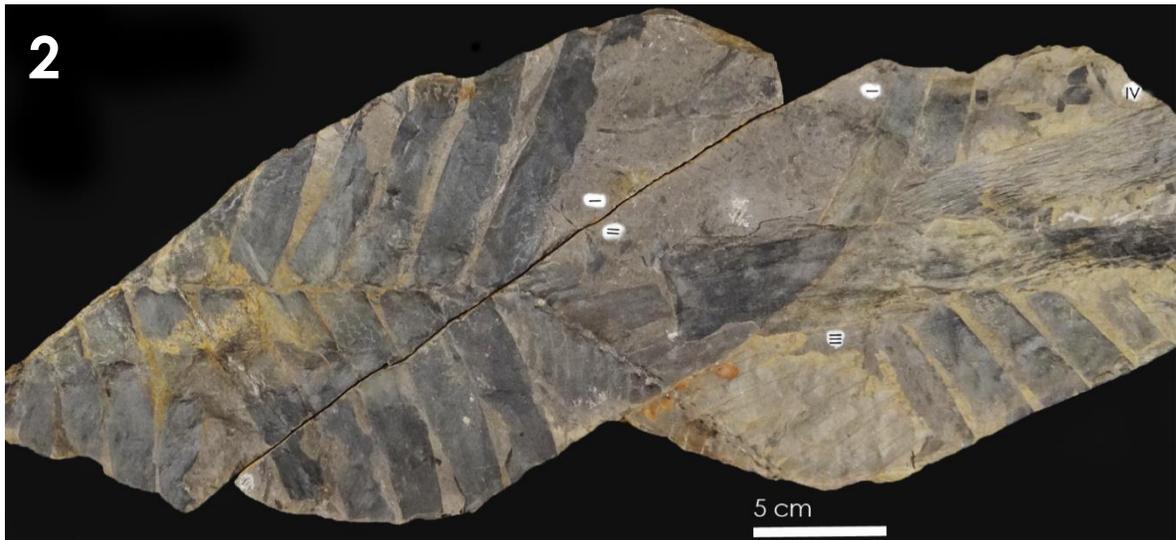
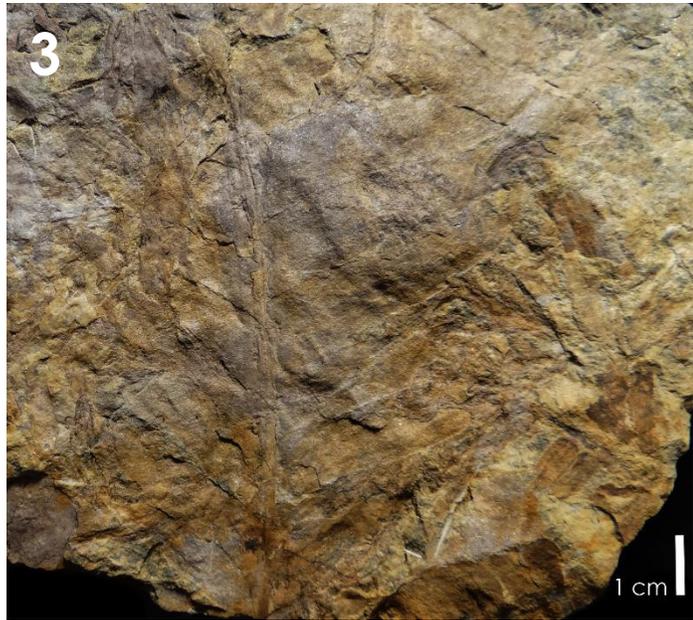
5: *Z. fenionis*, fragmento de hoja.



Lamina 6

Zamites

- 1: Z. morfotaxa 2, fragmento de hoja que se curva hacia la derecha, prevalente deformada por la acción del ambiente de depósito.
- 2: Z. morfotaxa 6, hoja incompleta de tamaño muy grande.
- 3: Z. morfotaxa 7, base de hoja, poco visible, pero se observan claramente los caracteres de la pinna.
- 4: Z. morfotaxa 8, fragmento de hoja, se distingue por tener un raquis muy grueso.
- 5: Z. morfotaxa 9, pinna suelta, único ejemplar, donde se observa bien el patrón de venación.



