

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE BIOLOGÍA

Estudio tafonómico de gimnospermas fósiles del Jurásico Medio, en la localidad Barranca de la Mina y Jurásico Inferior en la localidad Peña Colorada.

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

PRESENTA:

Guerrero Arévalo Isabel Danae

DIRECTORA DE TESIS

Dra. María Patricia Velasco de León

CONACyT 103773 "Reconstrucción Paleoclimática y Distribución de Gimnospermas en el Jurásico de Oaxaca"



México 2014

COLECCIÓN DE
PALEONTOLOGÍA
desde 1983



- Facultad de Estudios Superiores Zaragoza -



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.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece profundamente a la **Universidad Nacional Autónoma de México** que mediante la **Facultad de Estudios Superiores Zaragoza** brindo la oportunidad de iniciar este y muchos proyectos más durante su estancia en esta máxima casa de estudios.

Un especial agradecimiento a la **Dra. Ma. Patricia Velasco de León** por el apoyo brindado a mi persona desde el 5° semestre de la carrera, gracias Dra. Paty por abrirme las puertas a la Paleobotánica, por ser mi maestra incondicional, gracias por las enseñanzas académicas y humanas que me brindo a lo largo de este proyecto, gracias por tener fe en mí y gracias por su paciencia pero sobre todo por ser una mujer que enseña con el ejemplo.

Se agradece al proyecto *Reconstrucción paleoclimática y distribución de gimnospermas en el Jurásico de Oaxaca* **CONACYT 103773** por la beca otorgada para la conclusión de esta tesis.

Agradezco a mis sinodales, por brindarme su tiempo y su espacio, por sus acertados comentarios para la mejora y enriquecimiento de este trabajo, **Dr. Carlos Castillejos Cruz, Dra. Erika Lourdes Ortiz Martínez, Biól. José Luis Guzmán Santiago y Biól. Rigoberto Rodríguez Becerra.**

Se agradece el apoyo brindado por todos mis compañeros y colegas que conforman en equipo de la Dra. Patricia Velasco de León, pues sin su apoyo en las colectas de campo, en los congresos y en los momentos compartidos hacía mi persona dentro de la **FES Z** este trabajo no hubiera sido posible. **iiiiGracias PALEOBANDA !!!!!** También te incluye a tí **Ing. Geólogo Marquitos Corro.**

Especial agradecimiento a toda mi familia, a mis papás **Celia Arévalo y Raúl Guerrero** porque ustedes me hicieron y me hicieron bien pues soy el reflejo de lo que me han enseñado con todas sus experiencias y sus regaños, esto es el fruto de muchos años de esfuerzo y desvelo los amo a ambos, a mi hermana **Karibeña** ya que siempre me has alentado a seguir adelante importando nada las adversidades y me has animado con tu ejemplo te quiero muchísimo **Karen**, a mi hermano **Raúl** que me

da muchas sorpresas cuando dice que me quiere cuando se levanta a diario y contempla la vida, te amo hermano, a mi abuela y madre **Catalina** usted que ha estado conmigo incondicionalmente y me ha regalado lecciones de vida muy valiosas, gracias abuela por su fortaleza y su amor, Nictlazohtla nicihtzin (La Amo Abuela), a mis tíos, primos, sobrinos, abuelas y abuelos y padrinos por la enorme paciencia que han demostrado tenerme a lo largo de todo este tiempo y en especial en la carrera, gracias por compartir mis triunfos y fracasos y sobre todo por esperar este momento con entusiasmo.

Padrino Arturo y **Madrina Gloria** muchas gracias por el apoyo brindado a lo largo de mis días, gracias por el apoyo económico que en algún momento me brindaron, siempre pendientes, siempre apoyándome, gracias porque en varios momentos fungieron como mis papás. Los quiero mucho.

Más que un agradecimiento es un reconocimiento especial a mi amigo y colega **Biól. Diego E. Lozano Carmona** pues sin el apoyo que me brindo y me sigue brindando, esta licenciatura no hubiese sido tan divertida, ni tan interesante, gracias Diego por ayudarme a levantarme cuando no encontraba un apoyo, gracias por tus consejos sabios y por las muchas clases de Matemáticas, Química, y Paleobotánica que me diste, gracias por ayudarme en la reconstrucción de mis modelos, gracias por corregirme y por tenerme paciencia, gracias por todo. **Te Amo amorchez.**

Gracias infinitas a la **familia Lozano Carmona** porque me abrió las puertas de su casa, me permitieron conocerlos y me hicieron sentir parte de su familia, especialmente a **Enriqueta Carmona** porque me brindo cariño de madre en mis últimos años de la licenciatura. La quiero mucho.

Agradezco profunda y sinceramente a mis amigos y colegas de la **FES Zaragoza Biól. Olivio Moreno Gutiérrez** por ser un buen tipo, por los momentos especiales en las canchas, en la Capoeira, por hacerme mis dreads, por todos los viajes que hemos hecho juntos, pero sobre todo por los momentos en que compartiste conmigo cuestiones de ciencia.

A los **Biólogos Jesús Salgado, Arturo Ubaldo, Sol Carmelo Cortes, Ricardo Fuantos, y Luis Salinas (sahuaro)** porque pasamos

momentos muy gratos en los salones de la **FES**, así como fuera de ellos, gracias biólogos porque también aprendí cosas de "hombres" gracias a ustedes.

A las **Biólogas Diana Loaiza, Beatriz Rosales y Miriam Parra** porque ustedes tres fueron mis amigas durante la carrera y lo seguirán siendo, Miriam gracias por todas las frondas de cícadras donadas para el experimento de tafonomía porque sin ellas no lo hubiera hecho.

Gracias **Caro Jiménez** por tu gran apoyo en el entendimiento del idioma inglés pues sin tu apoyo mi examen hubiese sido un fracaso, te quiero mucho amiga.

Gracias **Gisela Patiño**, pues has compartido conmigo muchos aspectos de mi vida y has sido mi apoyo incondicional, te quiero muchísimo Gis.

Gracias a aquellos que llegaron a mi vida mediante la danza, mediante los cantos y los rezos, **Dra. Minu, Luis, Candy, Amaranta, Araceli, Paty Tletzin**, Nanmechtlazohtla noicniutzitzinhuan (Los amo hermanos).

Gracias a todos ustedes compis, por que forman parte de mi vida...

*...Sigue hacia adelante y ten fe, que nada se encuentra
sin buscar que nada se gana sin jugar
Mejor que intentes otra vez, nada fácil te hizo fuerte...
“Mejor que intentes otra vez” Gondwana.*

Celia Arévalo

Una buena parte de este logro también es tuyo
mami pues sin tu ayuda en todas las etapas de
mi vida yo no estaría aquí, gracias por ser una mujer
fuerte y luchona y darme el mejor ejemplo de vida. Te amo.

DEDICATORIA

Raúl Guerrero

Y por supuesto que otra parte de este logro es
dedicado a tí papá, porque me has enseñado a llevar
a cabo lo que se guarda dentro de mi cabeza y a
hacerlo con mucha curiosidad, me has demostrado
que todo se puede lograr. Te amo papi.

Karen y Raúl

Hermanos mis más sinceros agradecimientos son para ustedes pues cada uno con su manera de vivir me han enseñado que la vida es corta y que se necesita esfuerzo y perseverancia para continuar adelante, sólo un empujoncito basta para avanzar.

Gracias Karen por ser mi hermanita pequeña y por ser mi cómplice. Los amo.

Abuela Catalina

Esta es mi forma de agradecer su compañía, sus enseñanzas, su sabiduría, porque usted es mi segunda madre, y porque me acogió muchos años en su regazo, gracias abuela porque también esperó paciente el fin de esta tesis.

Gracias infinitas porque mis raíces son sus raíces...

La amo abue.

Gisela

Has formado parte de mi vida desde la prepa y amiga sí que has influido en ella, gracias Gis por tu amistad porque a pesar del tiempo y la distancia esto que tenemos ha perdurado. Gracias por que te emocionaste cuando te enteraste que me había quedado en la **UNAM**.
Gracias por tener fe en mí. Te quiero mucho.

Diego

Compartimos vidas pasadas y vidas presentes...
esto es sólo el comienzo de una vida llena de alegrías
y triunfos compartidos, gracias infinitas por ser
parte importante de este trabajo,
pero sobre todo gracias eternas porque me encontraste
y provocaste en mí un cambio interior...

Nimitztlazohtla Quique...

Índice	Página
Resumen	1
I. Introducción	3
II. Marco teorico	4
III. Antecedentes	7
IV. Objetivos	11
V. Descripción de la zona de estudio	12
5.1 Ubicación geográfica de la localidad Barranca de la Mina	12
5.2 Formación Tecamazuchil, Barranca de la Mina	13
5.2.1 Marco geológico	13
5.2.2 Descripción litológica	13
5.2.3 Litofacies	16
5.2.4 Ambiente sedimentario	17
5.3 Conglomerado Peña Colorada	20
5.3.1 Ubicación geográfica	20
5.3.2 Marco geológico	21
5.3.3 Descripción litológica	21
5.3.4 Litofacies	22
5.3.5 Ambiente sedimentario	24
VI. Material y Método	26
6.1 Colecta de material paleontológico y geológico	26
6.2 Trabajo geológico	27
6.3 Taxonomía	28
6.4 Tafonomía	30
6.4.1 Asignación de atributos tafonómicos	30
6.4.3 Cálculo de área foliar	31
6.4.3 Ángulos de inserción de las pinnas al raquis	31
6.4.4 Pinnas sueltas en los ejemplares de roca	34

VII. Resultados y Análisis de resultados	35
7.1 Diversidad y taxonomía	35
7.2 Tafonomía	42
7.2.1 Atributos tafonómicos	42
7.2.2 Fósiles con diferentes ángulos de inserción de las pinnas al raquis en ambos lados de la hoja	43
7.2.3 Simulación de las condiciones de depósito	46
7.2.4 Simulación de las condiciones de desecación	49
7.3 Distribución espacial de las comunidades vegetales y reconstrucción del paisaje	51
7.4 Conteo de pinnas sueltas en los ejemplares fósiles	61
7.5 Área foliar	62
7.6 Paleoclima	62
VIII. Conclusiones	65
IX. Recomendaciones	66
X. Referencias bibliográficas	68
Apéndice 1. Descripción de la flora fósil	73
Apéndice 2. Simulación de las condiciones de depósito	104
Apéndice 3. Simulación de las condiciones de desecación	114
Apéndice 4. Bases de datos	118
Atributos tafonómicos	119

RESUMEN

En el presente estudio se realizó el análisis paleontológico, tafonómico y del área foliar de 265 ejemplares fósiles de plantas jurásicas, así como la asociación de los taxa a las secuencias sedimentarias y propuesta de paleoclimas de las localidades Barranca de la Mina (Jurásico Medio), Formación Tecomazuchil y Peña Colorada (Jurásico Inferior), Conglomerado Peña Colorada (unidad informal), Tecomatlán, Puebla. Se propone la existencia de dos ambientes sedimentarios para Barranca de la Mina, en la base de la columna (localidad **A**) un ambiente fluvial de tipo meándrico y en la cima (localidad **B**) un sistema de barras longitudinales asociadas al sistema fluvial meándrico. Barranca de la Mina fue la localidad más abundante y diversa, con 11 géneros, 19 especies y dos morfotaxa, incluidos en cuatro órdenes, una categoría de posición incierta y un morfotaxon. En Peña Colorada se obtuvo el registro de 11 géneros y 15 especies, incluidos en tres ordenes y una categoría de posición incierta. De acuerdo con los atributos tafonómicos asignados, se proponen tres asociaciones para la zona, autóctona, parautóctona y alóctona y que además son la base para la reconstrucción del paisaje propuesto en el presente trabajo para cada localidad. A lo largo de la columna estratigráfica de Barranca de la Mina se presentó una variedad de climas, al inicio de la formación (localidad **A**) la presencia de Filicales, Bennettitales con área foliar Microfila 2 e intercalaciones de lutita y estratos delgados de carbón permitieron proponer que el paleoclima correspondió al que hoy en día se conoce como cálido subhúmedo. Para la localidad **B** se propone que el clima tuvo una tendencia a seco, esto se refleja en la litología y en la disminución del porcentaje de las categorías foliares Microfila 2, Microfila 3 y Notofila; es importante mencionar que no hay presencia de helechos ni de equisetos, lo que refuerza la propuesta anterior. En Peña Colorada existen elementos riparios, las Filicales, que sugieren la presencia de cuerpos de agua en alguna época del año, la categoría foliar dominante es Microfila 1 y se tienen presentes elementos del grupo de las

coníferas, como son *Elatocladus sp.* y *Pelourdea sp.*, de modo que se propone un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano.

De este punto en adelante y para este estudio, se referirá primero a la localidad Barranca de la Mina Jurásico Medio y después a Peña Colorada Jurásico Inferior debido a que se pensaba que ambas localidades pertenecían a la misma Formación, sin embargo el trabajo geológico demostró que las localidades son de diferente Formación y de distinto periodo.

I. INTRODUCCIÓN

Durante el período Jurásico, que abarcó del 201.3 \pm 0.2 al 145 millones años (ISC, 2013) con una duración aproximada de 56.3 millones de años, la vegetación dominante estuvo constituida por gimnospermas, dentro de este grupo destacan en primer lugar las cicadofitas y en segundo las coniferofitas, ambas alcanzaron su máximo desarrollo durante este periodo. Las cícadas fueron la vegetación dominante durante el Mesozoico por esto recibe el nombre de “Edad de las cícadas” (Silva-Pineda, 1978).

En nuestro país el registro fósil para este periodo está bien representado en los estados de Oaxaca, Guerrero y Puebla, donde destaca el orden de las Bennettitales. Wieland, ha sido tal vez el personaje más enfocado al estudio de este grupo durante el período de 1904-1926 y es uno de los pioneros de la paleobotánica en México. En los yacimientos de flora fósil de Puebla Silva-Pineda (1969) se enfocó en la composición taxonómica del área de Tecamatlán y enlistó 16 especies. Delevoryas en 1982 documentó la presencia de *Coniopteris weberi* no conocida con anterioridad en la zona. Velasco de León (1990) anexó al listado taxonómico a *Williamsonia netzahualcoyotlii* Wieland y *W. oaxacensis* Delevoryas y Gould, así como *Mexiglossa varia* Delevoryas y Person.

A nivel mundial los estudios relacionados con el paleoclima están íntimamente ligados con el uso de hojas fósiles (Upchurch, 1989; Wolfe, 1994; Wiemann *et al.*, 1998; Rees *et al.*, 2000 y Ortiz-Martínez *et al.*, 2010). Otra disciplina que apoya las propuestas de paleoclima es la estratigrafía, que junto con la paleobotánica resulta de gran valor al hacer propuestas de esta índole.

Para el área de Tecamatlán, Puebla, donde afloran las localidades Barranca de la Mina y Peña Colorada, Hernandez y Rodriguez (2012) realizaron la última interpretación sedimentaria donde proponen que durante el Bajociano-Calloviano, el terreno evolucionó con el desarrollo de un sistema fluvial meándrico en un valle amplio de baja pendiente, a amplias planicies aluviales formadas dentro de una serie de grabens debido a la tectónica

de la región, mientras que los depósitos restantes de la formación tuvieron lugar en una combinación y/o intercalación de un sistema fluvial tipo meándrico con llanuras de inundación, ríos con desarrollo de barras y facies distales de abanicos aluviales, además de la presencia de canales abandonados dando origen a lagos pequeños y aislados.

En este estudio se realizó el análisis paleontológico, de área foliar y tafonómico de dos localidades de Tecamatlán Puebla, para proponer las condiciones ambientales que prevalecieron durante el Jurásico Inferior y Medio.

II. MARCO TEÓRICO

A diferencia de la mayoría de los animales, las plantas se componen de un número indeterminado de órganos que se desprenden en el medio ambiente, pero que además pueden seguir produciendo a lo largo de su vida. Estos órganos han contribuido a que en el registro fósil se encuentren mayormente representadas las plantas. Ellas reflejan el clima donde vivieron, así como sucede con las plantas actuales (Silva-Pineda, 1987 y Rees *et al.*, 2000), de ahí que los Paleobotánicos puedan hacer reconstrucciones climáticas así como de la distribución espacial de la vegetación existente en una región en el pasado.

Dichas reconstrucciones están basadas en el registro fósil de plantas y en la interpretación de los sedimentos en donde se encuentra depositado, es decir, la Paleobotánica necesita de otras disciplinas como la *Geología* y la *Tafonomía* para proponer una **reconstrucción paleoecológica**. La *Geología* mediante la sedimentología se basa en la interpretación de los estratos, así como de las relaciones espaciales y temporales entre ellos (Arellano, 2011). Mientras que la *Tafonomía* estudia la transición, en todos sus detalles, de los restos orgánicos de la biosfera a la litosfera (Efremov, 1940) y la *Paleobotánica* se basa en la comparación de plantas fósiles con las actuales (Taylor *et al.*, 2009).

Las interpretaciones paleoclimáticas están basadas principalmente en la paleoflora, debido a que las hojas son la parte de las plantas que interactúan de manera directa con la

atmósfera, por lo que definen su morfología foliar en función de las condiciones climáticas (Pire y Valenzuela, 1995; Rees *et al.*, 2000; Totman *et al.*, 2004 y Ortiz-Martinez *et al.*, 2013). Se sabe que las plantas soportan las condiciones que se presentan en el medio en el que se desarrollan, de este modo, las plantas fósiles reflejan el clima donde vivieron, así como sucede con las plantas actuales (Silva-Pineda, 1978 y Rees *et al* 2000).

Existen trabajos en donde realizaron inferencias paleoclimáticas basándose únicamente en la composición taxonómica, es decir, usan taxa de plantas fósiles para relacionar las tolerancias climáticas de éstos con los parientes vivos más cercanos. Este método se puede mal interpretar, a causa de los problemas de atribución de taxa extintos a los grupos modernos y a la suposición implícita de que las plantas no han evolucionado con respecto a sus tolerancias climáticas (Totman *et al.*, 2004).

Para evitar basar una propuesta paleoclimática sólo en composición taxonómica, es importante emplear un método de estimación del área foliar de los elementos fósiles para obtener bases cuantitativas al momento de realizar reconstrucciones paleoclimáticas, diversos investigadores han encontrado correlaciones altamente significativas en estimados del área foliar basándose en mediciones simples, Manivel y Weaver, (1974), Elsner y Jubb, (1988) y Pire y Valenzuela, (1995) demostraron que para obtener la mayor precisión en el cálculo del área foliar, cuando se dispone de los valores de largo y ancho se debe utilizar un factor de corrección (0.66) que evite los errores generados al introducir únicamente los valores lineales de largo y ancho. Con base en lo anterior, Ortiz-Martínez *et al.*, (2010) proponen una clasificación basada en el área foliar de gimnospermas fósiles del Terreno Mixteco, con la intención de relacionar esta clasificación con el clima y reconstruir el paleoclima del Terreno Mixteco durante el Jurásico.

Un aspecto importante que debe ser considerado al momento de proponer reconstrucciones paleoecológicas es el análisis tafonómico de las asociaciones fósiles, se entiende por "*asociación fósil*" a la acumulación de partes de plantas que formaron parte de uno o varios individuos y que fueron enterradas dentro de un volumen de sedimentos, que en esencia se estableció bajo las mismas condiciones (Spicer, 1989). Dependiendo del

ambiente de depósito, las categorías de distribución de los ejemplares están sujetas principalmente al grado de fragmentación, articulación o desarticulación de los elementos foliares, además de la abundancia en la que se encuentren, tamaño y forma de la lamina foliar. Con base en lo anterior, la composición de una asociación de fósiles de plantas está dada por representantes *autóctonos*, estos se definen así, porque no han sufrido un transporte prolongado, se encuentran articulados y/o son abundantes, los elementos *parautóctonos* han sido trabajados en la literatura de manera subjetiva, sin embargo se pueden definir como aquellos elementos articulados, abundantes, con un área foliar menor a la de los elementos autóctonos y orientación espacial preferencial, ésta última indicaría que han sido transportados por un flujo desde el lugar de su muerte o desprendimiento pero que permanecen muy cerca de su hábitat original (Ferguson, 1985; Greenwood, 1991; Gastaldo *et al.*, 1996; Mancuso y Marsicano, 2008; Mancuso, 2009) y los elementos *alóctonos* son aquellos que están desarticulados, presentan un alto grado de fragmentación y en algunos casos sus características morfológicas están deformadas debido al transporte que sufrieron; todos estos elementos producen una mezcla taxonómica, la cual es un subconjunto de la composición taxonómica de la fuente original de la comunidad de plantas (Greenwood, 1991).

Diversos autores han utilizado a la tafonomía para conocer el comportamiento de asociaciones actuales de angiospermas y ha resultado ser una fuente amplia de información para los historiadores de la vida pasada, Ferguson (1985), Spicer (1981,1989) y Greenwood (1987), indican que las asociaciones de macrofósiles de plantas varía según la distancia a la que se ubiquen las plantas que proveen el material orgánico de la zona en donde se depositarán y litificarán, y que además la distancia que pueden viajar está controlada por el comportamiento individual de las hojas, frutos, etc., como partículas sedimentarias. Observaron también las características de las hojas durante su transporte por agua y por viento y concluyen que está altamente controlado por el peso, es decir, hojas pequeñas viajan más que hojas pesadas (densas) y grandes.

De acuerdo con Greenwood (1991) y Behrensmeyer *et al.*, (2000), la tafonomía es una herramienta útil para conocer el comportamiento de las asociaciones de plantas fósiles dentro de un contexto estratigráfico y sedimentológico y así poder contemplar un panorama amplio en la reconstrucción del ambiente en el que se desarrolló la vida pasada, esto ha contribuido para cambiar la forma en cómo las asociaciones son colectadas y analizadas.

Las definiciones de abundancia y riqueza (igual a diversidad) para este trabajo serán empleadas de acuerdo con Lincoln *et al.*, (1983). Abundancia se define como “el número total de ejemplares de un taxón o taxa en un área” y riqueza que se incluye dentro de la definición de diversidad es “el número total de especies en un conjunto, comunidad o muestra”.

III. ANTECEDENTES

En México el grupo de las Bennettitales ha sido ampliamente estudiado. Wieland, ha sido tal vez el personaje más enfocado al estudio de este grupo durante el período de 1904-1916, él realizó una monografía de El Consuelo en la Mixteca Alta del Estado de Oaxaca y, empleó un criterio monotípico estricto en su estudio, describiendo un total de 53 especies.

La flora fósil de Puebla se encuentra en regular conservación comparada con la de Oaxaca, sin embargo, ha sido el objeto de estudio de varios investigadores como es el caso de Silva-Pineda (1969) quien se enfocó en la taxonomía de plantas fósiles en el área de Tecamatlán reportando 16 especies, Delevoryas en 1982 documentó la presencia de *Coniopteris weberi* no conocida con anterioridad en la zona. Velasco de León (1990) anexó al listado taxonómico a *Williamsonia netzahualcoyotlii* Wieland y *W. oaxacensis* Delevoryas y Gould, así como *Mexiglossa varia* Delevoryas y Person.

Los trabajos con enfoque paleoclimático se basan principalmente en el uso de hojas de angiospermas ("plantas con flores") (Upchurch, 1989; Wolfe, 1994 y Wiemann *et al.*, 1998). El uso del grupo de las gimnospermas con éste enfoque es escaso, a pesar de que también exhiben un patrón fitogeográfico vinculado a la evaporación y la precipitación. En este sentido, se puede nombrar a Ziegler *et al.*, (1993) y Rees *et al.*, (2000) que analizaron la información de 644 localidades del hemisferio norte y su grado de asociación de una con la otra empleando métodos estadísticos y definiendo patrones de distribución relacionados con la latitud; ellos reconocen cinco biomas principales a partir de éstos datos. Estos trabajos se enfocaron en datos de la región norte del planeta y no realizan una clara distinción cuantitativa entre los diferentes tipos de hojas empleadas. Por esta razón Ortiz-Martínez *et al.*, (2010) proponen una clasificación basada en el área de la lámina foliar de los géneros de gimnospermas de flora fósil del Terreno Mixteco, con la intención de relacionar esta clasificación con el clima; de esta manera obtuvieron resultados que permitieron establecer la existencia de siete intervalos categóricos, así como los límites de cada uno de ellos, y proponen que existió un cambio de humedad durante el Jurásico en el Terreno Mixteco.