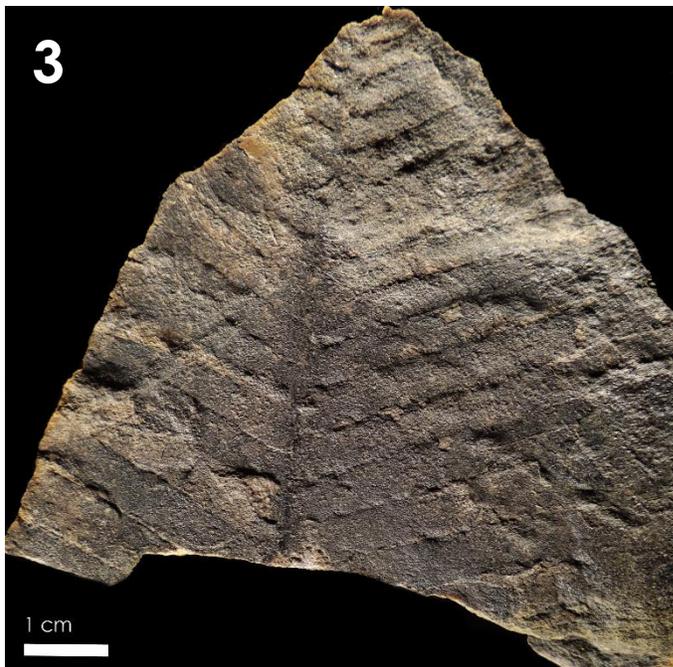
Lamina 7

Zamites

- 1: *Z. morfotaxa* 10, impronta de una hoja compuesta, la forma de sus pinnas son peculiares en este ejemplar.
- 2: *Z. sp.*, fragmento muy pequeño de una hoja, que probablemente alcanzó grandes dimensiones.

Ptilophyllum

- 3: *P. acutifolium*, hoja compuesta, los caracteres de venación no se preservan en este fósil.
- 4: *P. pulcherrium*, ápice de hoja de tamaño pequeño.



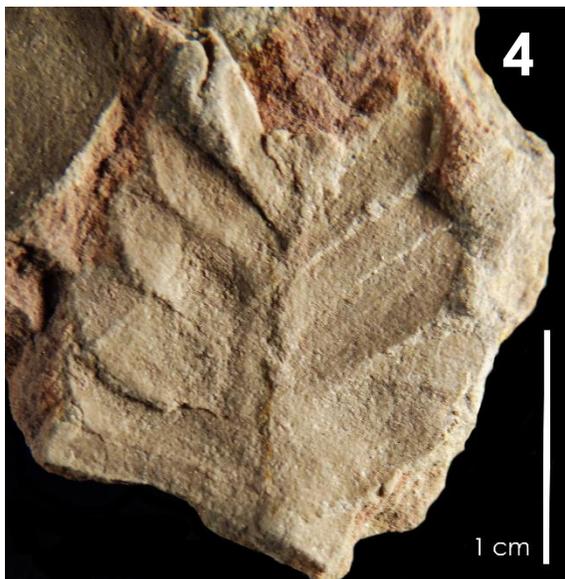
Lamina 8

Ptilophyllum

- 1: *P. cutchense*, hoja casi completa.
- 2: *P. morfotaxa* 1, hoja incompleta, que se caracteriza por presentar un raquis muy ancho.

Pterophyllum

- 3: *P. munsteri*, fragmento pequeño de hoja, donde se observan las pinnas del ápice.
- 4: *P. nathorsti*, hoja compuesta, casi completa.



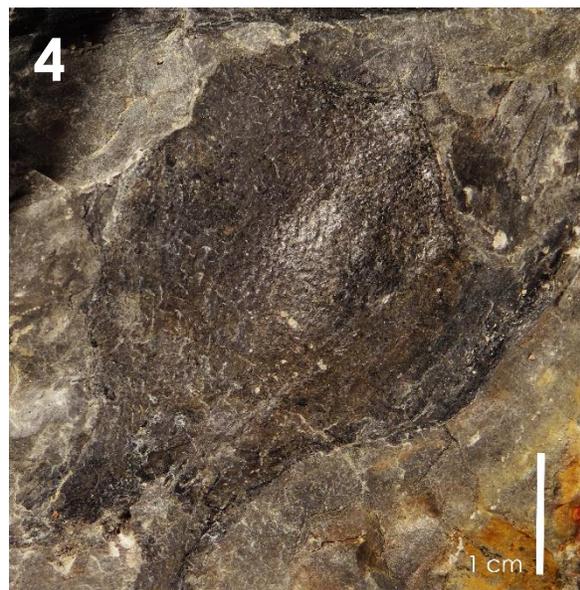
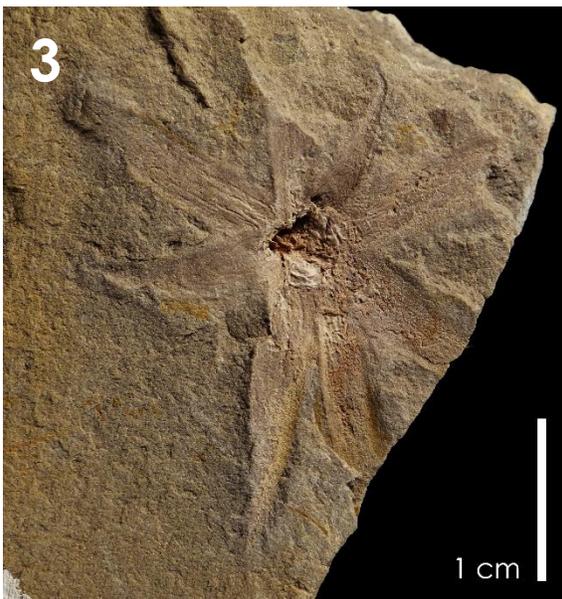
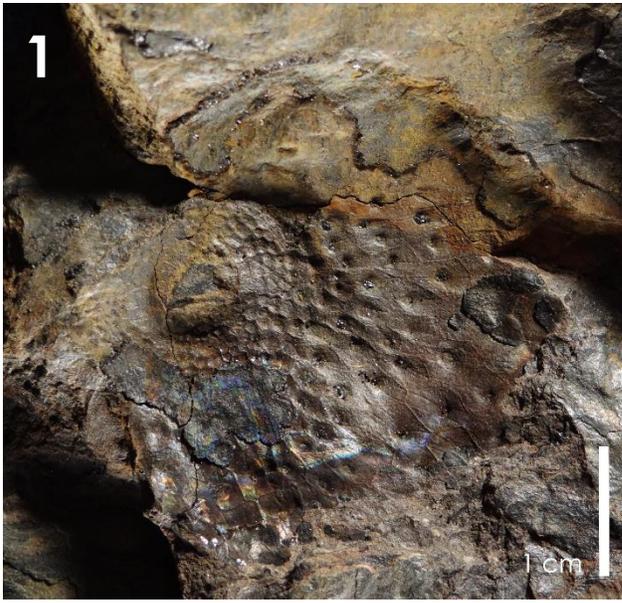
Lamina 9