Es importante tener en cuenta que la tafonomía es una herramienta útil para realizar las propuestas de paleoclima y en general paleoecológicas, sin embargo, en México los estudios con enfoque tafonómico tienen como objeto de estudio al grupo de los invertebrados (Arenas *et al.*, 2009; Gómez-Espinoza, 2010) o en localidades de diferente edad como es el caso de Weber *et al.*, (1980) quien utilizó 1200 ejemplares fósiles colectados en diferentes localidades de la Formación Santa Clara del Triásico de Sonora, para comprobar la hipótesis de que los grupos de unidades taxonómicas pudieran representar facies, ser grupos ecológicos, grupos recurrentes de especies o complejos cenológicos.

Es hasta el 2007 cuando se realizó el primer estudio tafonómico de plantas del Jurásico de México, en tres localidades de Puebla y Oaxaca por Silva-Pineda *et al.*, donde se determinó la diversidad de taxa de cada localidad mediante el grado de fragmentación de los fósiles y abundancia de los taxa presentes, en este trabajo se concluye que es

importante incluir aspectos tafonómicos para comprender mejor el comportamiento de las asociaciones de macrofósiles de plantas no sólo con aquellos ejemplares mejor conservados, sino también con aquellos que a simple vista no resultan “atractivos” ya que de lo contrario se provoca un sesgo paleontológico y tafonómico.

A nivel mundial el análisis tafonómico detallado de asociaciones de plantas, angiospermas principalmente, ha tenido un gran desarrollo Ferguson (1985) y Gastaldo (1988) analizaron la acumulación de hojas en un **ambiente sedimentario moderno** y demuestran que el tipo de sedimento y el carácter de la vegetación local tienen una fuerte influencia en la composición final de la macroflora. Spicer (1981, 1989), Ferguson (1985) y Gastaldo (1988) concuerdan que las asociaciones de plantas se comportan de diferente manera dependiendo de la composición taxonómica de éstas, de la distancia a la que se encuentren las plantas que proveen el material orgánico de la zona en donde se depositarán y litificarán, pero que además existe un fuerte sesgo tafonómico causado por el transporte de los órganos desarticulados (particularmente hojas), la talla, la forma y la estructura de las hojas, son factores intrínsecos que pueden influenciar su viaje por aire y por agua.

Con base en lo anterior, Mancuso y Marsicano (2008) realizaron un análisis sedimentológico y tafonómico de los fósiles de flora y fauna de la formación Los Rastros, Argentina; definiendo cinco tafofacies de plantas, cuatro de invertebrados y cuatro de vertebrados; mediante la combinación de atributos tafonómicos y parámetros sedimentológicos que caracterizaban a cada asociación de fósiles. Además realizaron la reconstrucción del ambiente de depósito e integraron la distribución de los elementos autóctonos, parautóctonos y alóctonos con base en los atributos tafonómicos, de esta manera la reconstrucción paleoecológica fue más completa para su zona de estudio.

El presente trabajo se basó en las propuestas tafonómicas hechas por Spicer (1981, 1989), Ferguson (1985), Gastaldo (1988) y Mancuso y Marsicano (2008), pues como se mencionó unas líneas atrás, no existen estudios tafonómicos enfocados al grupo de las gimnospermas.

En cuanto a estudios estratigráficos y litológicos se refiere, Pérez-Ibargüengoitia *et al* (1965) definen a la Formación Tecomazuchil como una secuencia de conglomerados, arenisca y limolita de origen continental; De Cserna (1969) analiza rocas a las afueras del poblado de Mixquiapan, municipio de Tecamatlán y la incluye dentro del Grupo Tecocoyunca. Por otra parte Caballero (1990) propuso, con base a la relación estratigráfica con rocas oxfordianas de la Formación Chimeco, una edad de Jurásico Medio para dicha formación, Hernández y Rodríguez (2012) concuerdan con esto último y realizan un estudio más detallado, mencionan que la mayor abundancia litológica está caracterizada por capas de arenisca de grano grueso a fino, litarenitas, con cuerpos lenticulares de conglomerados arenosos, correspondientes a rellenos de canal.

Hernández y Rodríguez (2012) ubicaron al Conglomerado Peña Colorada en el Jurásico Inferior, además de correlacionarlo con la Formación Yogana, Nochistlán, Oaxaca, con el Conglomerado Ñumi de Tlaxiaco, Oaxaca y con la parte basal del Conglomerado Cualac, Guerrero. El contacto superior es concordante y transicional con la Formación Tecomazuchil.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

- ❖ Proponer las condiciones ambientales de las localidades Barranca de la Mina del Jurásico Medio y Peña Colorada del Jurásico Inferior con el empleo del análisis paleontológico, del área foliar y tafonómico de la flora fósil.

Objetivos particulares

- ❖ Identificar taxonómicamente a los ejemplares fósiles mediante literatura especializada.
- ❖ Asignar atributos tafonómicos a los ejemplares fósiles para proponer su posible distribución en el ambiente sedimentario.
- ❖ Definir si el ángulo de inserción de las pinnas al raquis se relaciona con algún factor ambiental.
- ❖ Determinar si la forma y superficie de inserción de la pinna al raquis está relacionada con el número de pinnas sueltas presentes en el registro fósil.
- ❖ Inferir las condiciones climáticas de las localidades mediante el cálculo del área foliar de los ejemplares fósiles.

V. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA LOCALIDAD BARRANCA DE LA MINA.

La localidad Barranca de la Mina se encuentra entre los ranchos de la Herradura y el Porvenir a faldas del Cerro Chicaltepec y a orillas del Río Acatlán en el municipio de Tecamatlán, estado de Puebla, en las coordenadas $18^{\circ} 4' 54''$ N, $98^{\circ} 16' 16.8''$ O y $18^{\circ} 4' 58.84''$ N, $98^{\circ} 16' 25.68''$ O (Figura 1). La descripción litológica así como la interpretación del ambiente sedimentario fueron realizadas por Hernandez y Rodriguez (2012).

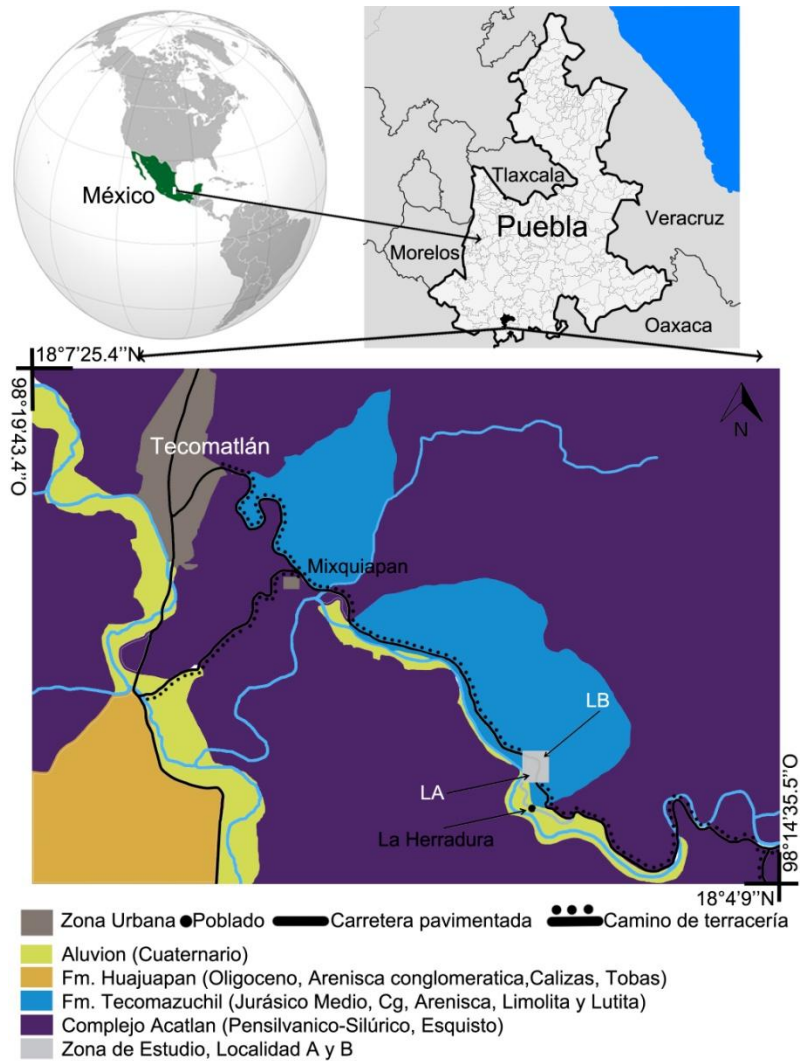


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio, Tecamatlán, Puebla. LA: Localidad A, LB: Localidad B

5.2 FORMACIÓN TECOMAZUCHIL (Localidad Barranca de la Mina).

5.2.1. MARCO GEOLÓGICO

La localidad Barranca de la Mina forma parte de la Formación Tecomazuchil, esta unidad continental pertenece al Jurásico Medio.

La Formación Tecomazuchil está constituida por una secuencia terrígena no rítmica de colores beige, rojizo, verde y gris claro; su parte basal está constituida por intercalación de conglomerado grueso a fino con espesores que varían de 30 cm a 80 cm. La litología característica de la zona consiste en capas de areniscas de grano grueso a fino intercaladas con limolitas y lutitas. Las areniscas presentan una variación en la matriz y un porcentaje mayor de clastos de cuarzo metamórfico, además de esquisto y pedernal. El tamaño de los clastos varía de arenas finas a gruesas, los cuales son subangulosos y subredondeados. Los estratos se presentan de forma tabular, paralelos; aunque abundan los estratos irregulares. Algunos corresponden a cuerpos lenticulares de conglomerados arenosos, pertenecientes a rellenos de canal. Los estratos de limolitas, lutitas y areniscas de grano fino presentan nódulos de hierro (Fe), horizontes de carbón y estructuras de carga. La unidad tiene un espesor total de 224.43m (Figura 5).

5.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA LITOLOGÍA.

Lutita

Rocas que presentan un color verde al intemperismo y gris al fresco así como delgados horizontes de carbón; estos últimos se observan en general en estratos delgados, alcanzando espesores de hasta 30cm

Limolita

Presenta un color que va de beige a pardo al intemperismo y rojizo y verdoso al fresco, en estratos que alcanzan espesores de hasta 40cm, son tabulares y continuos

Conglomerado

Estas rocas terrígenas corresponden a conglomerados polimictico, mal seleccionado que presentan coloración rojizo por intemperismo y van de gris a beige claro al fresco; se encuentran formadas por clastos de cuarzo, feldespato, esquisto, micas y en menor cantidad pedernal. Estos clastos son de tamaño variado que van de 0.05cm a 15cm, en gran mayoría subangulosos a subredondeados, buena cementación y muy poca matriz arcillosa; en general se encuentran granosoportados. Forman estratos irregulares y continuos con espesores entre 30 y 80cm. En general el material fino contiene oxido de fierro (Fe) y se encuentra alterado.

Arenisca

Estas rocas presentan coloración al intemperismo pardo claro rojizas y al fresco beige claras y grises, se encuentran formadas por clastos de cuarzo, esquisto y en menor cantidad pedernal. Se tiene areniscas conglomeráticas hasta de grano grueso, medio y fino. Los clastos se observan en gran mayoría subangulosos a subredondeados, en general se encuentran granosoportados. Algunos estratos presentan matriz arcillosa en pequeña proporción, con espesores entre 20 a 40cm. Algunos horizontes de material fino presentan oxido de fierro (Fe).

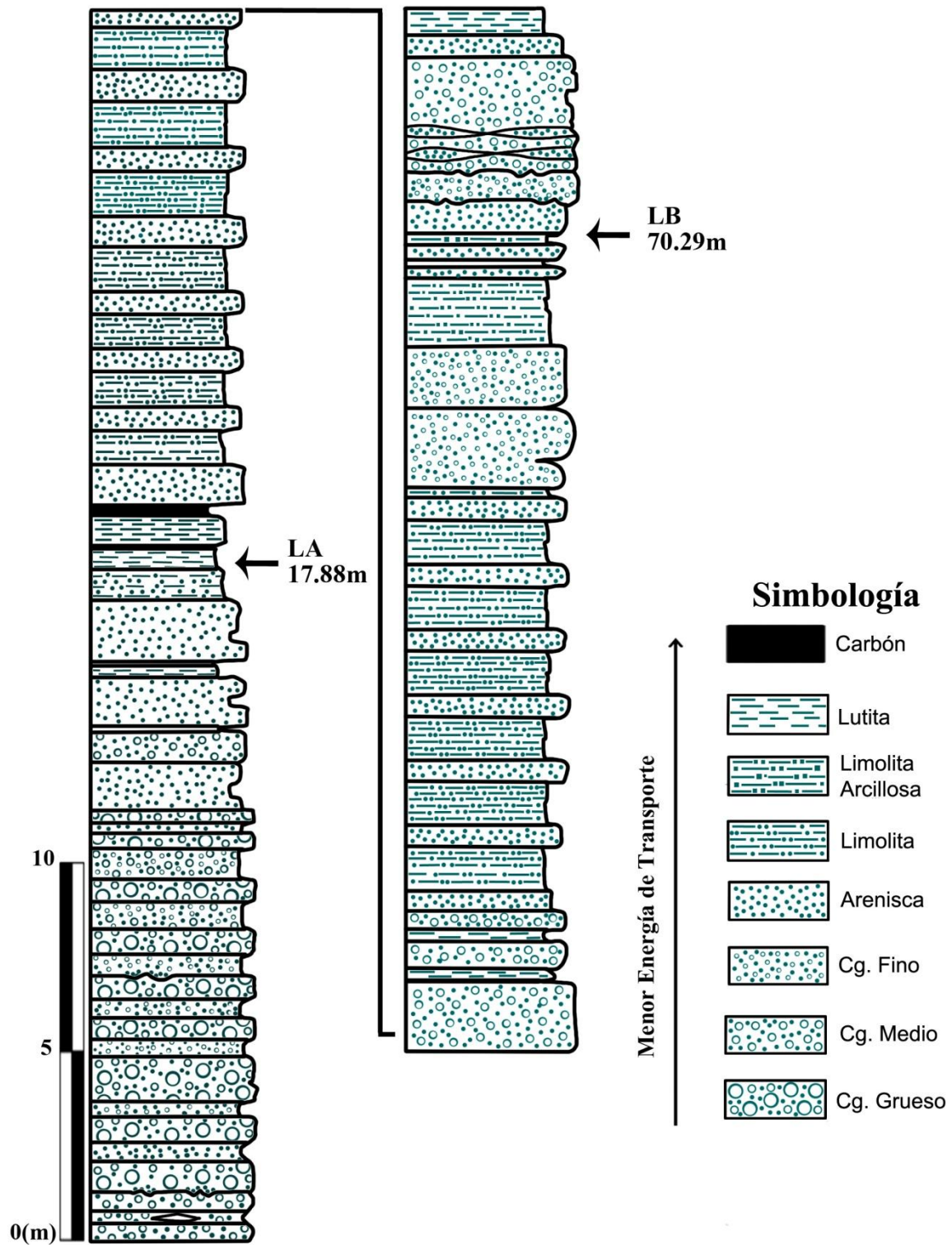


Figura 2. Columna estratigráfica de la localidad Barranca de la Mina, Formación Tecmazuchil. Modificado de Hernandez y Rodriguez, 2012. Cg: Conglomerado; LA: localidad A; LB: localidad B.

5.2.3 LITOFACIES

F1: Conglomerado clastosoportado: En general el diámetro de los clastos varía de 0.5cm a 6cm, los clastos son de cuarzo metamórfico, esquisto y pedernal; la abundancia de un componente u otro varía dependiendo del nivel estratigráfico. Los clastos van de subangulosos a subredondeados, estos se encuentran clasto soportados. Los estratos presentan estructuras de carga, estratos irregulares, bioturbación, nódulos de fierro, lentes de arena y rellenos de canal. Se presenta de manera masiva a irregular, su gradación es norma e inversa, su matriz se presenta menor a un 15%. El depósito de este conglomerado ocurrió en la parte proximal de un abanico aluvial.

F2: Conglomerado soportado por matriz: El diámetro de sus clastos varía de 0.5cm a 12cm, con clastos de cuarzo, esquisto y pedernal; estos van de subangulosos a subredondeados. Contiene un porcentaje de matriz del 20%, por lo que los clastos se encuentran soportados por matriz. Los estratos se presenta de manera irregular y en algunos casos masiva, las estructuras sedimentarias corresponden a paleocanales, la estratificación es normal, inversa y paralela. Su depósito corresponde con un flujo de escombros en un talud ubicado en la periferia de la cuenca.

F3: Arenisca: Los tamaños de clastos varían de 0.2cm a 2cm, constituidos de fragmentos de cuarzo metamórfico, esquisto y pedernal, que presentan bordes subangulosos a subredondeados; con estructuras sedimentarias de carga y nódulos de fierro; la estratificación es generalmente paralela y la matriz es menor del 15%. Representan condiciones de un ambiente fluvial, meándrico. En esta facies están representados algunos ejemplares fósiles (localidad **B**, Figura 3).

F4: Limolita: Color rojo al intemperismo con estratificación tabular y continua, presenta acuñamiento. Representan condiciones de baja energía en una llanura de inundación en tiempos de máxima precipitación pluvial.

F5: Lutita: es la fracción fina de la secuencia clástica en ellas se encuentran lentes de carbón; se presenta en estratos paralelos y continuos. Se depositó en condiciones de escasa o nula energía en periodos de inundación y en lagos. Presencia de flora fósil (localidad **A**, Figura 2).

F6: Carbón: Se presenta en horizontes de espesores desde 1cm a 60cm; indican condiciones de baja energía, en la que se formaron pequeños lagos que evolucionaron a pantanos donde se acumuló materia orgánica leñosa que se convirtió en carbón mineral.

5.2.4 AMBIENTE SEDIMENTARIO

El ambiente sedimentario corresponde a un río meándrico en donde las condiciones de energía fueron cambiando, lo que se ve reflejado en las variaciones litológicas de la columna estratigráfica (Figura 2), en cuya base se presentan las facies **F1** y **F2** indicando condiciones de alta energía, suficientes para transportar sedimentos gruesos, con clastos de tamaños variados, que van de angulosos a subredondeados, en su mayoría clastosoportados; además de presentar estructuras sedimentarias como estratos irregulares, estratificación cruzada, gradación, lo que indica la influencia de corrientes fluviales, permitiendo interpretar estas facies correspondientes al depósito de canal y zonas de desborde.

Las facies **F3**, **F4** y **F5** se presentan en mayor proporción. La **F6** indica condiciones variables de baja energía asociadas a una corriente fluvial. La presencia de **F3** sobre la facies **F1** es evidencia de momentos donde la energía descendió y el transporte de sedimentos era relativamente continuo, creando barras longitudinales que contribuyeron a la migración del cauce, provocando la presencia de canales, los que posteriormente estuvieron asociados a lagos que evolucionaron a pantanos, relacionados con el río meándrico. Esto se ve reflejado por la presencia de la facies **F5** sobreyaciendo a la facies **F1**. La primera corresponde a llanuras de inundación con periodos cortos de lluvias en las zonas aledañas que provocaron la formación de canales, las pequeñas corrientes que se formaron

transportaron en suspensión los sedimentos más finos, permitiendo su depósito sobre el canal abandonado.

Al término de estos eventos el río meándrico comenzó a retomar su cauce, caracterizado por la presencia de las facies **F3** y **F4** de forma cíclica, indicando condiciones de baja energía, aunque estos periodos eran cortos como lo reflejan los espesores de la arenisca con matriz arcillosa y la limolita.

En la parte central del valle, existió un sistema fluvial de tipo río meándrico. Este sistema presentó periodos de alta energía con la correspondiente acumulación de sedimentación, lo que originó la migración del cauce, teniendo como resultado un conjunto de canales abandonados, en los que se acumularon pequeños horizontes de materia orgánica vegetal, que dio lugar al carbón. Posteriormente se presentaron eventos donde hubo mayor precipitación pluvial, lo que originó periodos de inundación que favorecieron el intemperismo químico y mecánico, además de episodios de rápida sedimentación.

Hacia la cima se presenta la asociación de las facies **F1**, **F3** y **F4**, con rellenos de canal, que permiten interpretar la presencia de un sistema de barras de punta, lo que favoreció el depósito del material fino (lutita) en la parte externa de las barras (Figura 3).

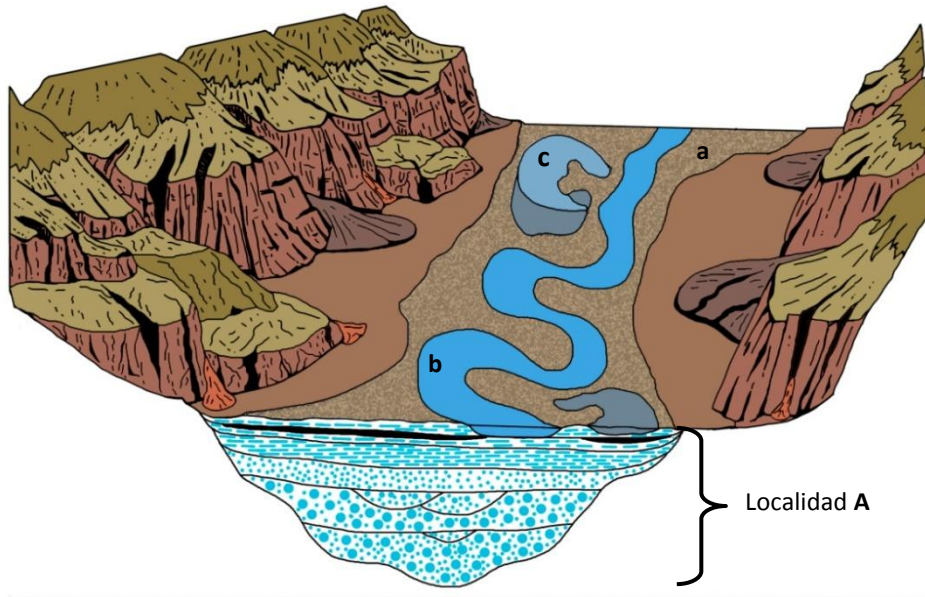


Figura 3. Reconstrucción del ambiente sedimentario de la localidad A Barranca de la Mina, con base en el estudio geológico de Hernández y Rodríguez (2012). a: Llanura de inundación, b: Río meándrico, c: Delta abandonado

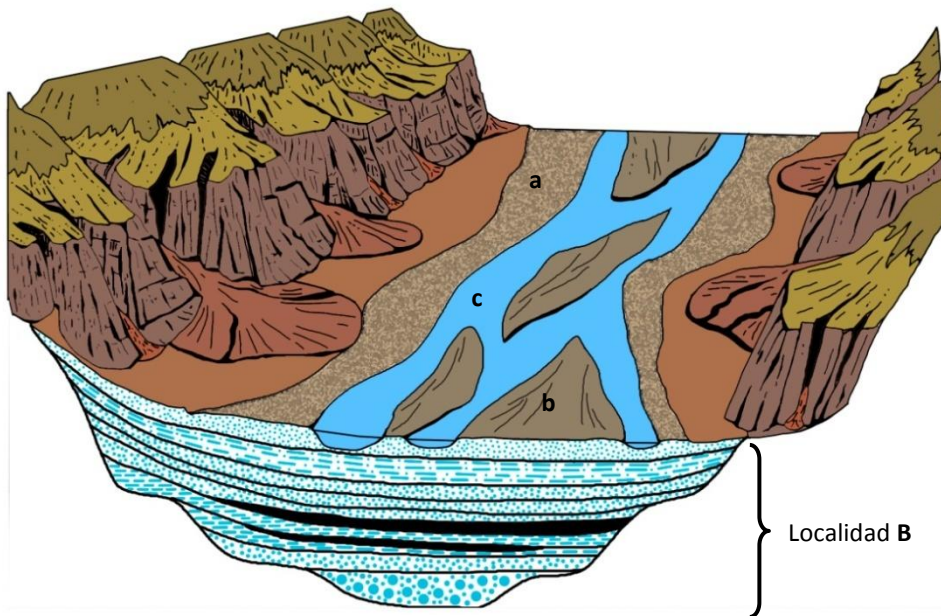


Figura 4. Reconstrucción del ambiente sedimentario de la localidad B Barranca de la Mina, con base en el estudio geológico de Hernández y Rodríguez (2012). a: Llanura de inundación, b: barreras, c: Sistema de barras de punta

5.3 CONGLOMERADO PEÑA COLORADA (Peña Colorada).

5.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La localidad Peña Colorada se encuentra a 3.2 km hacia el sureste del poblado de El Progreso, en el estado de Puebla, en las coordenadas $18^{\circ} 1'27.55''$ N; $98^{\circ} 17'1.48''$ O.

Figura 8.

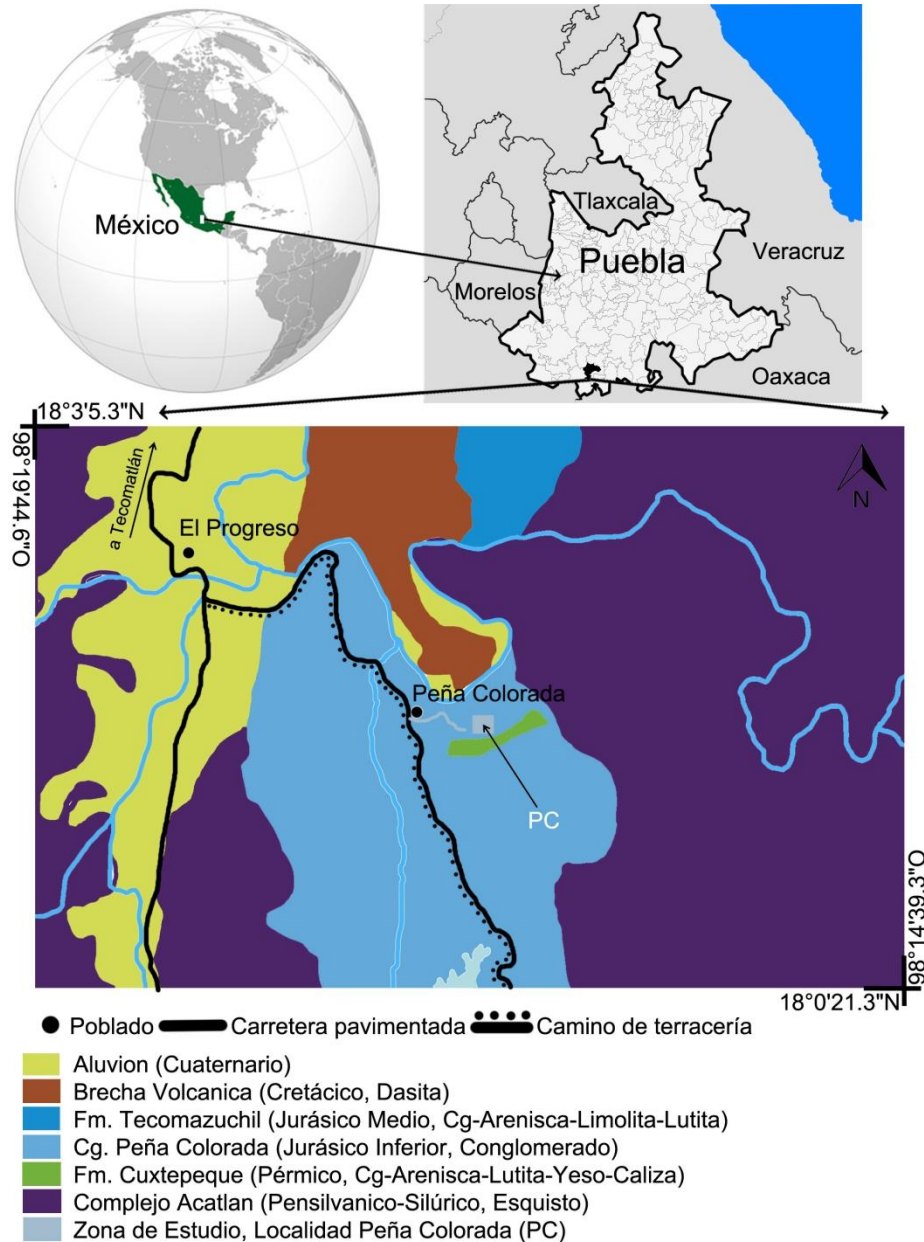


Figura 5. Ubicación geográfica de la localidad Peña Colorada (PC).

5.3.2 MARCO GEOLOGICO

La localidad Peña Colorada pertenece a la formación Conglomerado Peña Colorada y pertenece al Jurásico Inferior. Esta unidad consiste en una secuencia clástica, representada por la intercalación de conglomerados gruesos y finos, de forma masiva, de color beige a rojizo, con la presencia de paleocanales. Los clastos están angulosos a subangulosos, constituidos de cuarzo metamórfico, esquisto y gneiss. En su parte inferior está en su mayoría clastosoportados y hacia la cima los estratos comienzan a encontrarse soportados por una matriz arenosa. En gran parte de la unidad se aprecian lentes de clastos de cuarzo metamórfico, del tamaño de gravas. El espesor total de esta sección es de 56.90 m (Figura 6).

5.3.3 DESCRIPCION DE LA LITOLOGÍA

Conglomerado grueso

Constituido por clastos de cuarzo metamórfico blanco, con diámetros de clastos que varían desde 0.05 a 25 cm, que van de angulosos a subangulosos, con una abundancia del 60%; también contiene clastos de esquistos con diámetro que van desde 1.5 a 12 cm los que se presentan con una abundancia del 30%, cuyos estratos presentan matriz de arena fina del 10% en abundancia, dichos clastos se encuentran clastosoportados y en su mayoría presentan una orientación preferencial paralelas a la estratificación, los estratos presentan espesores de 0.40 a 0.90 m.

Conglomerado fino

Constituido por cuarzo metamórfico blanco lechoso, cuyos clastos van de angulosos a subangulosos, con diámetro entre 0.5 a 2 cm, con una proporción del 40%, también contiene clastos de esquistos angulosos a subangulosos con diámetro de 0.1 a 6 cm, con

abundancia del 30%, en menor proporción se tienen clastos de gneiss, subangulosos con diámetros de 0.5 a 4 cm, que representan un 10% de abundancia. La matriz tiene aproximadamente un 20% de abundancia.

5.3.4 LITOFACIES

F1: Conglomerado clastosoportado: En general el diámetro de los clastos varía de 0.5cm a 6cm, los clastos son de cuarzo metamórfico, esquisto y pedernal; la abundancia de un componente u otro varía dependiendo del nivel estratigráfico. Los clastos van de subangulosos a subredondeados, estos se encuentran clasto soportados. Los estratos presentan estructuras de carga, estratos irregulares, bioturbación, nódulos de fierro, lentes de arena y rellenos de canal. Se presenta de manera masiva a irregular, su gradación es norma e inversa, su matriz se presenta menor a un 15%. El depósito de este conglomerado ocurrió en la parte proximal de un abanico aluvial.

F2: Conglomerado soportado por matriz: El diámetro de sus clastos varía de 0.5cm a 12cm, con clastos de cuarzo, esquisto y pedernal; estos van de subangulosos a subredondeados. Contiene un porcentaje de matriz del 20%, por lo que los clastos se encuentran soportados por matriz. Los estratos se presenta de manera irregular y en algunos casos masiva, las estructuras sedimentarias corresponden a paleocanales, la estratificación es normal, inversa y paralela. Su depósito corresponde con un flujo de escombros en un talud ubicado en la periferia de la cuenca.

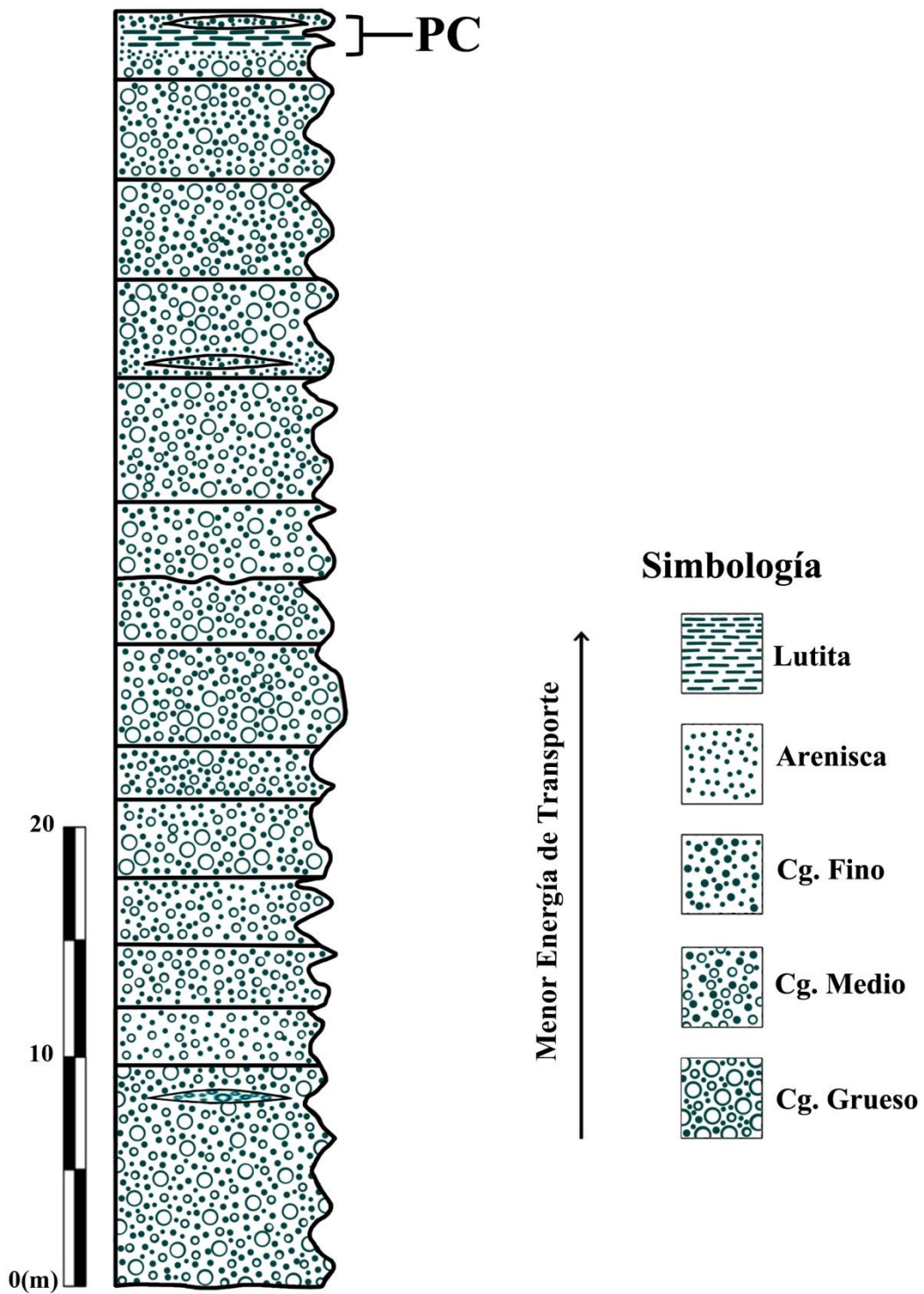


Figura 6. Columna estratigráfica de la localidad Peña Colorada. Modificado de Hernández y Rodríguez (2012). Cg: Conglomerado, PC: Peña Colorada.

5.3.5 AMBIENTE SEDIMENTARIO

Para esta formación se presentan las facies **F1** y **F2**, además de material fósil que permite interpretar un ambiente continental relacionado a un relieve abrupto y disconforme, asociado a una zona de menor relieve dentro de un valle en cuya periferia ocurrió el depósito. Con base en las características de la facies **F1** se interpreta la presencia de un conjunto de abanicos aluviales, que en su parte proximal se distinguen por estar formados de estratos conglomeráticos, con clastos que van de 5 a 25 cm, clastosoportados, de angulosos a subangulosos, con una pobre clasificación, idénticas a las de una facies proximal actual de un abanico aluvial. Esta facies fue producto del levantamiento que propicio zonas escarpadas, producto de las fallas normales y laterales, que favorecieron en temporada de lluvia la formación de corrientes de escombros, que fluyeron de las partes altas, transportando cantidades significativas del material grueso provenientes del Complejo Acatlán, siendo depositados en el frente montañoso hasta el pie de monte, dando origen a la formación de abanicos aluviales y flujos de escombros. Este evento estuvo acompañado por lapsos cortos de corrientes fluviales provenientes de las partes altas los que influyeron en el transporte y desgaste de material grueso y fino, que corresponden a la facies **F2**, que se caracteriza por flujos de escombros con lodos, representada por estratos conglomeráticos, donde los clastos se encuentran soportados por matriz areno-arcillosa, con tamaños de 0.05 a 12 cm, que van de subangulosos a subredondeados, acompañado de estructuras primarias. Esta facies fue generada por la presencia de lapsos cortos de lluvias de alta intensidad que se originaron en las zonas inestables, la erosión del material rocoso, provoco la caída de flujos de escombros con flujos gravitacionales que por su mayor intensidad se desbordaron arrastrando grandes cantidades de material clástico procedente del Complejo Acatlán y de la misma parte proximal del abanico aluvial (Figura 7).

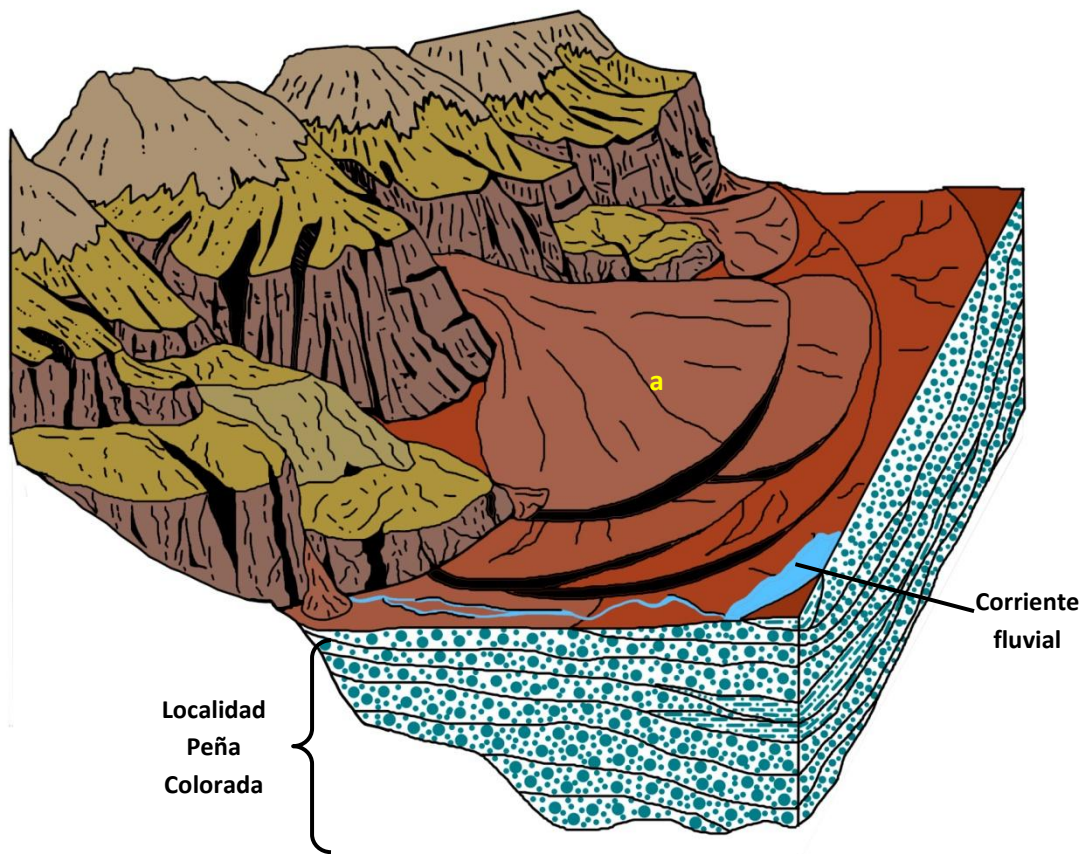


Figura 7. Reconstrucción del ambiente sedimentario de la localidad Peña Colorada, con base en la interpretación de Hernández y Rodríguez (2012).a: Abanico aluvial.

VI. MATERIAL Y MÉTODO.

6.1 COLECTA DE MATERIAL PALEONTOLÓGICO Y GEOLÓGICO.

La zona de estudio se visitó en cuatro ocasiones, en los meses de Marzo, Mayo y Octubre de 2010 y Junio de 2011. El material paleontológico colectado está resguardado en la Colección de Paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM-FESZ) con las siglas CFZ-T 136 a CFZ-T 244 Barranca de la Mina y CFZ-T 245 a CFZ-T 284 Peña Colorada.

El trabajo **geológico** y la interpretación sedimentológica fueron realizados por Hernández y Rodríguez (2012) y consistió en el reconocimiento del área entre los ranchos La Herradura y El Porvenir, a los márgenes del río Acatlán y las faldas del cerro Chicaltepec, y entre los poblados Tezoquipan y Peña Colorada. De las unidades litológicas se describieron las siguientes características:

- Litología, color al fresco e intemperismo, estructuras primarias y secundarias.
- Se obtuvieron muestras de mano de las diferentes litologías, con el fin de realizar un análisis a nivel microscópico de laminillas delgadas de dichas muestras.
- La medición de la columna estratigráfica se realizó con el apoyo de una cinta métrica, brújula tipo Brunton y Báculo de Jacob. La columna se comenzó a medir a partir del contacto con litológico con el Complejo Acatlán.

El trabajo **paleontológico** en campo se realizó muy cerca del río Acatlán, así como en el corte de carretera del cerro Chicaltepec. Otra colecta se realizó a las afueras del poblado El Progreso. El procedimiento de colecta fue de la siguiente manera:

- Se buscaron y revisaron estratos con potencial para contener material fósil. En rocas de tipo lutita, limolita, carbón y arenisca fina a media.

- Se extrajeron bloques directamente de la columna estratigráfica así como aquellos que fueran rodados y se registró su ubicación estratigráfica así como el tipo de roca.
- Cada ejemplar colectado se empaquetó en bolsas de plástico o papel, en plástico aquellos ejemplares que estuvieran depositados en roca consolidada y en papel aquellos que se encontraron fragmentados y frágiles, después se trasladaron a la Colección de Paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. En caso de que el fósil no pudiera ser transportado a la Colección, se tomaron caracteres para su posterior determinación taxonómica (longitud y ancho de las hojas, longitud y ancho de las pinnas, tipo de base de las pinnas, tipo de ápice, tipo de margen, número de venas, arreglo de las hojas, ángulo de inserción de las pinnas con respecto al raquis) y se registró su presencia con fotografías digitales.
- Posteriormente el material colectado en campo se limpió y se anexó a la Colección de Paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza asignándole un número de inventario y registrándolo en una base de datos.

6.2 TRABAJO GEOLÓGICO.

Después de traer el material geológico de campo se procedió a realizar un análisis e interpretación de la información recabada en campo.

Mapa geológico. Se realizó un mapa geológico (1:50,000) basado en la carta geológica del Servicio Geológico Mexicano con clave (E14-B83), así como en el estudio de los afloramientos y contactos presentes en el área de estudio. Posteriormente se digitalizaron utilizando el software ArcGis 10.

- Columnas estratigráficas. Se seleccionaron los lugares donde afloran las formaciones, se realizó la descripción litológica y medición vertical, posteriormente se digitalizaron dichas columnas estratigráficas con la ayuda del programa AUTOCAD 2011.

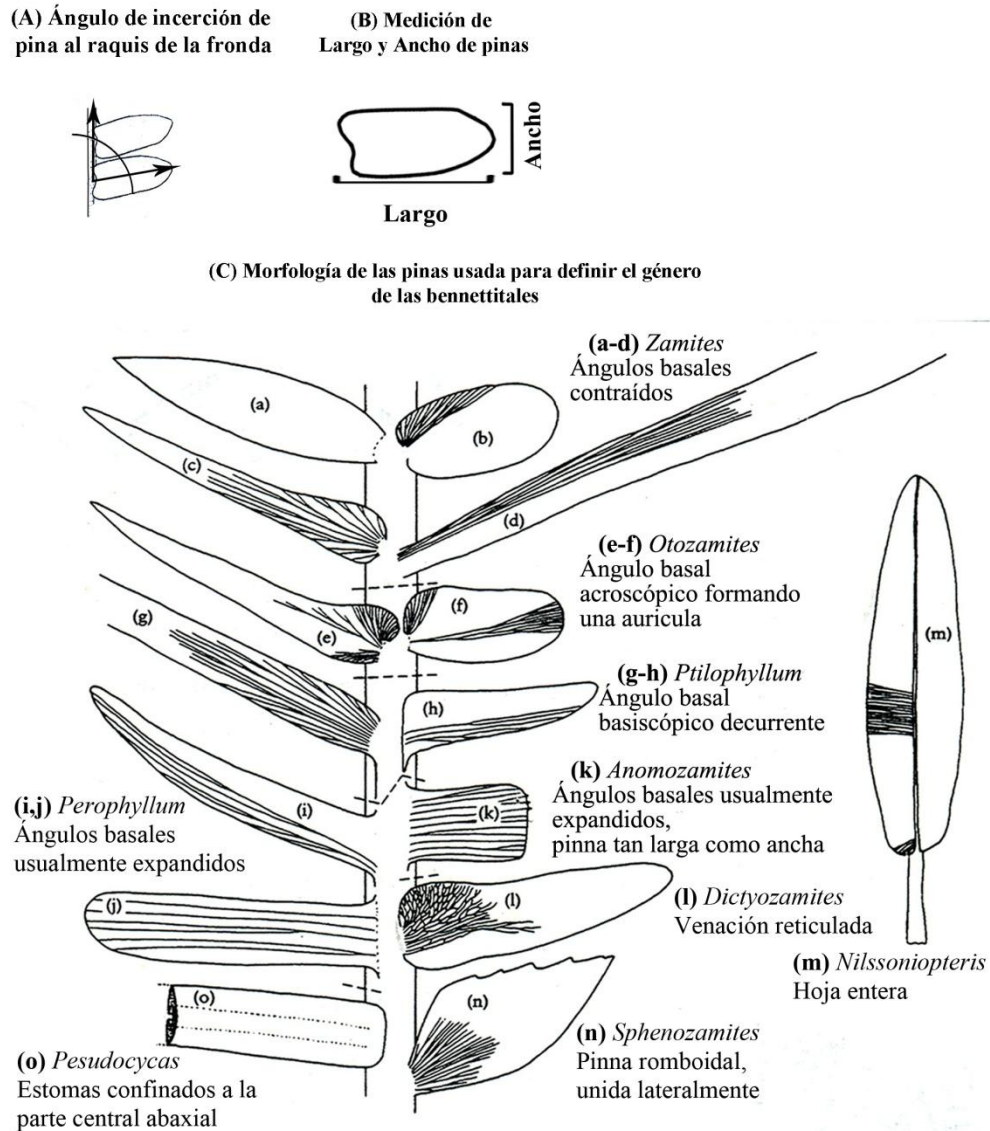
- ❖ Análisis y clasificación de litologías mediante laminas delgadas. El proceso de obtención de laminas delgadas es mediante el corte de un fragmento de aproximadamente 4 por 2 cm con el menor espesor posible de cada una de las muestras de mano colectadas en campo, este fragmento se fija en un portaobjetos para su posterior devastación y adelgazamiento con diferentes abrasivos de distintos espesores. Una vez que se tienen las laminas delgadas, se observan con un microscopio petrográfico u óptico. Se identifican las texturas, contenido mineralógico así como sus porcentajes en cada muestra, también se observa la redondez y el tamaño de los clastos y el porcentaje de matriz contenida. Las muestras se clasificaron de acuerdo con lo propuesto por Pettijhon (1972).

6.3 TAXONOMÍA

Se realizó la determinación taxonómica de 173 ejemplares fósiles de plantas de la localidad Barranca de la Mina (**A** y **B**) y 92 ejemplares de la localidad Peña Colorada (**PC**), mediante el uso de literatura especializada Silva-Pineda (1969, 1978, 1984 y 2000), Watson y Sincock (1992), Taylor *et al* (2009), Rojas-Chavez (2010) y Morales y Silva-Pineda (1994). Además se consultó la base de datos en línea Palaeobiology Database. La localidad se dividió en dos zonas denominadas **A** (140 ejemplares fósiles) ubicada a 17.9 m de la base de la columna estratigráfica y **B** (33 ejemplares fósiles) ubicada a los 70.5 m de la base de la columna.