Williamsonia

- 1: *W. netzahualcoyotlii*, cono masculino donde se observan con gran detalle la forma de las escamas.
- 2: *W. nathorstii*, cono pequeño, donde se observan las cicatrices de las escamas de forma hexagonal.
- 3: *W. tlazeotl*, se observan con claridad las escamas dispuestas alrededor del pedunculo del cono.
- 4: *W. leckenbyi*, vista de forma lateral del cono, las escamas son pequeñas.
- 5: *W. huitzilopochtlii*, cono con 10 brcteas alrededor del mismo.

Weltrichia

- 6: *W. morfotaxa* 1, como femenino, con megaesporofilos dispuestos alrededor de un solo eje.



Lamina 10

Cycadolepis

1: *C. morfotaxa* 1, fragmento muy pequeño, se observan las vellocidades del lado izquierdo de la bractea.

Brachyphyllum

2: *B. sp.*, fragmento de una rama, donde se aprecian las hojas nanofilas que las cubren en su totalidad.

Ginkgoales: *Baiera*

3: *B. sp.* hoja casi completa se aprecia, que se va dividiendo en tres segmentos.

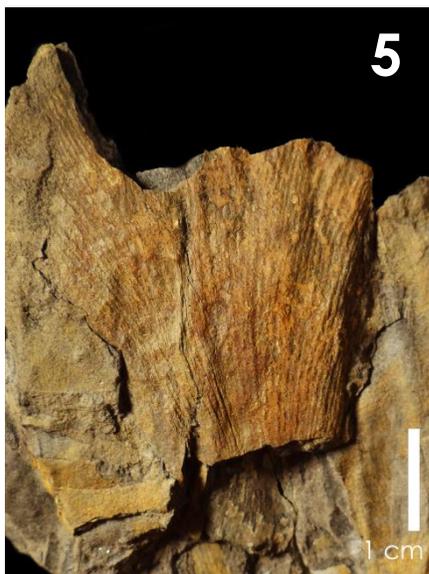
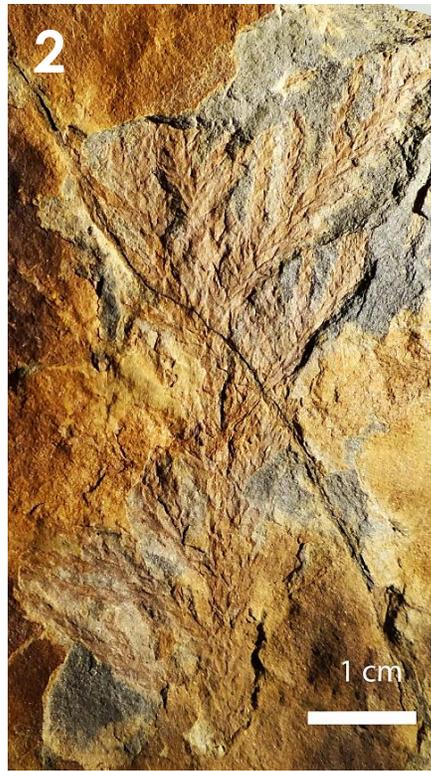
Sphenobaiera

4: *S. sp.* 1, hoja muy larga incompleta.

Ginkgoites

5: *G. sp.* 1, fragmento de hoja muy incompleta, pero se distingue con facilidad el patrón de venación.

6: *G. sp.* 2, hoja incompleta solo se observa la parte media, con tres posibles segmentos.



Lamina 11

Incerta sedis

1 y 2: *Mexiglosa* sp., fragmentos incompletos de hojas, se distingue el detalle de la vena media y las venas secundarias.

3: *Pelourdea* sp., hojas de forma muy alargada, grandes y con venación paralela.