El carácter morfológico de las Bennettiales que se tomo en cuenta para llevarlas a nivel de género fue la forma de base de la pinna y cómo se inserta la misma al raquis de la hoja, ver Figura 8 (Watson y Sincock, 1992). Para el nivel de especie, se midió la longitud y ancho de la hoja y de las pinnas, número de venas en la pinna, forma del ápice de la pinna, ángulo que forman las pinnas con respecto al raquis y ancho del raquis (Silva-Pineda, 1969, 1978 y 1984; Watson y Sincock, 1992, Morales y Silva-Pineda, 1994 y Taylor *et al* 2009). Para el caso de las estructuras reproductoras de las Bennettiales se midió el

diámetro total, diámetro del receptáculo, diámetro del pedúnculo, diámetro de los micrópilos y en caso de que sean visibles, forma y diámetro de las escamas (Velasco de León, 1990).



Tomado de Watson and Sincock, 1992

Figura 8. Diferentes tipos de pinnas y formas de inserción al raquis de una hoja compuesta. Modificado de Watson y Sincock (1992).

En el caso de los Filicales es necesario medir la longitud y el ancho de la fronda, longitud y ancho de las pinnas y pínulas, tipo de ápice de las pínulas, tipo de base de las pínulas, ángulo de inserción de las pínulas con respecto al raquis, tipo de margen de las pínulas, ancho del raquis, presencia o ausencia de soros, tipo de soros, acomodo de los soros (Silva-Pineda, 1969, 1978 y 1984; Rojas-Chavez, 2010).

Para el orden de las Coniferales se midió longitud y ancho de las hojas, arreglo de las hojas, forma de las hojas, tipo de unión de las hojas al raquis, ángulo en que se disponen las hojas alrededor del raquis (Weber, 1980; Silva-Pineda, 2000 y Angeles Favila, 2009).

6.4 TAFONOMÍA

6.4.1 Asignación de atributos tafonómicos.

Se asignaron atributos tafonómicos para cada ejemplar fósil apoyándose en el trabajo de Mancuso y Marsicano (2008), los atributos así como sus estados de carácter se representan en la tabla 1.

Tabla 1. Atributos tafonómicos asignados a cada ejemplar fósil.

ATRIBUTOS TAFONÓMICOS	ESTADO DE CARÁCTER
Grado de fragmentación	Aislado y disperso (0)
	Asociado y disperso (1)
	Desarticulado pero asociado (2)
	Articulado (3)
Orientación espacial	Preferencial (0)
	Discordante (1)
Ángulos de las pinas	Igual (0)
	Desigual (1)

Una vez asignados dichos atributos, se agruparon los ejemplares fósiles por localidad en base a las diferentes combinaciones:

3,0,1: articulado, orientación preferencial y ángulo de pinnas desigual

3,0,0: articulado, orientación preferencial y ángulo de pinnas igual

3,1,1: articulado, orientación discordante y ángulo de pinnas desigual

3,1,0: articulado, orientación discordante y ángulo de pinnas igual

3,0: articulado, orientación preferencial

3,1: articulado, orientación discordante

2,0: desarticulado pero asociado y orientación preferencial

2,1: desarticulado pero asociado y orientación discordante

0,1: aislado y disperso, orientación discordante

0,0: aislado y disperso, orientación preferencial

1,0: asociado y disperso, orientación preferencial

1,1: asociado y disperso, orientación discordante

6.4.2 Calculo del área foliar

El área foliar se calculó a los ejemplares que presentaran lámina foliar completa utilizando la siguiente fórmula:

$$(L \times A) \times 0.66$$

Donde **L** es la longitud de la pinna u hoja, **A** es el ancho de la misma y **0.66** es una factor de corrección que se emplea para obtener una mayor precisión en el cálculo del área foliar (Manivel y Weaver, 1974; Elsner y Jubb, 1988; Pire y Valenzuela, 1995 y Ortiz-Martínez *et al*, 2013).

El área foliar se clasificó de acuerdo a las categorías propuestas por Ortiz-Martínez *et al* (2013). Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación del área foliar para Bennettitales propuesta por Ortiz-Martínez *et al*, 2013.

CLASIFICACIÓN DEL ÁREA FOLIAR PARA BENNETTITALES							
Categorías de área foliar	Nanófila 1 (Nan1)	Nanófila 2 (Nan2)	Microfila 1 (M1)	Microfila 2 (M2)	Microfila 3 (M3)	Notofila (Not)	Mesofila (Mes)
Intervalo (cm ²)	<0.01	0.011-0.082	0.0824-1.366	1.3661-3.483	3.4836-9.855	9.8552-57.742	57.7428-304.90

6.4.3 Ángulos de inserción de las pinnas al raquis.

Con base en la bibliografía de Silva-Pineda (1969, 1978 y 1984) se midieron los ángulos de inserción de las pinnas al raquis con un transportador, ya que éste es un carácter

taxonómico y se observó que algunas hojas fósiles presentan pinnas con diferentes ángulos de inserción al raquis en uno o ambos lados de la hoja (Figura 9).

- **Simulación de las condiciones de depósito.**

Para interpretar ésta diferencia de ángulos se planteó el siguiente supuesto: las hojas sufrieron modificación antes del enterramiento, la probable causa de la modificación fue la corriente que las transportó a la zona de depósito y modificó el ángulo de inserción de las pinnas con respecto al raquis en uno o ambos lados de la hoja. Para comprobar dicha hipótesis se realizó una simulación tafonómica basándose en los trabajos de Ferguson (1985), Spicer (1981, 1989, 1991), Greenwood (1987, 1991) y Gastaldo (1988), en el río Magdalena ubicado en la delegación Magdalena Contreras durante el periodo de enero a marzo del año 2011.

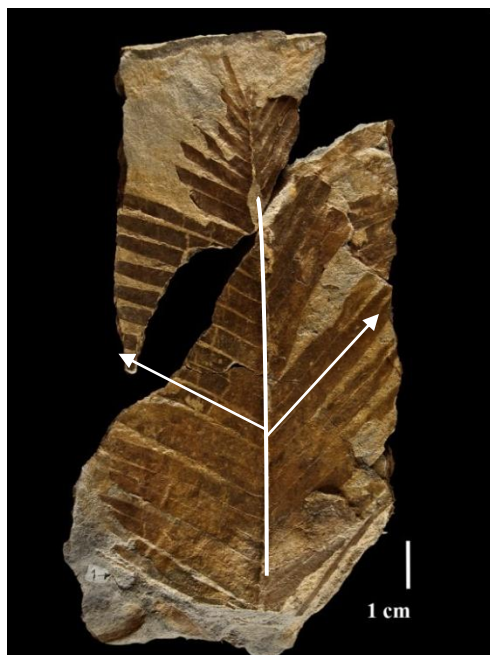


Figura 9. Fronda de Bennettital con los ángulos de inserción las pinnas al raquis diferentes en ambos lados de la hoja.

En está simulación se utilizaron dos hojas de cícada con morfología similar a la de los fósiles, con semejante dimensión entre ellas (70-75 cm); dos estacas de madera del mismo tamaño (50 cm), un carrete de hilo cáñamo, tijeras, cronómetro, un cubo de uncel de 4x4x1 (cm), flexómetro, regla de 30 cm, bitácora, lápiz y cámara fotográfica. El ángulo de

las pinnas se tomó con respecto al raquis como lo marca la literatura (Silva-Pineda, 1969, 1978 y 1984) y como se puede observar en la Fig. 9.

Se seleccionaron dos sitios ubicados en las orillas del río Magdalena con base en la velocidad de la corriente, ésta se midió colocando el cubo de unicel en el río y con el cronómetro se registró el tiempo que tardó en recorrer una distancia de 2 m, en el SITIO 1 la velocidad fue de 20 cm/seg. y el tipo de sedimento que aquí predominaba fue de grano fino. En el SITIO 2 la velocidad registrada fue de 53.3 cm/seg., el sedimento fue de grano grueso.

Posteriormente se colocó cada hoja de cícada en el río, con el ápice en sentido de la corriente y la cara adaxial en posición normal, atándola con hilo cáñamo del peciolo a una estaca de madera enterrada en el sustrato del río para evitar su desplazamiento y/o perdida por efecto de la corriente.

Cada siete días se visitó el lugar donde se colocaron las hojas y se registraron los siguientes datos: ángulo de las pinnas con respecto al raquis en ambos lados de la hoja y cualquier cambio existente en el sitio del experimento durante cuatro semanas.

- **Simulación de las condiciones de desecación.**

Para esta simulación se expuso una hoja de cícada a los rayos del sol, diariamente se tomaron las medidas de los ángulos de las pinnas con respecto al raquis en ambos lados de la hoja, siempre a la misma altura.

Para ambas simulaciones (condiciones de deposito y condiciones de desecación) se dividió la hoja en tres partes para así poder tomar los ángulos siempre a la misma altura, de tal forma que a los 8 cm de la base, teniendo como referencia el inicio del peciolo, se tomo la primera lectura de ángulos, la siguiente a los 36 cm y finalmente a los 56 cm. Se registraron ambas simulaciones con fotografías digitales. (Apéndice 2 y 3).

6.4.4 Pinnas sueltas en los ejemplares fósiles colectados en ambas localidades.

Se realizó el conteo de las pinnas fósiles sin conexión orgánica con el raquis, para establecer si el área de inserción de las pinnas al raquis influye en el desprendimiento de las mismas durante su transporte a la zona de depósito. Se observó la forma de unión de las pinnas al raquis de diferentes hojas de Bennettitales en bibliografía de Silva-Pineda (1969, 1978 1984) y con base en estas observaciones se realizó la comparación de la morfología entre pinnas sueltas y aquellas que se encuentran unidas al raquis. Los géneros *Otozamites* Braun y *Zamites* Brongniart se unen por un estrechamiento calloso en la base de la pinna, mientras que pinnas de *Ptilophyllum* Morris se encuentran unidas por tres cuartas partes de la base al raquis y en el género *Pterophyllum* Brongniart las pinnas se unen por todo lo ancho de la base al raquis (Figura 8).

VII. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

7.1 DIVERSIDAD Y TAXONOMÍA

Se determinaron 265 ejemplares repartidos en las dos localidades Barranca de la Mina (**A** y **B**) y Peña Colorada (**PC**).

La mayor abundancia y riqueza de plantas fósiles se encuentra en la localidad **A** de Barranca de la Mina, con 140 ejemplares. El orden de las Cycadeoidales o Bennettitales es el más abundante con cinco géneros, *Otozamites* Braun, *Ptilophyllum* Morris, *Pterophyllum* Brongniart, *Zamites* Brongniart y *Williamsonia* Carruthers (Tabla 5).

A su vez el género más abundante es *Zamites* representado por cuatro especies *Zamites feneonis* Brongniart, *Z. lucerensis* Wieland, *Z. oaxacensis* Wieland y *Z. tribulosus* Wieland (Tabla 5).

El género *Ptilophyllum* se encuentra en segundo lugar en cuanto a riqueza y abundancia se refiere, con tres especies *Ptilophyllum acutifolium* Morris, *P. catchense* Morris y *P. pulcherrium* Wieland. El género *Otozamites*, está representado solo por *Otozamites hespera* Wieland que es la más abundante de todas las especies reportadas para esta localidad con 59 ejemplares (Tabla 3).

Williamsonia Carruthers está representado por cuatro ejemplares de *W. netzahualcoyotlii* y *Pterophyllum* que es el menos abundante con solo una especie y un ejemplar de la misma (Tabla 3).

Las coniferales se encuentran en esta localidad representadas solamente por un género, *Podozamites* Braun. La especie *Mexiglossa varia* Delevoryas y Person con solo un ejemplar de la muestra total se considera en posición incierta (*incertae sedis*) (Tabla 3).

En el orden de los filicales se encuentran la Morfoespecie 5, Morfoespecie 9 reportadas por Rojas-Chavez (2010), *Sphenopteris* (Ruffordia) cf. *geopperti* Dunker, *S. metzgerioides* y *Coniopteris arguta* Lindley y Hutton. Se tiene el registro de un solo ejemplar del género

Equisetites Sternberg. Además se encuentran 15 ejemplares indeterminados debido a que el tamaño de grano de la roca en la que fosilizaron impide la observación de los caracteres principales para llevarlos a nivel de género (Tabla 3).

Tabla 3. Relación riqueza-abundancia de los ejemplares de la localidad **A** de Barranca de la Mina

ORDEN O CATEGORÍA	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA
Bennettitales	<i>Otozamites</i>	<i>O. hespera</i>	59
		<i>Z. feneonis</i>	15
	<i>Zamites</i>	<i>Z. tribulosus</i>	12
		<i>Z. oaxacensis</i>	11
		<i>Z. lucerensis</i>	10
		<i>Z. sp</i>	3
		<i>P. pulcerrium</i>	4
	<i>Ptilophyllum</i>	<i>P. acutifolium</i>	2
		<i>P. cutchense</i>	2
		<i>P. sp.</i>	1
<i>Pterophyllum</i>	<i>P. nathorsti</i>	1	
Morfotaxa	<i>Williamsonia</i>	<i>W. netzahualcoyotlii</i>	4
		Morfoespecie 5	2
		Morfoespecie 9	1
Filicales	<i>Sphenopteris</i>	<i>S. cf. geopperti</i>	1
		<i>S. metzgerioides</i>	1
Equisetales	<i>Coniopteris</i>	<i>C. arguta</i>	1
	<i>Equisetites</i>	<i>E. sp.</i>	1
Coniferales	<i>Podozamites</i>	<i>P. sp.</i>	1
<i>Incertae sedis</i>	<i>Mexiglossa</i>	<i>M. varia</i>	1
Indeterminados			15

La localidad **B** de Barranca de la Mina es menos rica y menos abundante que la localidad **A**. Al igual que en la localidad **A** el orden de las Bennettitales es el más representativo con tres géneros *Zamites* que con cuatro especies es el género más abundante *Zamites feneonis*, *Z. lucerensis*, *Z. oaxacensis* y *Z. tribulosus*. Seguido de *Ptilophyllum* representado por *P. acutifolium* y *Otozamites*, representado por una única especie *Otozamites hespera* con ocho ejemplares (Tabla 4). Se tienen un total de tres ejemplares indeterminados debido al tipo de roca en la que se encuentran depositados.

El total de ejemplares analizados para esta localidad fue de 33, repartidos en ocho especies (Tabla 4).

Tabla 4. Relación riqueza-abundancia de la localidad B de Barranca de la Mina.

ORDEN O CATEGORIA	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA
Bennettitales	<i>Otozamites</i>	<i>O. hespera</i>	8
		<i>Z. lucerensis</i>	8
		<i>Z. feneonis</i>	5
	<i>Zamites</i>	<i>Z. tribulosus</i>	3
		<i>Z. oaxacensis</i>	2
		<i>Zamites sp.</i>	1
Coniferales	<i>Ptilophyllum</i>	<i>P. acutifolium</i>	1
	<i>Brachyphyllum</i>	<i>B. sp.</i>	2
Indeterminados			3

La localidad Peña Colorada (PC) esta mayormente representada por el orden de las Bennettitales, con cinco géneros *Otozamites*, *Zamites*, *Ptilophyllum*, *Pterophyllum* y *Williamsonia*. *Zamites* es el más abundante con cuatro especies *Zamites lucerensis*, *Z. feneonis*, *Z. oaxacensis* y *Z. tribulosus* (Tabla 5).

Los géneros *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Pterophyllum* y *Williamsonia* están representados por una especie cada uno, siendo la más abundante de todas *Otozamites hespera* con 42 ejemplares (Tabla 5).

Dentro del orden de los filicales se encuentra el género *Gonatosorus* con una sola especie *Gonatosorus nathorstii* Raciborski, sin embargo es la más abundante con siete ejemplares. *Cladophlebis* (Brongniart) *sp. cf. denticulata* (Brongniart) está representada por cuatro ejemplares y *Coniopteris arguta* Lindley y Hutton con dos representantes y un solo ejemplar de este orden no fue identificado (Tabla 5).

El orden de las coniferales se encuentra representado por el género *Elatocladus* Halle con tres ejemplares y el género *Pelourdea* Seward con un ejemplar. *Mexiglossa varia* se encuentra en posición incierta y está representada por cuatro ejemplares. También se

cuenta con la presencia de 10 ejemplares indeterminados debido a que no se distinguen los caracteres taxonómicos para asignarles algún género.

La diversidad total de esta localidad está dada por 15 especies que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Relación riqueza-abundancia de la localidad Peña Colorada.

ORDEN O CATEGORIA	GÉNERO	ESPECIE	ABUNDANCIA	
Bennettitales	<i>Otozamites</i>	<i>O. hespera</i>	42	
		<i>Z. oaxacensis</i>	4	
		<i>Z. feneonis</i>	3	
	<i>Zamites</i>	<i>Z. sp.</i>	2	
		<i>Z. lucerensis</i>	1	
		<i>Z. tribulosus</i>	1	
		<i>Ptilophyllum</i>	<i>P. acutifolium</i>	3
	<i>Incertae sedis</i>	<i>Pterophyllum</i>	<i>P. nathorsti</i>	1
		<i>Williamsonia</i>	<i>W. netzahualcoyotlii</i>	2
		<i>Mexiglossa</i>	<i>M. varia</i>	4
Coniferales	<i>Elatocladus</i>	<i>E. sp.</i>	3	
	<i>Pelourdea</i>	<i>P. sp.</i>	1	
Filicales	<i>Gonatosorus</i>	<i>G. nathorstii</i>	7	
	<i>Cladophlebis</i>	<i>C. sp. cf. denticulata</i>	4	
	<i>Coniopteris</i>	<i>C. arguta</i>	2	
Indeterminados			12	

La flora jurásica de la región de Tecamatlán ha sido mencionada con anterioridad en algunas publicaciones por Silva-Pineda (1969), Delevoryas (1982) y Velasco de León (1990), ver Tabla 6. Es hasta el inicio del presente estudio cuando se realiza un control stratigráfico de los ejemplares y se incrementa la diversidad reportada con anterioridad para esta zona con 10 géneros y 11 especies, así como la presencia de dos Morfotaxa (Tablas 3, 4, y 5).

Estudio tafonómico de gimnospermas fósiles del Jurásico Medio, en la localidad Barranca de la Mina y Jurásico Inferior en la localidad Peña Colorada.

Tabla 6. Relación de especies reportadas por Silva-Pineda (1969), Delevoryas (1978), Velasco de León (1990) y los reportes del presente trabajo (Guerrero-Arévalo, 2014).

Número	Especie	Silva-Pineda (1969)	Delevoryas (1982)	Velasco de León (1990)	Guerrero-Arévalo (2014)
1	<i>Equisetites sp. cf. E. ferganensis</i>	X			
2	<i>Equisetites sp.</i>				X
3	<i>Cladophlebis denticulata</i>	X			X
4	<i>Alethopteris branneri</i>	X			
5	<i>Sagenopteris goeppertiana</i>	X			
6	<i>Taeniopteris orovillensis</i>	X			
7	<i>Coniopteris weberi</i>		X		
8	<i>C. arguta</i>				X
9	<i>Sphenopteris metzgerioides</i>				X
10	<i>S. goepperti</i>				X
11	<i>Morfoespecie 5</i>				X
12	<i>Morfoespecie 9</i>				X
13	<i>Gonatosorus nathorstii</i>				X
14	<i>Nilssonia pterophylloides</i>	X			
15	<i>Ptilophyllum cutchense</i>	X			X
16	<i>P. acutifolium</i>	X			X
17	<i>P. pulcherrimum</i>	X			X
18	<i>Zamites feneonis</i>	X			X
19	<i>Z. truncatus</i>	X			
20	<i>Z. tribulosus</i>				X
21	<i>Z. lucerensis</i>	X			X
22	<i>Z. oaxacensis</i>				X
23	<i>Z. sp.</i>				X
24	<i>Otozamites hespera</i>	X			X
25	<i>O. obtusus</i>	X			
26	<i>Pterophyllum nathorsti</i>	X			X
27	<i>Yuccites sp. cf. Y. schimperianus</i>	X			
28	<i>Williamsonia</i>			X	X

Estudio tafonómico de gimnospermas fósiles del Jurásico Medio, en la localidad Barranca de la Mina y Jurásico Inferior en la localidad Peña Colorada.

	<i>netzahualcoyotlii</i>				
29	<i>W. oaxacensis</i>			X	
30	<i>Mexiglossa varia</i>			X	X
31	<i>Pelourdea sp.</i>				X
32	<i>Brachyphyllum sp.</i>				X
33	<i>Podozamites sp.</i>				X
34	<i>Elatocladus sp.</i>				X
	TOTAL	16	1	3	24

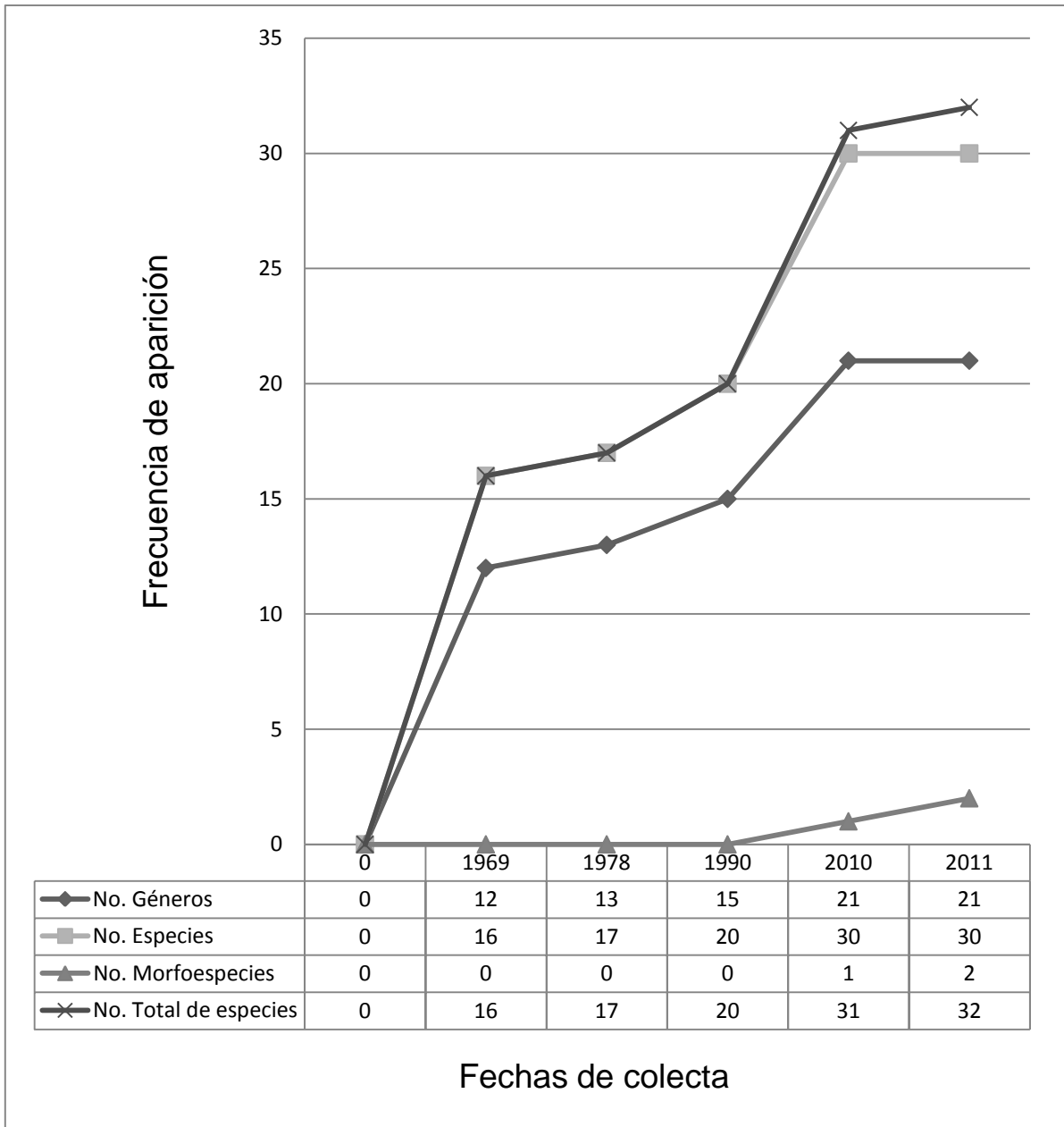
Los nuevos registros, marcan un notable incremento en la riqueza de Tecamatlán, con anterioridad se tenían 20 especies reportadas, en el presente estudio el listado taxonomico se incrementó con 14 especies más.

El establecimiento de Filicales y Equisetales (nuevos registros), sugiere que a lo largo de un año existían periodos con mayor humedad en el ambiente, como lo mencionan Van Konijnenburg-Van Cittert (2002), *Gonatosorus nathorstii* se encontró en estado fértil (con soros) lo que indica que el ambiente favoreció a este grupo para su establecimiento.

Un orden que llama la atención en la muestra total es el de las coníferas (localidad **A**, **B** y **PC**), nuevos registros, el grupo está representado en el registro fósil por *Brachyphyllum sp.*, *Pelourdea sp.*, *Podozamites sp.* y *Elatocladus sp.*, si bien *Brachyphyllum* y *Podozamites* han sido descritos para ambientes cálidos y secos (Macleod and Hills, 1991; Watson y Alvin, 1996) se puede concebir que en la asociación fósil se encuentren mezclados Filicales, Equisetales y Coniferales, una causa probable es porque las coníferas son plantas perenes, es decir, que a lo largo de las estaciones cambian de follaje en menor cantidad que la vegetación caducifolia y por está razón se encuentran menos representadas en la muestra total, tal mezcla de helechos, Equisetales y Coniferales sugiere además, que las coníferas fueron transportadas a la zona de depósito convirtiéndose en parte de la asociación parautóctona, de acuerdo con la Tabla 1 de atributos tafonómicos y a la baja abundancia de éste grupo en la muestra total (Tabla 3, 4, 5).

La presencia de estructuras reproductoras sugieren que la comunidad de Bennettitales habían alcanzado su madurez sexual, *Williamsonia netzahualcoyotlii* sugiere que las localidades **A** y **PC**, eran comunidades estables en donde las condiciones ambientales favorecieron su desarrollo.

Gráfica 1. Se observa el incremento de la riqueza de la zona de estudio conforme las colectas aumentan, también se puede observar que la curva aun no alcanza la asíntota, lo que sugiere que las localidades tienen potencial para ser estudiadas posteriormente.



A lo largo de la columna estratigráfica se presentan cambios en la litología, que a su vez indican cambios de energía a través del tiempo, los procesos de fosilización están directamente influenciados por el tipo de sedimento en que se depositó la materia orgánica, ésta es una de las principales causas por las que la riqueza es distinta en ambas localidades, siendo la localidad **A** la más abundante y rica, con respecto a **B** y a **PC**, es importante mencionar que **PC** es un afloramiento con un espesor máximo de 45 cm y que ésta medida influyó directamente los muestreos realizados en la zona. Sin embargo, existe otro factor como el transporte del material vegetal a la zona de depósito, no menos importante, que determinará la alta abundancia y riqueza de la localidad **A** y que se pueden explicar mediante atributos tafonómicos asignados a cada fósil de acuerdo a Mancuso y Marsicano (2008) (ver Tabla 6).

7.2 TAFONOMÍA

7.2.1 Atributos tafonómicos.

Se asignaron atributos tafonómicos de acuerdo con Mancuso y Marsicano (2008) a 377 ejemplares fósiles de las localidades Barranca de la Mina (**A** y **B**) y Peña Colorada (**PC**), en donde se incluyen hojas y pinnas sueltas, determinadas e indeterminadas. No se le asignaron atributos tafonómicos a estructuras reproductoras ni a impresiones o compresiones de corteza. En la tabla 6 se muestran los porcentajes de las combinaciones de los estados de carácter de cada atributo por localidad.

El grado de fragmentación (articulado o desarticulado) permite inferir si los elementos fósiles fueron o no transportados, si están articulados no ocurrió un transporte o la zona en donde se distribuían estaba muy cerca de la zona de depósito por el contrario si están desarticulados se sugiere que fueron transportados y que dicho transporte ocasionó su fragmentación. La orientación espacial indica una dirección en la corriente, cuando la orientación de los elementos fósiles es preferencial sugiere que una corriente los transportó a la zona de depósito, cuando la orientación es discordante nos indica que los elementos fósiles no sufrieron transporte. Por último los ángulos de las pinnas indican que las hojas de Bennettiales sufrieron o no modificación morfológica antes del transporte y

del enterramiento (Guerrero-Arévalo, 2012). Las combinaciones de la tabla 6 ayudarán a la propuesta de la distribución espacial de las asociaciones fósiles, así como a la reconstrucción del paisaje de cada localidad.

Tabla 6. Se muestra, en porcentaje, las combinaciones de los estados de carácter de los atributos tafonómicos por localidad. **3,0,1:** articulado, orientación preferencial y ángulo de pinnas desigual. **3,0,0:** articulado, orientación preferencial y ángulo de pinnas igual. **3,1,1:** articulado, orientación discordante y ángulo de pinnas desigual. **3,1,0:** articulado, orientación discordante y ángulo de pinnas igual. **3,0:** articulado, orientación preferencial. **3,1** articulado, orientación discordante. **2,0:** desarticulado pero asociado y orientación preferencial. **2,1:** desarticulado pero asociado y orientación discordante. **0,1:** aislado y disperso, orientación discordante. **0,0:** aislado y disperso, orientación preferencial. **1,0:** asociado y disperso, orientación preferencial. **1,1:** asociado y disperso, orientación discordante

COMBINACIÓN DE LOS ESTADOS DE CARACTER	LOCALIDAD		
	A	B	PC
3,0,1	14%	15%	26%
3,0,0	12%	20%	16%
3,1,1	3%	2.5%	2%
3,1,0	2%	10%	12%
3,0	9%	12.5%	10%
3,1	3%	7.5%	6%
2,0; 0,0; 1,0	39%	25%	22%
2,1; 0,1; 1,1	18%	7.5%	4%

7.2.2 Fósiles con diferentes ángulos de inserción de las pinnas al raquis en ambos lados de la hoja.

Se contabilizaron 75 hojas con diferencia de ángulos de inserción de las pinnas con respecto al raquis en ambos lados de la hoja, que representan el 37.5 % de las colectadas para la zona de estudio. La localidad **A** (Barranca de la Mina) es la que presenta el mayor número de hojas con dicha característica, en la tabla 7 se observan las especies compartidas en las localidades y el número de hojas que presentan diferencia de ángulos de inserción con respecto al raquis.

Tabla 7. Frondas de Bennettitales que presentan pinnas con diferentes ángulos de inserción al raquis en ambos lados de la hoja.

HOJAS CON ÁNGULOS DE INSERCIÓN DE LAS PINNAS CON RESPECTO AL RAQUIS DIFERENTES EN AMBOS LADOS			
ESPECIE	LOCALIDAD A	LOCALIDAD B	PEÑA COLORADA
<i>Otozamites hespera</i>	33	0	23
<i>Ptilophyllum cutchense</i>	2	0	0
<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	2	0	0
<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	1	0	1
<i>Ptilophyllum sp</i>	1	0	0
<i>Pterophyllum nahorsti</i>	0	0	1
<i>Zamites feneonis</i>	3	0	0
<i>Zamites tribulosus</i>	1	1	0
<i>Zamites sp.</i>	0	2	0
Indeterminados	2	1	1
TOTAL	45	4	26

En la tabla 8 se pueden observar los rangos de diferencia de ángulos de inserción de las pinnas con respecto al raquis en ambos lados de la hoja, en esta tabla sólo se incluyen aquellas especies que están representadas por más de dos ejemplares como se puede observar en la tabla anterior, se tiene un valor mínimo y un máximo y en promedio se da el cambio en los ángulos de inserción de las pinnas con respecto al raquis, por ejemplo *Otozamites hespera* en la localidad A presentó ángulos de inserción de las pinnas al raquis de 10° hasta 55° en promedio los ángulos cambiaron 20°.

Tabla 8. Se muestran para cada localidad y para cada especie la diferencia en ambos lados de la hoja de los ángulos de las pinnas con respecto al raquis, mínimos y máximos (primera columna) así como cambio en promedio de estos (segunda columna y en negritas).

RANGOS DE LOS ÁNGULOS DE INSERCIÓN DE LAS PINNAS CON RESPECTO AL RAQUIS						
ESPECIE	LOCALIDAD A		LOCALIDAD B		PEÑA COLORADA	
<i>Otozamites hespera</i>	10° a 55°	20°	X	X	20° a 55°	12°
<i>Ptilophyllum cutchense</i>	11° a 40°	24°	X	X	X	X
<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	12° a 48°	30°	X	X	X	X
<i>Zamites feneonis</i>	5° a 30°	13°	X	X	X	X
<i>Zamites sp.</i>	X	X	5° a 40°	22.5°	X	X
Indeterminados	15° a 45°	12°	X		X	X

La siguiente tabla muestra aquellas especies que están representadas por un solo ejemplar con diferentes ángulos de inserción de las pinnas con respecto al raquis en ambos lados de la hoja.

Tabla 9. Especies representadas por un solo ejemplar con diferentes ángulos de inserción de las pinnas al raquis en ambos lados de la hoja.

ÁNGULOS DE INSERCIÓN DE LAS PINNAS AL RAQUIS			
ESPECIE	LOCALIDAD A	LOCALIDAD B	PEÑA COLORADA
<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	9° a 36°	X	29° a 34°
<i>Ptilophyllum sp.</i>	0° a 33°	X	X
<i>Zamites feneonis</i>	X	33° a 40°	X
<i>Zamites tribulosus</i>	35° a 45°	25° a 30°	X
Indeterminados	X	30° a 40°	35° a 50°

La literatura marca como un carácter taxonómico la medida del ángulo de inserción de las pinnas al raquis en las hojas de Bennettiales (Silva-Pineda, 1969, 1978, 1984), para *Otozamites hespera* Silva-Pineda (1969, 1984) menciona que las pinnas se insertan al raquis formando ángulos de 50° a 70° y se cierran hacia el ápice de la hoja, en la tabla 8 se puede observar que el rango de los ángulos de inserción de las pinnas al raquis de las dos localidades estudiadas esta fuera del rango marcado en la literatura, además se observó que algunas hojas de está misma especie en Silva-Pineda (1969, 1984) presentan una curvatura que hace que los ángulos de inserción de las pinnas al raquis sean diferentes en ambos lados de la fronda. Algo similar sucede con *Ptilophyllum cutchense* pues en la literatura se menciona que las pinnas se insertan al raquis formando ángulos de 65° a 75° y en los resultados de la tabla 8 el rango en el que se mueven los ángulos de inserción de las pinnas al raquis es de 11° a 40° quedando muy por de bajo del rango en la literatura (Silva-Pineda, 1969, 1984), al igual que el caso anterior, se observan imágenes de hojas en la literatura que presentan una curvatura que provoca que los ángulos sean más abiertos. *Ptilophyllum acutifolium* presenta ángulos de inserción de las pinnas al raquis de 50° a 70° en la literatura (Silva-Pineda, 1984), en la tabla 9 el rango de dichos ángulos está por debajo del valor mencionado en la literatura consultada y también hay imágenes en donde se observan las hojas modificadas por una curvatura en el raquis. Las pinnas de

Zamites feneonis forman ángulos de inserción de 70° a 80° con respecto al raquis (Silva-Pineda) y en la tablas 8 y 9 el rango va de 5° hasta 40° en este caso no se observaron imágenes en la literatura consultada que mostraran una curvatura en la morfología de las hojas, probablemente esto explique que los ángulos de inserción de las pinnas al raquis en la literatura y en las mediciones del presente trabajo sean tan diferentes. *Zamites tribulosus* forma ángulos de inserción de las pinnas al raquis de 90° como lo describe Silva-Pineda (1984) en la tabla 9 este rango es inferior y no se observa en las imágenes de la literatura la curvatura del raquis que es la probable causa de que las medidas en los ángulos de inserción de las pinnas al raquis sea tan diferente para los casos antes mencionados.

7.2.3 Simulación de las condiciones de depósito.

Antes de colocar las hojas de cícada en el Río Magdalena para llevar a cabo esta simulación se tomaron medidas morfológicas de cada hoja, además se registraron algunas observaciones como tipo de ápice de las pinnas, tipo de margen, tipo de inserción de las pinnas al raquis, etc.

Tabla 10. Medidas de las hojas de cícadas antes de la simulación de las condiciones de depósito. **H:** Hoja, **Long:** longitud, **PI:** Pinna Impar; **PRA:** Pinnas de la Región Apical; **PRM:** Pinnas de la Región Media; **PRB:** Pinnas de la Región Basal. Las medidas están dadas en centímetros, primero se da la longitud y en seguida el ancho.

MEDIDAS DE LAS HOJAS (cm)								
H	Long.	PI	PRA	PRM	PRB	Ángulo de las pinnas	Total de pinnas	Observaciones
A	74	1.6 x 0.1	2.5-16.1 x 0.3	12.4-16.1 x 0.4	1-11.8 x 0.4	Base 40° Media 60° Ápice 65°	114-114, 1	Ápice agudo, pinnas subopuestas, margen entero con vena media. Se unen como <i>Pterophyllum</i> .
B	72.5	X	1.8-17.4 x 0.3	14.1-15.9 x 0.4	1.3-12.3 x 0.4	Base 40° Media 63° Ápice 65°	108-107	

En la tabla 11 se observan los resultados obtenidos de la simulación de las condiciones de depósito que se llevó a cabo en el Río Magdalena. Las medidas de los ángulos de las pinnas con respecto al raquis para cada hoja en la parte basal (a 8 cm de la base), media (a 36 cm de la base) y apical (a 65 cm de la base), además de algunas observaciones para cada sitio durante cuatro semanas.

En la tabla 12 se observa el cambio en grados de los ángulos de inserción de las pinnas al raquis en ambos lados de la hoja, en la parte basal, media y apical, este cambio se obtuvo mediante la resta de la semana 1 con cada una de las siguientes semanas, también se muestra los grados totales de cambio al término de la simulación. Para la semana cuatro en el Sitio 2 ya no se encontró la hoja de cícada y es por eso que no se tiene más registro del sitio. El registro fotográfico de esta simulación puede ser consultado en el apéndice 4.

Tabla 11. Datos obtenidos durante el experimento tafonómico en el Río Magdalena. **I:** lado izquierdo, **D:** lado derecho

SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES DE DEPOSITO								
SEMANA	SITIO	ÁNGULO A 8 cm DE LA BASE		ÁNGULO A 36 cm DE LA BASE		ÁNGULO A 65 cm DE LA BASE		OBSERVACIONES
		I	D	I	D	I	D	
1	1	45°	43°	60°	55°	60°	70°	Presenta poco sedimento, el ápice de la hoja está sumergido más que el resto de ella, el sedimento esta de la región media hacia el ápice de la hoja.
	2	45°	45°	63°	60°	60°	60°	Estaca zafada, hoja pegada a la orilla del rio, una pinna de la base rota pero no desprendida.
2	1	45°	48°	56°	60°	60°	68°	A 43 cm de la base y hacia el ápice hay sedimento fino, las pinnas están falcadas hacia adentro
	2	44°	46°	63°	56°	63°	61°	Con la cara adaxial en posición anormal, sin sedimento
3	1	43°	46°	56°	54°	65°	65°	Pinnas de la base (lado derecho) se vuelven color café, toda la hoja con manchas amarillas. El lado izquierdo de la hoja tiene crisalidas. Sedimento sólo en el ápice de la hoja.
	2	44°	46°	63°	56°	63°	61°	La hoja se encontró con la cara adaxial en posición anormal. Sin sedimento.
4	1	44°	44°	56°	58°	58°	63°	Hoja con bastante sedimento, sin señales de putrefacción, con algunas crisálidas en la base de la hoja.

Tabla 12. Se presenta el cambio en grados de los ángulos de inserción de las pinnas al raquis en ambos lados de la hoja. **I:** lado izquierdo, **D:** lado derecho. **°FI:** Grados finales.

SEMANA	SITIO	Parte basal		Parte media		Parte apical	
		I	D	I	D	I	D
2	1	0°	5°	4°	5°	0°	2°
	2	1°	1°	0°	4°	3°	1°
3	1	2°	3°	4°	1°	5°	5°
	2	1°	1°	0°	4°	3°	1°
4	1	1°	1°	4°	3°	2°	7°
	2	X	X	X	X	X	X
°FI	1	1°	4°	0°	4°	3°	6°
	2	0°	0°	0°	0°	0°	0°

El cambio de los ángulos de inserción de las pinnas al raquis en ambos lados de la hoja para la simulación de las condiciones de depósito es mínimo comparado con las medidas que se registraron de los elementos fósiles de las tablas 8 y 9, en donde los cambios alcanzan hasta 33°, mientras que en esta simulación el cambio máximo de los ángulos de inserción de las pinnas al raquis durante cuatro semanas es de apenas 6°.

7.2.4 Simulación de las condiciones de desecación.

Se observó el comportamiento de una hoja de cícada, con morfología similar a la de los fósiles, expuesta a los rayos del sol. Los resultados de este experimento muestran que el ángulo de inserción de las pinnas al raquis en ambos lados de la hoja presentó un cambio mayor comparado con las hojas de cícada sumergidas en agua. En la tabla 13 se muestran las medidas de la hoja tomadas desde el primer día después de desprenderla de la planta.

Esta simulación tuvo una duración de 40 días, en los que se registraron medidas de los ángulos de las pinnas con respecto al raquis en ambos lados de la hoja, en cinco ocasiones que son descritas con detalle en la tabla 14. Además de las medidas se cuenta también con el registro fotográfico correspondiente (Apéndice 3).

Tabla 13. Medidas de la cícada (cm) expuesta a los rayos del sol. **PI:** Pinna impar. **PRA:** Pinnas de la región apical. **PRM:** Pinnas de la región media. **PRB:** Pinnas de la región basal.

MEDIDAS DE LA HOJA DE CÍCADA	
LONGITUD TOTAL	73.5
PI	1.3
PRA	2.2-12.8
PRM	13.2-16.6
PRB	16.4-4.1
ÁNGULO PINNAS A 8 cm	I: 38° D: 45°
ÁNGULO PINNAS A 36 cm	I: 65° D: 58°
ÁNGULO PINNAS A 56 cm	I: 70° D: 72°
OBSERVACIONES	Las pinnas se unen al raquis como en el género <i>Pterophyllum</i> , pinnas con margen entero, con vena media, falcadas, subopuestas, con una pinna impar en el ápice de la hoja. Las pinnas de la región media y hasta la parte apical de la hoja se encuentran encimadas.

Tabla 14. Medidas de los ángulos durante 40 días. **I:** lado izquierdo de la hoja. **D:** lado derecho de la hoja. **°FI:** grados finales.

ÁNGULOS DE LAS PINNAS DURANTE LA SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES DE DESECACIÓN							
DÍA	ÁNGULO a 8 cm		ÁNGULO a 36 cm		ÁNGULO a 65 cm		OBSERVACIONES
	I	D	I	D	I	D	
5	40°	44°	69°	59°	75°	76°	Las pinnas de ambos lados de la base de la hoja comenzaron a secarse.
6	45°	37°	70°	63°	71°	80°	El 75% de las pinnas están comenzando a secarse presentan tonalidades verde-amarillo opaco. Las pinnas del lado derecho se están moviendo en sentido de las manecillas del reloj.
8	47°	45°	72°	66°	73°	85°	Un 95% de las pinnas están secas
10	51°	45°	72°	70°	73°	85°	El 100% de la hoja está seca. Tono verde opaco.
40	42°	31°	62°	70°	84°	86°	La hoja es de color amarillo. A simple vista se nota que ambos lados de la hoja tienen ángulos diferentes. El raquis es de color café. A pesar de manipular la hoja las pinnas se muestran resistentes y no se desprenden.
° FI	2	11	7	11	9	10	

En la tabla 15 se puede observar el cambio en grados de los ángulos de las pinnas con respecto al raquis en ambos lados de la hoja para la simulación de las condiciones de

deseccación. Estos grados se obtuvieron a partir de la resta del ángulo del día 1 con respecto al ángulo obtenido los días siguientes en ambos lados de la hoja.

Tabla 15. Se presenta el cambio en grados de los ángulos de inserción de las pinnas al raquis en ambos lados de la hoja. **I:** lado izquierdo, **D:** lado derecho.

CAMBIO EN GRADOS DE LOS ÁNGULOS DE LAS PINNAS CON RESPECTO AL RAQUIS DURANTE LA SIMULACIÓN DE LAS CONDICIONES DE DESECACIÓN						
DÍAS	Parte basal		Parte media		Parte apical	
	I	D	I	D	I	D
5	2°	1°	4°	1°	5°	4°
6	7°	8°	5°	5°	1°	8°
8	9°	0°	7°	8°	3°	13°
10	13°	0°	7°	12°	3°	13°
40	4°	14°	3°	12°	14°	14°

Los resultados de esta simulación se asemejan a la morfología de los ejemplares fósiles pues luego de ocho días de exposición al sol la hoja de cícada comenzó a curvarse en contra del sentido de las manecillas del reloj (ver Apéndice 3), la morfología resultante también es muy similar a las imágenes observadas en la literatura de Silva-Pineda (1969, 1984), a los 40 días el ángulo de inserción de las pinnas al raquis alcanzó un máximo cambio de 11°, esto representa aproximadamente la mitad del cambio registrado en los fósiles (ver Tablas 8 y 9), sin embargo esta simulación sugiere que las hojas fósiles sufrieron modificación morfológica después de ser desprendidas de la planta antes del transporte y enterramiento.

7.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS COMUNIDADES VEGETALES Y RECONSTRUCCIÓN DEL PAISAJE.

A lo largo de la columna estratigráfica de la localidad Barranca de la Mina se presenta diferente ocurrencia de los elementos fósiles además de cambios litológicos que a su vez indican variaciones de energía a través del tiempo. Iniciando, cerca de la base de la columna, con un ambiente de condiciones variables de baja energía asociadas a una corriente fluvial (**A**) (Hernández y Rodríguez, 2012), en donde se propiciaron condiciones óptimas para el establecimiento de la vegetación dominante perteneciente al grupo de las

Bennettiales, además de vegetación estacional como helechos y equisetales que están relacionados con cuerpos de agua tanto para su reproducción como para su desarrollo (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002 y Wang, 2002), éste ambiente fue evolucionando a uno con mayor energía (**B**), con la presencia de la facies **F3** (arenisca), el transporte de sedimentos era relativamente continuo, creando barras longitudinales que contribuyeron a la migración del cauce, provocando la presencia de canales, los que posteriormente estuvieron asociados a lagos que evolucionaron a pantanos relacionados con el río meándrico. En el caso de la localidad **A**, los elementos fósiles se depositaron en lutita, a diferencia de **B** en donde se depositaron en arenisca fina a media. El caso de **PC** es muy similar a **A**, pues aquí los fósiles se encuentran depositados en lutita, debido al espesor del estrato se desconoce qué sucedió después.

Ferguson (1985), Spicer (1981,1989) y Greenwood (1987), indican que las asociaciones de macrofósiles de plantas varían según la distancia entre las plantas que proveen el material orgánico y la zona en donde se depositarán y litificarán, la reconstrucción de la distribución espacial de la flora que se desarrolló en la zona de depósito de ambas localidades se puede inferir mediante la asignación de atributos tafonómicos a cada ejemplar fósil (ver combinaciones en Material y Método, 6.4.1). En base a las combinaciones obtenidas de atributos tafonómicos (Tabla 6) se tiene para la localidad **A**, que el 14% de los ejemplares (3,0,1), es decir, formaron parte de la asociación parautoctona que se distribuía en los márgenes de la llanura de inundación, de acuerdo con Ferguson (1985), Greenwood (1991), Gastaldo *et al* (1996), Mancuso y Marsicano (2008) y Mancuso (2009) y sufrieron modificación en los ángulos de inserción de las pinas al raquis por desecación antes del transporte y enterramiento (Guerrero-Arévalo, 2012). El 12% representa a la combinación (3,0,0), que sugiere que los elementos fósiles formaron parte de la asociación parautóctona, pues a pesar de estar articulados presentan una orientación espacial preferencial que indica que existió una corriente de transporte hacia la zona de depósito y además no sufrieron modificación morfológica antes del transporte y enterramiento (Guerrero-Arévalo, 2012). En un 3% se incluyen a los ejemplares (3,1,1), lo que indica que pertenecen a la asociación autóctona, un aspecto importante en esta

combinación de atributos tafonómicos es que la orientación espacial es discordante lo que sugiere que esta comunidad era la que circundaba a la zona de depósito, pues no presentan indicios de transporte o presencia de corriente fluvial, además de que sufrieron modificación en su morfología antes del enterramiento (Guerrero-Arévalo, 2012). El 2% de los fósiles muestra una combinación (3,1,0), esto sugiere que también pertenecen a la asociación autóctona que rodeaba los cuerpos de agua y que además no sufrieron modificación morfológica antes del enterramiento (Guerrero-Arévalo, 2012). El 9% de los ejemplares están en la combinación (3,0), indicando que se trata de ejemplares parautóctonos que sufrieron un ligero transporte, el atributo de la orientación de los ángulos de inserción de las pinnas al raquis no se asignó en este caso porque en las hojas solo era visible la mitad de la misma y no se pudo hacer la comparación de los ángulos de inserción; 3% de los ejemplares fósiles están dentro de esta combinación (3, 1), lo que indica que formaron parte de la comunidad circundante a la zona de depósito. De acuerdo a los atributos tafonómicos asignados se propone la existencia de tres asociaciones vegetales, la **asociación autóctona** de la localidad **A** se distribuía dentro de la llanura de inundación o muy cerca de los cuerpos de agua como ríos y pantanos, según los atributos tafonómicos estaba formada por *Otozamites hespera*, *Zamites feneonis*, *Z. lucerensis* y *Ptilophyllum acutifolium*; *Coniopteris arguta*, *Sphenopteris goepperti*, *S. metzgerioides*, Morfoespecie 5 y Morfoespecie 9 además de Equisetites que se encuentran en esta comunidad de acuerdo a sus necesidades ecológicas (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002 y Wang, 2002). La **asociación parautoctona** estaba representada por *Otozamites hespera*, *Zamites feneonis*, *Z. tribulosus*, *Z. lucerensis*, *Z. sp.* *Ptilophyllum acutifolium*, *P. cutchense*, *P. pucherrii*, *P. sp.* *Pterophyllum nathorsti* y un grupo de indeterminados, se sugiere que esta comunidad se distribuyó en la zona marginal de la llanura de inundación.

Las siguientes combinaciones están compuestas por dos atributos tafonómicos ya que se trata de ejemplares desarticulados a los que no se pueden comparar los ángulos de inserción de las pinnas al raquis. Los atributos que se les asignaron son: articulación o degradación (0, 1 ó 2) y orientación espacial (0, 1). El 39% de los ejemplares se encuentran en las combinaciones (0,0 ó 1,0 ó 2,0), lo que les da un carácter de **alóctonos**, se sugiere

que fueron transportados por una corriente fluvial hacia la zona de depósito, esto se apoya en el registro de 34 pinas pertenecientes al género *Zamites* Brongniart, recordemos que este género se une al raquis por una callosidad estrecha en la base de la pina (Silva-Pineda, 1969, 1978 1984. Figura 1), lo que favorece al desprendimiento de la misma, dentro de este grupo se encuentran las especies *Zamites feneonis*, *Z. lucerensis*, *Z. tribulosus*, *Z. oaxacensis*, *Z. sp.*, *Mexiglossa varia* y un grupo de indeterminados. 18 % representa a elementos (0,1 ó 1,1 ó 2,1), es decir que pertenecieron a la **asociación alóctona** pero que a diferencia de los elementos que anteriormente se mencionaron, se sugiere que estos fueron transportados por el viento, este tipo de transporte se ha sugerido para partes delicadas de las plantas, como las delgadas hojas de los pinos o algunas semillas que presentan estructuras de vuelo, en el caso particular de las Bennettitales, en el género *Zamites* las pinas se unen al raquis por una delicada y estrecha callosidad, lo que las haría vulnerables ante los agentes ambientales como el viento y agua, también se menciona que la morfología de las hojas está directamente relacionada con el tipo y tiempo de transporte al que estará sometida, es decir que hojas delgadas y pequeñas tienden a viajar más por acción del viento dentro de su ambiente original que aquellas que son gruesas y pesadas, éstas encontrarían diversos obstáculos en su camino y tendrían menor posibilidad de llegar a la zona de depósito, los elementos fósiles de género *Zamites*, están incompletos, pero a pesar de eso, se estima que las pinas están por debajo de la categoría foliar M1 (ver Tabla 2), lo que apoya la idea de que su transporte fue por la acción del viento de acuerdo con Ferguson (1985) y Spicer (1991), a este grupo pertenecen las especies *Zamites feneonis*, *Z. oaxacensis*, *Z. lucerensis*, *Z. tribulosus*, *Podozamites sp.* y un grupo de indeterminados.

La localidad **B** está representada por 40 elementos fósiles a los que se le asignaron atributos tafonómicos, de acuerdo a las combinaciones resultantes (ver combinaciones en Material y Método, 6.4.1) se tiene que 15% de los ejemplares están dentro de la combinación (3,0,1), es decir que este grupo formó parte de la comunidad parautoctona, esto se ve reflejado en la orientación espacial preferencial que indica que fueron transportados por una corriente fluvial y que además los elementos foliares sufrieron

modificación por desecación antes del transporte y el enterramiento (Guerrero-Arévalo, 2012). 20% se incluye en la combinación (3,0,0), lo que sugiere que pertenecieron a la comunidad parautoctona. 10% corresponde a ejemplares que formaron parte de la comunidad autóctona, esto se sabe porque (3,1,0). Un 2.5% corresponde a elementos (3,1,1), lo que les da un carácter de autóctonos y con modificación antes del enterramiento por desecación de acuerdo con Guerrero-Arévalo (2012). Los siguientes elementos solo presentan dos atributos tafonómicos debido a que sólo se muestra un lado de las hojas y no se puede hacer la comparación de los ángulos de inserción de las pinnas al raquis, 7.5% están en la combinación (3,1), lo que le da un carácter de autóctono y 12.5% representa a los ejemplares incluidos en la combinación (3,0), lo que sugiere que pertenecen a la comunidad parautoctona.

Con base en lo anterior, se tienen tres comunidades, la **comunidad parautoctona** se distribuía en la zona periférica de la llanura de inundación y las especies que conformaron este grupo son *Otozamites hespera*, *Zamites feneonis*, *Z. tribulosus*, *Z. lucerensis*, *Zamites sp.*, *Ptilophyllum acutifolium* y un grupo de indeterminados. La **comunidad autóctona** era la que se encontraba dentro de la llanura de inundación o cercana a los cuerpos de agua como ríos o pantanos. Esta comunidad estaba compuesta por *Otozamites hespera*, *Zamites lucerensis*, *Zamites sp.* y un grupo de indeterminados.

De este punto en adelante sólo se asignaron dos atributos tafonómicos. El 25% de la muestra se encuentra (0,0 ó 1,0), lo que sugiere que estos ejemplares son alóctonos transportados por vía fluvial. Y un 7.5% representa a los elementos incluidos en la combinación (0,1 ó 2,1) que indica que son ejemplares alóctonos transportados por el viento (Ferguson, 1985 y Spicer, 1991). La **comunidad alóctona** se distribuía en las partes bajas de los cerros, sin embargo no se puede aseverar que fueron las únicas que poblaron ésta zona ya que al formar parte de la comunidad alóctona pudieron tener una asociación vegetal mayor o menor con otras especies y su área de distribución pudo ser diferente para cada una. Éstos elementos fueron transportados por la corriente fluvial y corresponden a *Zamites feneonis*, *Z. oaxacensis*, *Z. tribulosus*, *Z. lucerensis* y un grupo de

indeterminados. En esta localidad sólo se presenta una especie que sufrió transporte vía aérea, *Zamites oaxacensis*.

En la localidad Peña Colorada (**PC**) se asignaron a 96 ejemplares atributos tafonómicos y de acuerdo a las combinaciones (Tabla 6) se tiene lo siguiente. 16% son ejemplares incluidos en la combinación (3,0,0), 26% pertenece a elementos con la combinación (3,0,1), 10% corresponde a ejemplares con dos atributos tafonómicos incluidos en la combinación (3,0), todos los ejemplares antes mencionados pertenecen a la **comunidad parautoctona** debido a que tienen una orientación espacial preferencial que indica que una corriente fluvial los transportó a la zona de depósito. Las especies que conformaron esta comunidad son *Otozamites hespera*, *Zamites lucerensis*, *Z. sp.*, *Ptilophyllum acutiphodium*, *Pterophyllum nathorstii* y un grupo de indeterminados. 12% representa a ejemplares que esan en la combinación (3,1,0), 2% corresponde a ejemplares con la combinación (3,1,1) y un 6% incluye a elementos con la combinación (3,1), todos los elementos antes mencionados formaron parte de la **comunidad autóctona**, que se distribuía dentro de la llanura de inundación o cerca de pantanos. Dicha comunidad estaba conformada por *Otozamites hespera*, *Zamites sp.*, *Ptilophyllum acutifolium*, un grupo de indeterminados, *Gonatosorus nathorstii*, *Cladophlebis sp. cf. denticulata* y *Coniopteris arguta*.

En este punto se analizan aquellos elementos a los que solo se les asignaron dos atributos tafonómicos. 22% representa a ejemplares (0,0 ó 2,0), lo que sugiere que se trata de **elementos alóctonos** y que fueron transportados hacia la zona de depósito vía fluvial, dentro de esta comunidad se encuentran *Zamites feneonis*, *Z. oaxacensis*, *Z. tribulosus*, *Z. sp.*, *Mexiglossa varia*, *Pelourdea sp.* y un grupo de indeterminados. 4% corresponde a (0,1), lo que indica que estos elementos son aloctonos transportados vía aérea (Ferguson, 1985 y Spicer, 1991), en esta categoría se encuentran las especies *Zamites feneonis*, *Z. tribulosus* y un grupo de indeterminados.

Durante el Jurásico Medio los géneros más comunes fueron *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Pterophyllum*, *Anomozamites*, *Nilssoniopteris* y *Zamites*, todos ellos pertenecen al grupo

de las Bennettiales (Silva-Pineda, 1978), durante su existencia en la tierra fueron un grupo dominante y ampliamente distribuido, dicho en otras palabras era un grupo adaptado a diferentes tipos de ambientes, presentan una cutícula gruesa característica (Vakhrameev 1987), Barale y Calzada, (1985), Pais, (1974, 1998) y Valenzuela *et al.*, (1998) mencionan que el género *Otozamites* muestra caracteres xeromórficos, estas características pueden explicar el que diferentes asociaciones de fósiles (autóctonos, parautóctonos y alóctonos) presenten similar composición taxonómica.

En conjunto, la taxonomía, los atributos tafonómicos y la litología permiten proponer la siguiente reconstrucción del paisaje para las localidades Barranca de la Mina (**A** y **B**) y Peña Colorada (**PC**) (Figuras 10, 11 y 12).

La Figura 10 corresponde a la reconstrucción del paisaje de la localidad **A**, es decir, la parte basal de la columna estratigráfica y de la posible distribución de la flora de acuerdo a los atributos tafonómicos asignados, para observar con mayor detalle las plantas y su correspondencia con los géneros y atributos tafonómicos de cada ejemplar véase el Apéndice 5.

La Figura 11 muestra la reconstrucción del paisaje para la localidad **B**, esta localidad se encuentra hacia la cima de la columna estratigráfica, además se propone la posible distribución de la vegetación, ver Apéndice 5 para la correspondencia de géneros y atributos tafonómicos.

La Figura 12 corresponde a la reconstrucción del paisaje de la localidad Conglomerado Peña Colorada y la posible distribución de la flora en el ambiente de depósito. Ver Apéndice 5 para la correspondencia de género y atributos tafonómicos.

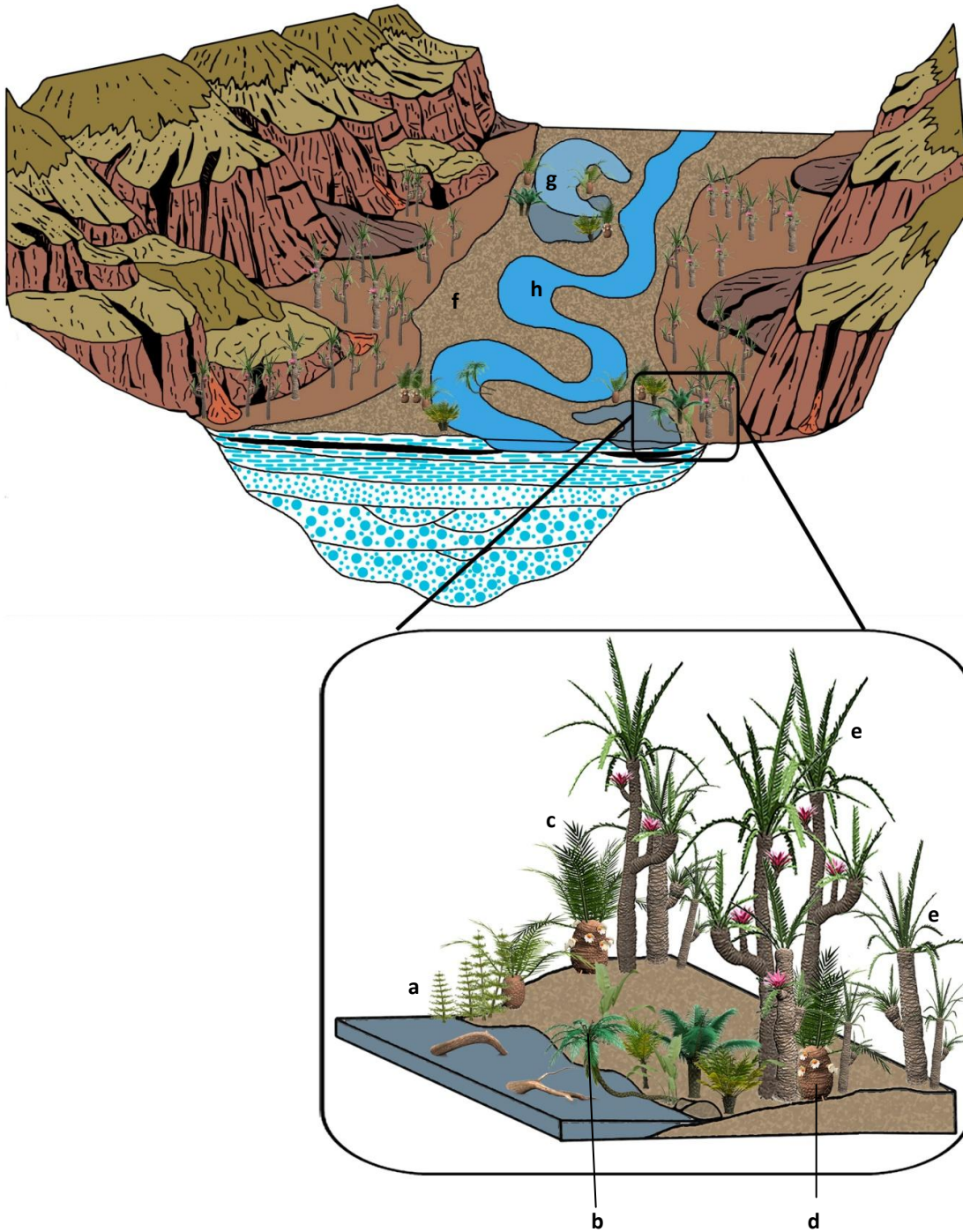


Fig. 10. Reconstrucción del paisaje y distribución de las asociaciones fósiles de la Localidad A, Barranca de la Mina. Esquema realizado a partir de la interpretación litológica de Hernández y Rodríguez (2012) así como la interpretación de los atributos tafonómicos asignados a cada elemento fósil. **a:** elementos autóctonos equisetales, **b:** elementos autóctonos filicales, **c:** elementos autóctonos Bennettitales, **d:** elementos parautóctonos Bennettitales, **e:** elementos aloctonos Bennettitales y Coniferales, **f:** Llanura de inundación, **g:** delta abandonado, **h:** Río meándrico.

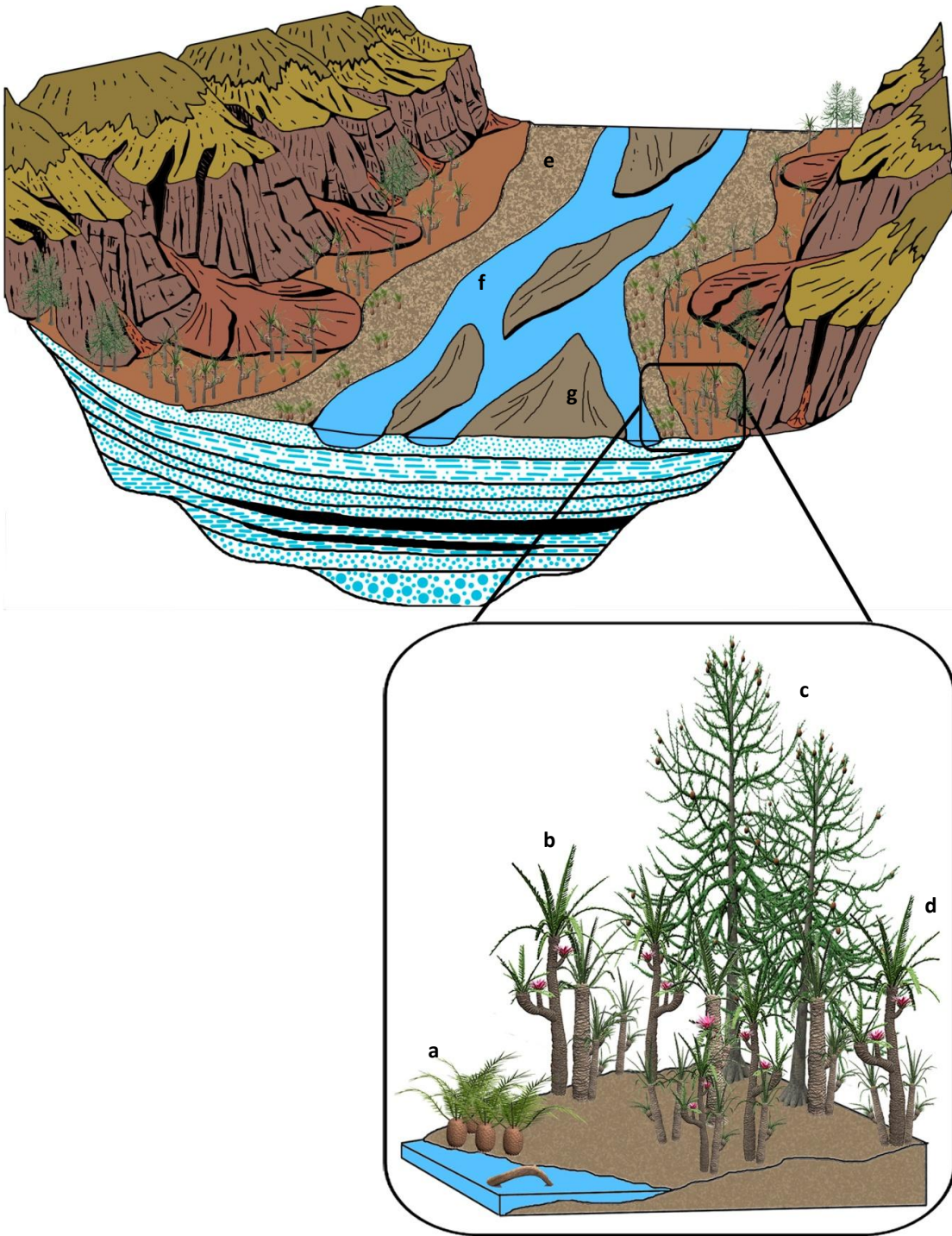


Fig. 11. Reconstrucción del paisaje y distribución de las asociaciones fósiles de la Localidad B, Barranca de la Mina. Esquema realizado a partir de la interpretación litológica de Hernández y Rodríguez (2012) así como la interpretación de los atributos tafonómicos asignados a cada elemento fósil. **a:** elementos autóctonos Bennettitales, **b:** elementos paraúctonos Bennettitales, **c:** elementos alóctonos Coniferales, **d:** elementos alóctonos Bennettitales, **e:** Llanura de inundación, **f:** Sistema de barras de punta, **g:** Barreras.

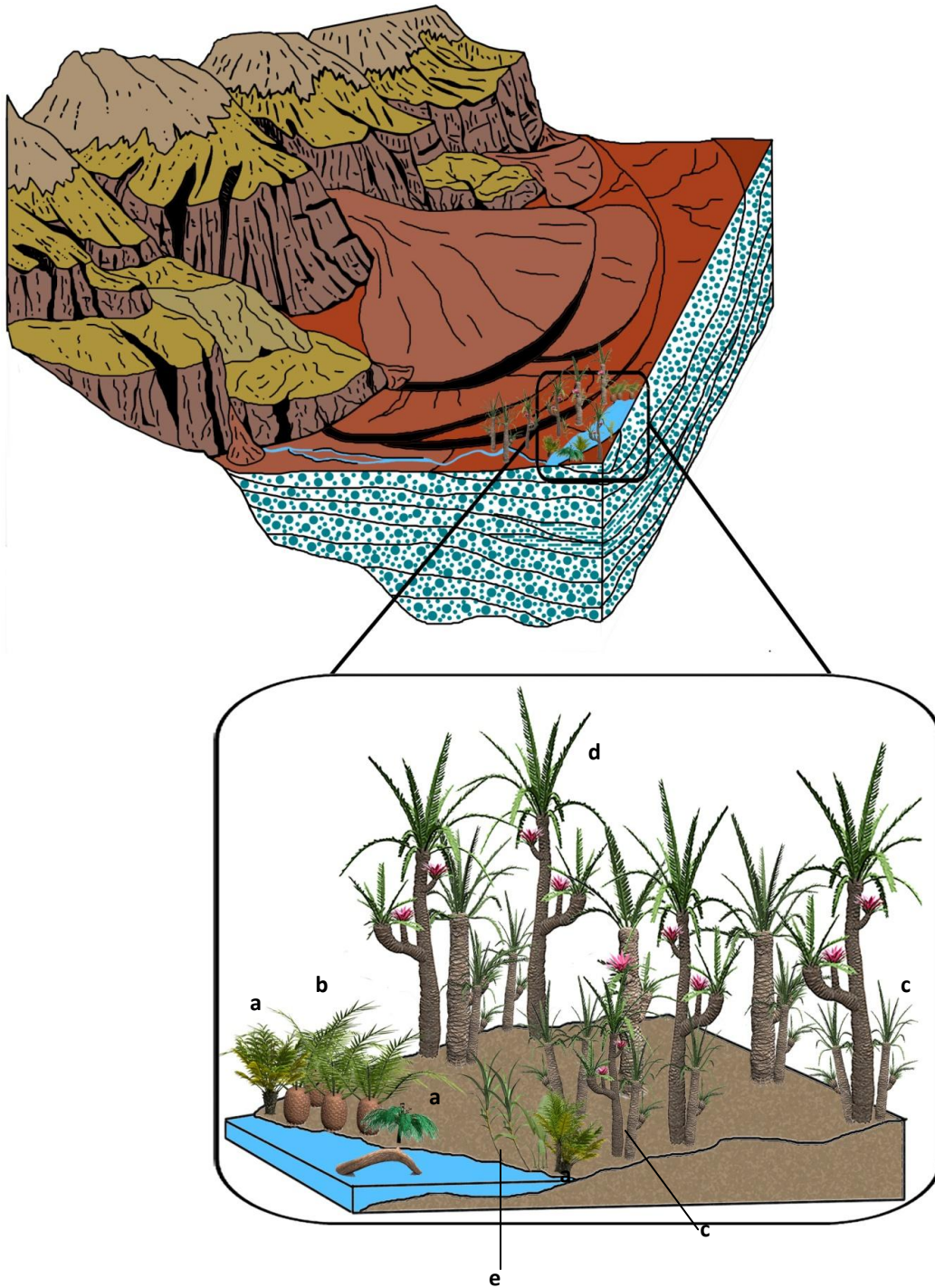


Fig. 12 Reconstrucción del paisaje y distribución de las asociaciones fósiles de la Localidad Peña Colorada, Barranca de la Mina. Esquema realizado a partir de la interpretación litológica de Hernández y Rodríguez (2012) así como la interpretación de los atributos tafonómicos asignados a cada elemento fósil. **a:** elementos autóctonos Filicales, **b:** elementos autóctonos Bennettitales, **c:** elementos para autóctonos Bennettitales, **d:** elementos alóctonos Bennettitales, **e:** elementos alóctonos *insertae sedis*, **f:** Abanico aluvial.

7.4 Conteo de pinnas sueltas en los ejemplares fósiles.

Se contabilizaron un total de 51 pinnas sin conexión orgánica con el raquis para la localidad Barranca de la Mina, la localidad **A** esta representada por 45 ejemplares, mientras que la localidad **B** presenta sólo 6 ejemplares. Peña Colorada está representada por 8 ejemplares. En la tabla 16 se muestra el número de pinnas sueltas por especie para las localidades **A**, **B** y Peña Colorada (**PC**), además del estado de conservación de las pinnas, completas (**C**) ó incompletas (**I**).

Tabla 16. Número de pinnas sueltas por especie y por localidad. **A:** localidad A Barranca de la Mina; **B:** localidad B Barranca de la Mina; **PC:** localidad Peña Colorada. **C:** completo; **I:** incompleto.

ESPECIE	No. EJEMPLARES POR LOCALIDAD			ESTADO DE CONSERVACIÓN					
				C			I		
	A	B	PC	A	B	PC	A	B	PC
<i>Zamites oaxacensis</i>	10	2	3	1	1		9	1	3
<i>Zamites feneonis</i>	10	1	2	4		1	6	1	1
<i>Zamites tribulosus</i>	12	1	1	6	1		6		1
<i>Zamites lucerensis</i>	3	3		3	3				
<i>Zamites sp.</i>	2		2				2		2
<i>Podozamites sp.</i>	1			1					
Indeterminados	7						7		

Los géneros que presentan un número considerable de pinnas sin conexión al raquis son *Zamites* y *Podozamites* como se muestra en la tabla anterior, recordemos que en ambos géneros las pinnas se unen al raquis por una callosidad estrecha en la base de ellas (Silva-Pineda, 1969, 1984, 1992), esto les da a las pinnas cierta vulnerabilidad a factores de transporte como el viento o el agua. La forma en la que se unen las pinnas al raquis en ambos géneros influye de manera directa para que en el registro fósil se encuentren bien representadas como pinnas sueltas.

7.5 Área foliar.

Se calculó el área foliar a 55 ejemplares de la localidad **A** que representa el 40% de los colectados para esta localidad; 20 ejemplares de la localidad **B** fueron candidatos para este cálculo ya que se encuentran completos, lo que representa el 60% de los colectados para la localidad. Para Peña Colorada (**PC**) se tienen 6 ejemplares que representan tan solo el 6.5% de los colectados.

En la siguiente tabla se muestran la relación entre el número de ejemplares fósiles colectados para cada localidad con área foliar y el porcentaje que representan, así como la categoría a la que pertenecen, el intervalo de las categorías foliarias esta dado en centímetros cuadrados (cm²). La clasificación es tomada de Ortiz-Martínez, *et al* (2013).

Tabla 17. Relación del número de ejemplares con área foliar y su categoría.

CATEGORIAS FOLIARES	LOCALIDAD		
	A	B	PC
Nanófila 1 (Nan1) >0.114	0	1 (5%)	0
Nanófila 2 (Nan2) 0.01142-0.082	2 (4%)	2 (10%)	0
Microfila 1 (M1) 0.0824-1.366	36 (65%)	14 (70%)	5 (72%)
Microfila 2 (M2) 1.3661-3.483	14 (25%)	1 (5%)	0
Microfila 3 (M3) 3.4836-9.855	2 (4%)	1 (5%)	1 (14%)
Notófila (Not) 9.8552-57.74	1 (2%)	1 (5%)	1 (14%)
TOTAL	55 (100%)	20 (100%)	7 (100%)

7.6 PALEOCLIMA.

Se considera que el uso de flora fósil es un método confiable para definir paleoclimas; de acuerdo con Pire y Valenzuela (1995), Rees *et al* (2000), Totman *et al* (2004) y Ortiz-Martínez *et al* (2010) este método consiste en emplear hojas fósiles que presenten un área foliar que pueda ser medida, es decir que los ejemplares estén completos, para

compararla con plantas actuales que tengan morfología semejante, además que sean taxa con ciclos de vida largos o mayores a un ciclo anual y que se conozcan sus necesidades ambientales. Este método también se apoya en el análisis tafonómico de los elementos fósiles y el análisis geológico de las secuencias sedimentarias en donde están depositados.

Para la localidad **A** la categoría foliar dominante fue **M1**, con el 65% (Tabla 17), **Nan2** está representada por un 4%, ambas categorías suman cerca del 70% y son consideradas áreas foliares pequeñas que permiten proponer la existencia de condiciones secas con una incidencia de luz solar alta (Pott y McLoughlin 2009; Lozano-Carmona, 2012) que se ven reflejadas en la composición de la flora, según Barale y Calzada, (1985), Pais, (1974, 1998) y Valenzuela *et al* (1998) el género *Otozamites* muestra caracteres xeromórficos en su morfología foliar y una cutícula gruesa característica de las Bennettitales (Vakhrameev 1987), éste último género es abundante en la colecta (Tabla 3,4,5) y la mayoría de los ejemplares pertenecen a la categoría **M1**, otro elemento importante para ésta propuesta es la presencia de pocos helechos y equisetales (Tabla 3,5) que son considerados por diversos autores como vegetación riparia y estacional (Van Konijnenburg-van Cittert, 2002 y Wang, 2002); el género *Podozamites* se ha asociado a un clima cálido para el Jurásico de México y otras partes del mundo (Macleod and Hills, 1991), en este estudio dicho género es raro; se tiene registro de las categorías **M2**, **M3** y **Not** que son consideradas áreas foliares grandes y que indican periodos de mayor disponibilidad de agua en el ambiente como las plantas actuales lo sugieren, *Dioon caputoi* y *D. angustifolium* que se distribuyen en zonas tropicales con un clima cálido húmedo, ellas pertenecen a la categoría **M2** que apoya la idea anterior. Los elementos fósiles están depositados en lutita (**F5**) lo que sugiere una baja energía de transporte producto de los cortos periodos de lluvias en el ambiente sedimentario (Hernández y Rodríguez, 2012). Con base en lo anterior se propone que para la localidad **A** el paleoclima correspondió al que en la actualidad se conoce como cálido subhúmedo.

La localidad **B** está representada en su mayoría por las categorías **Nan1**, **Nan2** y **M1** (ver Tabla 17), juntas suman más del 80%, son consideradas como áreas foliares pequeñas y de

acuerdo con Lozano-Carmona (2012) sugieren condiciones ambientales secas; el género *Brachyphyllum* se ha descrito como una planta xeromórfica y termófila (Watson y Alvin, 1996), esta descripción es muy semejante a la que se hace para *Otozamites* por Vakhrameev (1987), dicho género es abundante en esta localidad. Se sugiere que a lo largo del tiempo el recurso hídrico fue disminuyendo, esto se ve reflejado en la litología (Figura 2), así como en la disminución del porcentaje de las categorías **M2**, **M3** y **Not** que no son representativas en esta zona y suman el 15% (Tabla 17) a diferencia de la localidad **A** donde se presentó el doble, también es importante mencionar que no hay presencia de helechos ni de equisetos, lo que refuerza la propuesta anterior.

El caso de la localidad Peña Colorada (**PC**) se discute por separado debido a que pertenece al Jurásico Inferior (Hernández y Rodríguez, 2012). En esta localidad domina la categoría foliar **M1**, al igual que en las localidades anteriores *Otozamites hespera* es la más representativa dentro de dicha categoría. Las categorías **M3** y **Not** representan el 28% en la muestra, es decir, son de abundancia baja; se tiene la presencia de *Cladophlebis sp. cf. denticulata*, *Coniopteris arguta* y *Gonatosorus nathorstii*, que sugieren la existencia de condiciones con mayor disponibilidad de agua en algunos periodos del año, también se encuentran presentes algunas coníferas, *Elatocladus sp.* y *Pelourdea sp.*, a la fecha estos elementos no se asocian a algún ambiente específico, así que la propuesta que se hace es que el clima pudo corresponder al que hoy en día se conoce como cálido subhúmedo con lluvias en verano, de acuerdo con la litología que en su mayoría se compone de conglomerado grueso.

VIII. CONCLUSIONES

- El estudio taxonómico de las localidades de Barranca de la Mina (**A** y **B**) y Peña Colorada (**PC**) mostró que el grupo de las Bennetttales es el más abundante y el más diverso con cinco géneros y 11 especies, lo que sugiere que durante el Jurásico Inferior y Medio éste fue un grupo dominante.
- Los muestreos exhaustivos contribuyeron a la obtención de nuevos registros para el área de Tecamatlan, incrementando los listados taxonómicos previos.
- La zona de Tecamatlán y sus alrededores son localidades con potencial alto para colectas posteriores, de acuerdo con la curva de acumulación de especies por salida, ésta no se hace asintótica y por lo tanto es factible encontrar nuevas especies.
- La medición del ángulo de inserción de las pinnas al raquis en ejemplares fósiles sugiere que la variación morfológica se debe a procesos tafonómicos, como lo sugieren los resultados obtenidos de la simulación de las condiciones de desecación.
- Las simulaciones tafonómicas (de depósito y desecación) permitieron esclarecer los procesos que modificaron la imagen de los elementos fósiles.
- La asignación e interpretación de atributos tafonómicos es una herramienta útil para proponer la distribución espacial de la flora que se desarrolló cerca de la zona de depósito.
- Una menor área de contacto en la inserción de las pinnas al raquis incrementa la probabilidad de que éstas se desprendan de la hoja, como es el caso del género *Zamites* y *Podozamites*.
- Las categorías foliares y los ambientes sedimentarios apoyan la existencia de climas diferentes en el tiempo para la localidad Barranca de la Mina **A**, el clima fue cálido subhúmedo mientras que para **B**, se propone un clima seco a semiseco.
- La existencia de dos comunidades vegetales distintas, **A** más abundante y diversa que **B**, en la columna estratigráfica (Jurásico Medio), está relacionada con la

evolución del ambiente sedimentario que culminó en uno con mayor insolación y menor disponibilidad hídrica.

- Las condiciones ambientales de Peña Colorada fueron similares a las de la localidad **A**, sin embargo aquí se tiene mayor registro de filicales fértiles, lo que sugiere periodos con mayor disponibilidad de agua a lo largo de un año por lo que se propone un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano.

IX. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios conjuntos entre paleontólogos y geólogos para la correcta interpretación de los datos obtenidos en campo en diversas localidades de fósiles de México.
- Llevar a cabo muestreos en la región de Tecamatlán para incrementar el listado taxonómico y la información paleontológica que de ello se derive.
- Dedicar muestreos a aquellos ejemplares que sólo se determinaron a nivel de género, como *Zamites*, *Pelourdea*, *Brachyphyllum*, *Podozamites*, *Equisetites*, Morfotaxa 5 y Morfotaxa 9, ya que en algunos casos sólo se tiene el registro de un ejemplar.
- Comparar los ejemplares indeterminados de esta colecta con paleoflora de otras partes del mundo, para identificarlos y que de ésta forma se incremente el listado taxonómico para México durante el Jurásico Medio.
- Llevar a cabo estudios tafonómicos en gimnospermas actuales y fósiles para la correcta interpretación de los procesos que ocurren con los organismos después de la muerte y hasta su posible descubrimiento.
- Se debe tener precaución al momento de determinar taxonómicamente al grupo de las Bennettitales ya que la variación morfológica provocada por procesos tafonómicos (bioestratíomicos) puede orillarnos a la mal interpretación de la información que de ello se derive.

- Aplicar la parte tafonómica utilizada en este trabajo en investigaciones posteriores de otras regiones del país, para así obtener mayor información de la paleoflora y hacer una mejor reconstrucción del pasado.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- i. Arenas, I. D., Esquivel, C. M. y Flores-Castro, K. 2009. Ammoniodeos y bivalvos del Sinemuriano Superior en un nuevo afloramiento de la Formación Huayacocotla, Hidalgo, México, algunas consideraciones paleoambientales. *Boletín de la Sociedad de Geología*. México **61** (2).
- ii. Angeles, F. R. 2009. *El género Brachyphyllum, en el Mesozoico de México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, no publicado.
- iii. Barale, G., Calzada, S. 1985. Primera demostración paleontológica del Kimmeridgiense en Garraf (Barcelona). *Acta Geológica Hispánica* **20**: 227–231.
- iv. Behrensmeyer, A. K. 1991. Terrestrial vertebrate accumulations. En Allison, P. A. and Briggs, D. E. G. (Eds.), *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. Plenum Press, New York, p. 291–335.
- v. _____, Kidwell, S. M. y Gastaldo, R. A. 2000. Taphonomy and Paleobiology, *Paleobiology* **26**:103-147.
- vi. Bierhorst, D.W. 1971. Morphology of vascular plants. MacMillan, New York, 560 p.
- vii. Caballero, M. C. I. 1990. *Geología y anisotropía magnética del Jurásico continental del área de Huajuapán de León-Petlalcingo, estados de Puebla y Oaxaca*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- viii. Darrah, W. C. 1960. Principles of paleobotany. Holt Rinehart y Winston, New York, 189 p.
- ix. De Cserna, Z. 1969 (2). Notas sobre la geología del área de Tecamatán. Estado de Puebla. *Paleontología Mexicana* **27**: 79-88.
- x. Delevoryas, T. 1982. A new genus *Coniopteris* from the Middle Jurassic of Tecamatlán, Puebla, México, *Phyta, Studies of living and fossils plants, plant, comm.* 1982:71-76.
- xi. Efremov, I. A. 1940. Taphonomy: a new branch of paleontology, *Pan American Geologist*, **74** (2): 81-93.
- xii. Elsner, E. A. y Jubb, G. L. 1988. Leaf area estimation of grape leaves from simple linear measurements, *Am. J. Enol. Vitic.* **39** (1): 95-97.
- xiii. Ferguson, D. K. 1985. The origin of leaf-assemblages new light on an old problem. *Review of Palaeobotany and Palynology*. **46**:117-188.
- xiv. Gastaldo, R. A. 1988. Conspectus of phytotaphonomy. En DiMichelle, W. A. and Wing, S. L. (Eds.), *Methods and applications of plant paleoecology, Paleontological Society Special Publication*, **3**: 14-28.

- xv. _____, Ferguson, D. K., Walther, H. y Rabold, J. M. 1996. Criteria to distinguish parautochthonous leaves in Tertiary alluvial channel-fills. *Review of Palaeobotany* **91**: 1-21.
- xvi. Gómez, E. M. C. 2010. *Análisis tafonómico y taxonomía del macrobentos calcáreo del Paleozoico Tardío de Sierra Agua Verde, noreste de Sonora, México*. Tesis Doctoral, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- xvii. Greenwood, D. R. 1987. *The foliar physiognomic analysis and taphonomy of leaf-beds derived from modern Australian rainforest*. Ph. D. thesis, University of Adelaide.
- xviii. _____. 1991. The taphonomy of plant macrofossils. En Donovan, S. K. (Ed), *Fossilization: The Processes of Taphonomy*. Columbia University Press, New York. 114-169.
- xix. Guerrero-Arévalo, I. D. y Velasco de León M.P. 2012. Diversidad y tafonomía de Peña Colorada, Jurásico Inferior. Nueva localidad del estado de Puebla. *VI Jornadas Paleontológicas y 1er Simposio de Paleontología en el Sureste de México: 100 años de Paleontología en Chiapas*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- xx. Hernandez, V. R. M., Rodriguez, C. M. 2012. *Análisis estratigráfico de las secuencias jurásicas de la Región Tecocoyunca-Tecomatlán en Puebla*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- xxi. Lozano-Carmona, D. E. 2012. *Paleoclima y flora fósil de Río Ñumí, Formación Zorrillo-Taberna indiferenciada, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.
- xxii. Macleod, S. E., Hills, L. V. 1991. Worldwide stratigraphic and geographic distribution of selected Jurassic–Cretaceous plant macrofossils and their significance to the northern Bowser Basin, British Columbia, Canada. *Review of Palaeobotany and Palynology* **70**: 47– 65
- xxiii. Mancuso, A. C. 2009. Taphonomic analysis in lacustrine environments: Two different contexts for Triassic lake paleofloras from Western Gondwana (Argentina). *Sedimentary Geology* **222**: 149-159.
- xxiv. Mancuso, A. C., Marsicano, C. A. 2008. Paleoenvironments and taphonomy of a triassic lacustrine system (Los Rastros formation, central-western Argentina). *Palaios*, **23**: 535–547.
- xxv. Manivel, L., Weaver, R. J. 1974. Biometric correlation between leaf area and length measurements of Granche grape leaves. *HortScience* **9** (1): 27-28.
- xxvi. Morales, L. A. y Silva-Pineda, A. 1994. Flórmula jurásica de una nueva localidad en la región de San Miguelito, Oaxaca.

- xxvii. Ortiz-Martínez, E. L., Velasco de León, M. P., Salgado-Ugarte, I. y Silva-Pineda, A. 2010. Área foliar en gimnospermas fósiles del Jurásico de Oaxaca y su relación con el clima. *IV Simposio Argentino Jurásico y sus Límites*, Bahía Blanca, p 20
- xxviii. Ortiz-Martínez, E. L., Velasco de León, M. P., Salgado-Ugarte, I. y Silva-Pineda, A. 2013. Clasificación del área foliar de las gimnospermas fósiles de la zona norte de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de las Ciencias Geológicas* [online] **30** (1): 150-158.
- xxix. Pais, J. 1974. Upper Jurassic plants from Cabo Mondego (Portugal). *Boletim da Sociedade e Geologica de Portugal* **19**: 19–45.
- xxx. Pais, J., 1998. Jurassic plant macroremains from Portugal. *Memorias da Academia das Ciências de Lisboa* **37**: 25–47.
- xxxi. Perez-Ibargüengoitia, J. M., Hokuto-Castillo, A., Cserca, Zoltan de. 1965. Reconocimiento geológico del área Petlalcingo-Santa Cruz, Municipio Acatlan, Estado de Puebla. *Paleontología Mexicana* **21**.
- xxxii. Pettijhon, F. J., Potter, P. E., Sieveer, R. 1972. Sand and Sandstone. Springer Verlag, USA, p 618.
- xxxiii. Person, C. P., Delevoryas, T. 1982. The middle jurassic flora of Oaxaca Mexico. *Palaeontographica Abt. B. Bd.* **180**: 82-119.
- xxxiv. Pire, R., Valenzuela, I. 1995. Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. French Colombard a partir de mediciones lineales en las hojas. *Agronomía tropical* **45** (1): 143-154.
- xxxv. Pott, C., McLoughlin, S. 2009. Bennettitalean foliage in the Rhaetian-Bajocian (latest Triassic-Middle Jurassic) floras of Scania, southern Sweden. *Review of Palaeobotany and Palynology.* **158**: 117-166.
- xxxvi. Rees, P. M., Ziegler, A. M., Valdes, P. J. 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, 297-318.
- xxxvii. Rojas-Chavez, C. 2010. [Taxonomía de *Dicksoniaceae*, *Gleicheniaceae* y *Matoniaceae* (Filicales) del Jurásico en la región Mixteca, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México].
- xxxviii. Silva-Pineda, A. 1969(1). Plantas fósiles del Jurásico medio de Tecamatlán, estado de Puebla. *Paleontología Mexicana* **27**: 1-77.
- xxxix. _____. 1978(1). Paleobotánica del Jurásico de México. *Paleontología Mexicana* **44**: 1-16.
- xl. _____. 1984. Revisión taxonómica y tipificación de las plantas jurásicas colectadas y estudiadas por Wieland (1914) en la región de El Consuelo, Oaxaca. *Paleontología Mexicana* **49**.

- xli. _____, 1992. Presencia de Otozamites (cycadophyta) y Podozamites (Coniferophyta) en el Jurásico superior (Kimerigdiano-Titoniano) del sur del estado de Veracruz. UNAM, Instituto de Geología, Revista, **1** (10): 94-97.
- xlii. _____, Velasco de León, M. P., Rodríguez, B. R., 2007. Tafonomía de plantas jurásicas de Oaxaca y Puebla. *III Simposio Argentino jurásico*. Mendoza, Argentina.
- xliii. _____. 2000. Paleontología de México, plantas vasculares fósiles. Facultad de Ingeniería. UNAM. México, D.F.
- xliv. Spicer, R. A. 1989. The formation and interpretation of plant fossils assemblages. *Advances in Botanical Research*. **16**:95-191.
- xlv. _____. 1991, Plant taphonomic processes. En Allison, P. A., Briggs, D. E. G., (Eds.), *Taphonomy: Releasing the Data Locked In The Fossil Record*. Plenum Press, New York, 72–113.
- xlvi. Taylor, T. N. 1993. The biology and evolution of fossil plants. Prentice Hall. The Ohio State University. USA.
- xlvii. Taylor, T. N., Taylor, E. L., Krigs, M. 2009. Paleobotany the biology and evolution of fossil plants. *Elsevier Inc*.
- xlviii. Harris, T. M. 1961. The Yorkshire jurassic flora, I Thallophyta-Pteridophyta. Trustees of the British Museum (Natural History), London.
- xlix. Totman, P. J., Peterson, F., Turner, C. E. 2004. Jurassic “savannah” plant taphonomy and climate of the Morrison Formation (Upper Jurassic, Western USA). *Sedimentary Geology* **167**: 137-162.
- I. Upchurch, G.R. Jr. 1989. Dispersed Angiosperm Cuticles. Biology. Department of Faculty Publications-Biology. Texas State University San Marcos. P 65-92.
- ii. Valenzuela, M., Díaz González, T. E., Gutiérrez Villarias, M. I., Suárez de Centi, C. 1998. La Fm. Lastres del Kimmeridgiense de Asturias: Sedimentología y estudio paleobotánico inicial. *Cuadernos de Geología Ibérica* **24**: 141–171
- iii. Van Konijnenburg-Van Cittert, J. H. A., 2002. Ecology of some Late Triassic to Early Cretaceous ferns in Eurasia. *Review of Paleobotany and Palinology* **119**, 113-124.
- liii. Vakhrameev, V. A. 1987. Climates and distribution of some gymnosperms in Asia during the Jurassic and Cretaceous. *Review of Palaeobotany and Palynology* **51**: 205-212.
- liv. Velasco de León, M. P.1990. Tafoflora del Jurásico Medio de la cañada del ajo, sur de Puebla, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología* **2** (2): 17-29.
- lv. Wang, Y. 2002. Fern ecological implication from the Lower Jurassic in Western Hubei, China. *Review of Paleobotany and Palinology* **119**: 125-141.
- lvi. Watson, J., Alvin, K. L. 1996. An English Wealden floral list, with comments on possible environmental indicators. *Cretaceous Research* **17**: 5-26.

- lvii. Watson, J., Sincock, C. A1992. Bennettitales of the English Wealden. *Monograph of the Palaeontological Society* **145**: 2-228.
- lviii. Weber, R. 1980. Megafósiles de coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de México y consideraciones generales sobre las coníferas Mesozoicas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. *Revista* **4** (2): 111-124.
- lix. Weber, R., Trejo-Cruz, R., Torres-Romo, A., García-Padilla, A. 1980. Hipótesis de trabajo acerca de la paleoecología de comunidades de la Tafoflora Santa Clara del Triásico Tardío de Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, **4**:138-165.
- lx. Wieland, G. R., 1914-1916. La flora liásica de la Mixteca Alta. Instituto de Geología. México *Bol.* **31**:165.
- lxi. Wiemann, M. C., Manchester, S. R., Dilcher, D. L., Hinojosa, L. F., Wheeler, E. A. 1998. Estimation of temperatura and precipitation from morphological characters of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*. **85**: 1796-1802.
- lxii. Wolfe, J. A. 1994. Tertiary climatic changes at middle latitudes of western North America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. **108** (3-4): 195-205.

Páginas Web:

International Stratigraphic Chart. ICS.2009 Consultado 15 abril 2013.

<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2013-01.pdf>

Palaeobiology Database Consultado 15 junio 2011.

<http://fossilworks.org/?a=home>

Apéndice

1

- Descripción de la flora fósil de Barranca de la Mina (**A** y **B**) y Peña Colorada (**PC**).
- Láminas de los elementos fósiles de ambas localidades.

División: Sphenophyta

Clase: Articulatae

Orden: Equisetales

Familia: Equisetaceae

Tallos de Equisetales

(Lámina 1, Figura C)

Descripción: Solo se tiene el registro de un ejemplar, que probablemente pertenece a esta familia, se trata de un fragmento pequeño de tallo, en la impresión se alcanza a reconocer la parte de los entrenudos.

Dimensiones: El tallo tiene una longitud de 1.6 cm por 0.8 cm de ancho.

Material y localidad: T 230 A.

División: Pterophyta

Clase: Filicinae

Orden: Filicales

Familia: Dicksoniaceae

Género: *Cladophlebis* Brongniart, 1849

Cladophlebis sp. cf. denticulata

(Lámina 1, Figura A)

Descripción: Se trata de fragmentos de pinas que tienen un raquis delgado. Las pínulas son delgadas y ligeramente falcadas se unen al raquis por todo el ancho de su base, algunos caracteres no son visibles debido a que el tamaño de grano de la roca en donde están depositados impide esta apreciación.

Dimensiones: El fragmento de pina más grande alcanza los 7.9 cm por 1.3 cm de ancho. Las pínulas miden 0.4 cm a 0.8 cm de longitud por 0.1 cm de ancho.

Material y localidad: T 257 (3) PC, T 280 (2) PC, T 280 (9) PC, T 280 (10) PC.

Género: *Coniopteris* Brongniart, 1849

Coniopteris arguta Lindley y Hutton

(Lámina 1, Figura D)

Descripción: Las pinas y las pínulas se encuentran incompletas, el raquis de las pínulas es delgado, tienen los bordes lobulados y los ápices ligeramente redondeados. Las pínulas conservan su anchura desde la base hasta cerca del ápice donde comienzan a estrecharse

Dimensiones: los fragmentos de pinas alcanzan una longitud de 3.5 cm a 4.8 cm por 1.1 cm a 1.5 cm de ancho, las pínulas alcanzan una longitud de 0.3 cm a 0.9 cm por 0.1 cm a 0.2 cm de ancho.

Material y localidad: T 193 A, T 278 (3) PC, T 280 (7) PC.

Género *Sphenopteris* Sternberg, 1825

Sphenopteris goepperti (Dunker) Seward

(Lámina 1, Figura B)

Descripción: Fragmentos de pinas estériles, posiblemente tripinadas. Las pínulas son alternas. La venación no está bien conservada en los ejemplares colectados, sin embargo las características morfológicas concuerdan con las descritas por Person y Delevoryas (1982).

Dimensiones: La pina mide 11.2 cm de longitud por 3.5 cm de ancho. **Material y localidad:** T 224 A.

Sphenopteris metzgerioides, Harris, 1946

(Lámina 2, Figura D)

Descripción: Pinas en forma triangular, tripinadas. El raquis es delgado, las pínulas se disponen de manera alterna e irregular. Los márgenes son enteros y el ápice es redondeado. En este ejemplar no se conservaron bien algunos caracteres como la venación. Este ejemplar se comparo con el descrito por Harris (1961).

Dimensiones: La longitud de la pina alcanza los 2.5 cm por 1.6 cm de ancho, y las pínulas tienen una longitud de 1.3 cm por 0.5 cm de ancho.

Material y localidad: T 205 (4) A.

Frondas Pecopteroideas

Género *Gonatosorus* Raciborski, 1894

Gonatosorus nathorstii Raciborski

(Lámina 2, Figura A)

Descripción: Se trata de pinas fértiles, el raquis de estas es muy delgado, cada pínula presenta un soro que ocupa casi toda la base de la misma. Los soros son de forma circular. Los ejemplares descritos presentan un poco de oxidación y no es posible distinguir del todo sus partes.

Dimensiones: La longitud de las pinas va de los 1.1 cm a los 4.1 cm, por 0.2 a 0.5 cm de ancho. Los soros en todas las pinas tienen un ancho menor a 0.1 cm.

Material: T 262 (1) PC, T 268 (2) PC, T 268 (4) PC, T 271 (2) PC, T 271 (3) PC, T 280 (3) PC.

Morfoespecie 5. Rojas-Chavez,2010

(Lámina 2, Figura B)

Descripción: Pinas al menos bipinadas, con margen entero y ápice redondeado. Las características de los ejemplares colectados para esta localidad concuerdan con los descritos por Rojas-Chavez (2010).

Dimensiones: Las pinas están incompletas, presentan una longitud de 0.6 a 2.1 cm por 0.7-0.8 cm de ancho, las pinnulas están completas y tienen una longitud de 0.4-0.7 cm por 0.1 cm de ancho.

Material y localidad: T 159 A, T 218 (2) A.

Morfoespecie 9. Rojas-Chavez,2010

(Lámina 2, Figura C)

Descripción: Lámina al menos bipinada, las pinas son alternas con el ápice agudo y presentan margen entero. Las características de este ejemplar concuerdan con los descritos por Rojas-Chavez (2010).

Dimensiones: Es una fronda incompleta de 5.5 cm de longitud por 2.1 cm de ancho, las pinas tienen una longitud de 1.1 cm y 0.5 cm de ancho, las pinnulas se encuentran completas y presentan una longitud de 0.2 cm y el ancho en menor a 0.1 cm.

Material y localidad: T 186 (2) A.

División Cycadophyta

Clase Cycadeoidopsida

Orden Bennettitales

Familia Cycadeoidaceae

Género *Zamites* Brongniart, 1820

Zamites lucerensis (Wieland) Person y Delevoryas

(Lámina 3, Figura A).

Descripción: Frondas con raquis delgado de 0.1 cm a 0.2 cm de ancho aproximadamente. Pinas apicales y basales más pequeñas que las de la región media. Las pinas son alternas, el ápice es redondeado. El material está compuesto en su mayoría por fragmentos de frondas

Esta especie es considerada autóctona en ambas localidades ya que las frondas se encuentran articuladas, a pesar de estar incompletas. Cabe mencionar que algunas pinas se encuentran desarticuladas por lo que estas son consideradas alóctonas por encontrarse completas, sufrieron transporte aun que este no fue prolongado.

Dimensiones: Las frondas miden de 1.1 cm a 12.1 cm de longitud por 1.1 a 4 cm de ancho, las pinas tienen una longitud de 0.6 a 3.3 cm por 0.2 a 1.4 cm de ancho.

Material y localidad: CFZ T 142 (10) A, T 142 (11) A, T 153 A, T 157 A, T 172 (1) B, T 172 (2) B, T 184 (1) B, T 184 (2) B, T 184 (3) B, T 184 (4) B, T 184 (5) B, T 185 (1) A, T 188 A, T 194 A, T 214 B, T223 (2) A, T 223 (3) A, T 229 (2) A, T 284 PC.

Zamites tribulosus (Wieland) Person y Delevoryas.

(Lámina 3, Figura C).

Descripción: Esta especie se representa por pinas sueltas completas e incompletas y sólo por dos ejemplares como frondas. En las pinas completas se nota el característico ápice obtuso que termina en punta. Las pinas son opuestas a subopuestas. Se unen al raquis formando ángulos de 25° a 35° y tienen margen entero.

Esta especie es considerada alóctona, ya que está representada por pinas sueltas, lo que sugiere que las frondas en algún momento sufrieron algún tipo de transporte para ser depositadas como pinas.

Dimensiones: los únicos dos fragmentos de fronda que se presentan para esta especie tienen una longitud de 6 cm a 10.1 cm por 4.4 cm a 8.2 cm de ancho. Las pinas presentan una longitud de 2.9 cm a 5.2 cm y de ancho 0.6 cm a 1.4 cm, la mayoría de ellas están completas.

Material y localidad: CFZ T 142 (1) A, T 142 (5) A, T 144 (2) A, T 146 (5) A, T 154 (1) A, T 154 (2) A, T 160 B, T 166 A, T 175 A, T 205 (5) A, T 224 (2) A, T 225 (1) A, T 228 (3) A.

Zamites oaxacensis (Wieland) Person y Delevoryas

(Lámina 5, Figura A).

Descripción: Fronda incompleta, el raquis de la misma mide 0.3 cm de ancho y presenta estrías longitudinalmente, no se puede decir si las pinas son alternas u opuestas ya que en el fósil solo se observan las pinas de un lado de la fronda. Las pinas son incompletas, de gran tamaño, tienen ápice agudo.

Esta especie se considera alóctona, debido a la poca fragmentación en las pinas, y a su gran tamaño, las pinas completas se encuentran en la categoría foliar Notofila, lo que indica que su transporte no fue prolongado.

Dimensiones: La única fronda colectada para este estudio alcanza una longitud de 7 cm por 7.3 cm de ancho, las pinas muestran una longitud de 3.1 cm a 13.1 cm por 0.8 cm a 1.9 cm de ancho. El raquis tiene un ancho de 0.3 cm, estriado longitudinalmente.

Material y localidad: T 137 (1) A, 146 (4) A, T 147 A, T 155 (1) A, T 155 (2) A, T 174 (2) B, T 190 A, T 202 (3) A, T 205 (8) A, T 208 (1) A, T 208 (2) A, T 208 (3) A, T 226 (2) B, T 256 (1) PC, T 256 (2) PC, T 258 (2) PC.

Zamites feneonis Brongniart

(Lámina 4, Figura B)

Descripción: Los ejemplares de esta especie se presentan en igual cantidad, frondas y pinas, completas e incompletas. Las pinas son subopuestas. El margen es entero, las pinas se unen al raquis formando ángulos de 35°.

Los ejemplares de pinas al estar desarticulados y fragmentados sugieren que fueron transportados, por lo que se les considera alóctonas, existen también pinas desarticuladas y completas que se consideran parautoctonas y se encuentran en las categorías foliares **M2** y **M3**. No así las frondas, que aun cuando están incompletas se encuentran articuladas, dándoles un carácter de autóctonas.

Dimensiones: La longitud de las frondas es variada en esta especie, miden de 1.4 cm a 9.2 cm y de ancho de 2.6 cm a 11.7 cm. Las pinas tienen una longitud de 1.6 cm a 7.9 cm por 0.3 cm a 1.4 cm de ancho.

Material y localidad: T 140 (2) A, T 141 (1) A, T 141 (2) A, T 149 (1) A, T 150 A, T 174 (1) B, T 179 B, T 185 (2) A, T 196 (1) B, T 202 (2) A, T 209 B, T 210 A, T 211 A, T 212 A, T 217 A, T 221 (1) A, T 223 (1) A, T 226 (1) B, T 229 (1) A, T 242 (1) A, T 252 (1) PC, T 262 (2) PC, T 270 (3) PC.

Zamites sp.

(Lámina 5, Figura D).

Descripción: Estos ejemplares se nombran así porque no tienen suficientes caracteres para asignarlos a una especie de este género, en la mayoría de los casos lo único que indica que pertenecen al género es la base de las pinas. Se tiene el registro de dos frondas incompletas pero con pinas completas que las colocan en la categoría foliar de **M2**.

Dimensiones: la longitud de las frondas va de 5.6 cm a 11.4 cm, el ancho de 3.5 cm a 6.5 cm. Las pinas tienen una longitud de 2.2 cm a 6.2 cm por 0.7 cm a 1.9 cm de ancho.

Material y localidad: T 168 (2) **B**, T 202 (6) **A**, T 207 **A**, T 270 (4) **PC**, T 280 (2) **PC**.

Género *Otozamites* Braun, 1842.

Otozamites hespera Wieland

(Lámina 3, Figura B)

Descripción: La mayoría del material se presenta como fragmentos de frondas, sólo 10 de la muestra total están completas. Las pinas son alternas, margen entero y ápice redondeado. Silva-Pineda menciona en la descripción de esta especie que se las pinas se unen al raquis por el centro de su base formando ángulos de 50° a 70°, en el material descrito en el presente trabajo, específicamente en 49 frondas el ángulo de inserción es menor a 50°, por lo que muestran ángulos deformados.

El material se encuentra bien conservado, esta especie es considerada autóctona debido a que las frondas están articuladas y es la especie más abundante en todas las localidades. Esta especie se encuentra en las categorías foliares Nanofila 1, Nanofila 2 y **M1**.

Dimensiones: Los fragmentos de frondas presentan una longitud que va de 1.6 cm a 11.7 cm por 1.2 cm a 10.4 cm de ancho. Las pinas tienen una longitud de 0.3 cm a 5.7 cm de ancho.

Material y localidad: T 137 (3) A, T 139 A, T 140 (1) A, T 142 (2) A, T 142 (3) A, T 142 (3) A, T 142 (8) A, T 142 (9) A, T 146 (2) A, T 148 A, T 149 (2) A, T 151 A, T 156 (1) A, T 156 (2), T 158 A, T 161 A, T 162 B, T 164 A, T 169 A, T 171 B, T 178 B, T 182 B, T 183 B, T 186 (1) A, T 189 A, T 191 (1) A, T 191 (2) A, T 192 A, T 201 B, T 202 (1) A, T 202 (4) A, T 202 (5) A, T 205 (2) A, T 205 (6) A, T 205 (7) A, T 205 (9) A, T 206 (1) A, T 206 (2) A, T 212 (2) A, T 214 (1) B, T 214 (3) B, T 216 A, T 218 (1) A, T 219 A, T 220 A, T 222 (1) A, T 228 (2) A, T 231 (1) A, T 231 (2) A, T 232 (1) A, T 232 (2) A, T 233 A, T 234 A, T 236 (1) A, T 238 A, T 243 (1) A, T 243 (2) A, T 243 (3) A, T 245 PC, T 247 (2) PC, T 248 PC, T 250 PC, T 253 PC, T 254 (1) PC, T 254 (3) PC, T 254 (4) PC, T 255 (1) PC, T 257 (1) PC, T 258 (3) PC, T 259 (1) PC, T 260 (1) PC, T 261 (1) PC, T 263 (2) PC, T 264 (1) PC, T 266 (1) PC, T 268 (3) PC, T 268 (6) PC, T 269 (1) PC, T 269 (2) PC, T 269 (3) PC, T 269 (4) PC, T 269 (5) PC, T 269 (7) PC, T 270 (1) PC, T 270 (2) PC, T 271 (1) PC, T 274 (2) PC, T 275 (1) PC, T 277 (1) PC, T 277 (2) PC, T 277 (3) PC, T 278 (1) PC, T 278 (2) PC, T 280 (1) PC, T 280 (4) PC, T 280 (5) PC, T 280 (6) PC, T 281 (1) PC.

Género *Ptilophyllum* Morris 1840.

Ptiophyllum acutifolium Morris

(Lámina 3, Figura D)

Descripción: Frondas incompletas que se atribuyen a este género por la forma basal de las pinas de tipo decurrente, se unen al raquis formando ángulos que van de los 9° a los 36°. Se considera a esta especie autóctona por que las frondas están articuladas.

Dimensiones: la longitud de las frondas es de 3.1 cm a 11.4 cm por 2.3 cm a 7.8 cm de ancho. Las pinas alcanzan una longitud 1.2 cm a 4.9 cm por 0.1 cm a 0.4 cm de ancho.

Material y localidad: T 196 (2) B, T 228 (1) A, T 241 (1) A, T 251 (1) PC, T 268 (1) PC, T 280 (8) PC.

Ptilophyllum cutchense Morris

(Lámina 5, Figura C)

Descripción: Esta especie se representa por dos frondas incompletas, con pinas completas que se unen al raquis formando ángulos de 11° a 40°, margen entero y ápice redondeado.

Las pinas tienen un área foliar **M1**. A pesar de que las frondas no están completas se considera a esta especie autóctona, ya que las frondas están articuladas.

Dimensiones: La longitud de las frondas es de 1.6 cm a 4.9 cm por 3.4 cm a 4 cm de ancho. Las pinas tienen una longitud de 1.8 cm a 2.1 cm por 0.3 cm a 0.4 cm de ancho.

Material y localidad: T 137 (2) A, T 205 (3) A.

Ptilophyllum pulcherrium Wieland

(Lámina 5, Figura B)

Descripción: Frondas incompletas, las pinas de algunas de ellas son completas de ápice redondo a obtuso, se unen al raquis formando ángulos de 20° a 45°.

Las pinas tienen un área foliar de **M1**. Se considera a esta especie autóctona porque está articulada.

Dimensiones: Las frondas tienen una longitud de 2.9 cm a 8.6 cm por 2.2 cm a 5.2 cm de ancho. Las pinas tienen una longitud de 1.3 cm a 3.1 cm por 0.3 cm a 0.5 cm de ancho.

Material y localidad: T 137 (4) A, T 144 (1) A, T 146 (1) A, T 156 (3) A.

Ptilophyllum sp.

(Lámina 4, Figura A)

Descripción: Fronda incompleta de gran tamaño, las pinas son alternas y forman ángulos de inserción de 90° del lado izquierdo de la fronda, mientras que las pinas del lado derecho forman ángulos de 30° a 35°. Este es el único ejemplar del que se tiene registro en el presente estudio y debido a que las dimensiones son mayores a las encontradas en la literatura no se asignó a una especie.

Dimensiones: La fronda tiene una longitud de 21.6 cm por 11.6 cm de ancho. Las pinas alcanzan una longitud de 7.8 cm por 1.7 cm de ancho.

Material y localidad: T 136 A.

Género *Pterophyllum* Brongniart 1828.

Pterophyllum nathorsti Schenk

(Lámina 6, Figura B)

Descripción: Fragmentos de frondas, las pinas son incompletas, están unidas al raquis por todo el ancho de la base, con los ángulos acroscopicos y basiscopicos expandidos. Las frondas se consideran autóctonas aun cuando se encuentran incompletas.

Dimensiones: Las frondas alcanzan una longitud de 2.2 cm a 4.4 cm de longitud por 1.9 cm a 2.7 cm de ancho. Las pinas son incompletas y alcanzan 1.8 cm de longitud por 0.3 cm a 0.4 cm de ancho.

Material y localidad: T 227 (2) A, T 267 PC.

Familia Williamsoniaceae

Género *Williamsonia* Carruthers 1870

Williamsonia netzahualcoyotlii Wieland

(Lamina 7, Figura A)

Descripción: Conos incompletos de forma redonda a elipsoidal, brácteas estériles, receptáculo de forma redondeada, las escamas son de forma poligonal.

Dimensiones: el diámetro de los conos es de 1.8 cm a 3.5 cm, el receptáculo está entre 0.9 y 1 cm de diámetro, la marca del pedicelo se encuentra entre los 0.3 cm y 0.6 cm de diámetro. Las escamas interseminales miden de 0.1 cm a 0.3 cm de diámetro y el micrópilo de estas apenas alcanza 0.1 cm o menos.

Material y localidad: T 204 A, T 215 A, T 227 (1) A, T 244 (1) A, T 251 (2) PC, T 258 (1) PC.

División Coniferophyta

Orden Coniferales

Género *Elatocladus* Halle

(Lamina 6, Figura D)

Descripción: *Elatocladus* fue propiamente asignado a hojas descritas en Weber (1980). El material colectado en la zona de Peña Colorada pertenece a fragmentos de corteza, impresiones y compresiones, que se asignaron a este género porque son muy similares a los que menciona Weber (1980).

Dimensiones: Los fragmentos tienen una longitud de 8.9 a 12.5 cm por 6.1 a 10.5 cm de ancho.

Material y localidad: T 272 PC, T 273 PC, T 275 (2) PC.

Género *Podozamites* Braun 1843

Podozamites sp. cf. *kidstoni* Etheridge

(Lámina 6, Figura C)

Descripción: Pina completa, de forma ovalada que se adelgaza ligeramente hacia el ápice y la base. Este ejemplar tiene medidas que difieren de las reportadas por Silva-Pineda (1992), sin embargo es muy similar. Debido a que solo se tiene el registro de una pina, se considera a *Podozamites* sp. cf. *kidstoni* Etheridge como alóctona.

Dimensiones: la pina tiene una longitud de 1.2 cm por 0.7 cm de ancho, 16 venas en la parte más ancha de la pina que se bifurcan en los extremos de la misma.

Material y localidad: T 205 (1) A.

Género *Brachyphyllum*

Brachyphyllum Brongniart

(Lamina 6, Figura A)

Descripción: Hojas de forma romboidal, ápice agudo, ancho de la hoja 0.1 cm y una longitud de 0.05cm con arreglo en espiral.

Dimensiones: la hoja mide 0.05 cm de longitud por 0.1 cm de ancho, la longitud de las ramas primarias de 1.5-16 cm y de ancho 0.1-3 cm.

Material y localidad: T 167 B, T 168 (1) B.

Orden Coniferales (?)

Género *Pelourdea* Seward

Pelourdea sp.

(Lamina 5, Figura E)

Descripción: Esta especie está representada por un solo ejemplar perteneciente a la localidad Peña Colorada, se trata de un fragmento de hoja, carece de base y de ápice. Las venas son numerosas pero no bien marcadas, debido a que el ejemplar presenta oxidación.

Dimensiones: La longitud es de 10.9 cm por 3.4 cm de ancho.

Material y localidad: T 283 PC.

Insertae sedis

Posición incierta

Género *Mexiglossa* Delevoryas y Person

Mexiglossa varia Delevoryas y Person

(Lámina 4, Figura C)

Descripción: Se trata de cinco ejemplares, ligeras impresiones incompletas, la mayoría con la venación secundaria conservada de tipo reticulada y con un nervio grueso que no alcanza a llegar al ápice de la hoja.

Dos ejemplares están completos y se aprecia el ápice agudo, pertenecen a la categoría foliar **M3** y Notofila. Es considera a esta especie como autóctona.

Dimensiones: La longitud de las hojas va de 5 cm a 8.3 cm por 1.6 cm a 4.1 cm de ancho.

Material y localidad: T 138 A, T 257 (2) PC, T 265 PC, T 268 (5) PC, T 276 (1) PC.

Indeterminados

(Lámina 7, Figura C)

Descripción: Los ejemplares indeterminados corresponden a frondas y pinas completas e incompletas que están en mal estado de conservación, se considera prudente incluirlas en el orden de las bennettitales ya que algunos ejemplares presentan características de este grupo. En la lámina 7 se observa la imagen de un ejemplar que se asemeja morfológicamente a *Cycadolepis*?

Bloque que muestra la orientación espacial de los elementos fósiles, para asignar atributos tafonómicos. Con flechas blancas se señalan los diferentes tipos de orientación, preferencial 0) y discordante (1). Con flechas negras se señalan ejemplares indeterminados, aislados y dispersos (0).

Dimensiones: Las frondas están incompletas, la longitud mínima es de 2 cm mientras que la máxima alcanza los 6.9 cm por 0.5 cm a 8 cm de ancho; las pinas tienen una longitud de 0.9 cm a 8.6 cm por 0.1 cm a 1.5 cm de ancho. El ejemplar C tiene una longitud de 3.5 cm por 3.4 cm de ancho.

Material y localidad: T 142 (6) A, T 142 (7) A, T 145 A, T 152 A, T 163 B, T 165 A, T 187 A, T 195 B, T 198 B, T 208 (4) A, T 212 (3) A, T 221 (2) A, T 235 A, T 237 A, T 239 (1) A, T 240 (1) A, T 246 PC, T 249 PC, T 252 (2) PC, T 255 (2) PC, T 259 (2) PC, T 262 (2) PC, T 264 (2) PC, T 255 (2) PC, T 274 (1) PC, T 276 (2) PC, T 279 PC.

Lámina 1

- (A) *Cladophlebis sp. cf. denticulata*. Se trata de fragmentos de pinnas que tienen un raquis delgado. Las pínulas son delgadas y ligeramente falcadas se unen al raquis por todo el ancho de su base. Peña Colorada CFZ T 280 (2).
- (B) *Sphenopteris goepperti*. Fragmentos de pinnas estériles, posiblemente tripinnadas, las pínulas son alternas. Barranca de la Mina A CFZ T 224 (1).
- (C) Fragmento de equisetel, donde se observan las costillas y un nudo pequeño. Barranca de la Mina A CFZ T 230.
- (D) *Coniopteris arguta*. Las pinnas y las pínulas se encuentran incompletas, el raquis de las pínulas es delgado, tienen los bordes lobulados y los ápices ligeramente redondeados. Del lado derecho del ejemplar se observa su reconstrucción. Peña Colorada CFZ T 278 (3).

Escala 1 cm.

Lámina 1

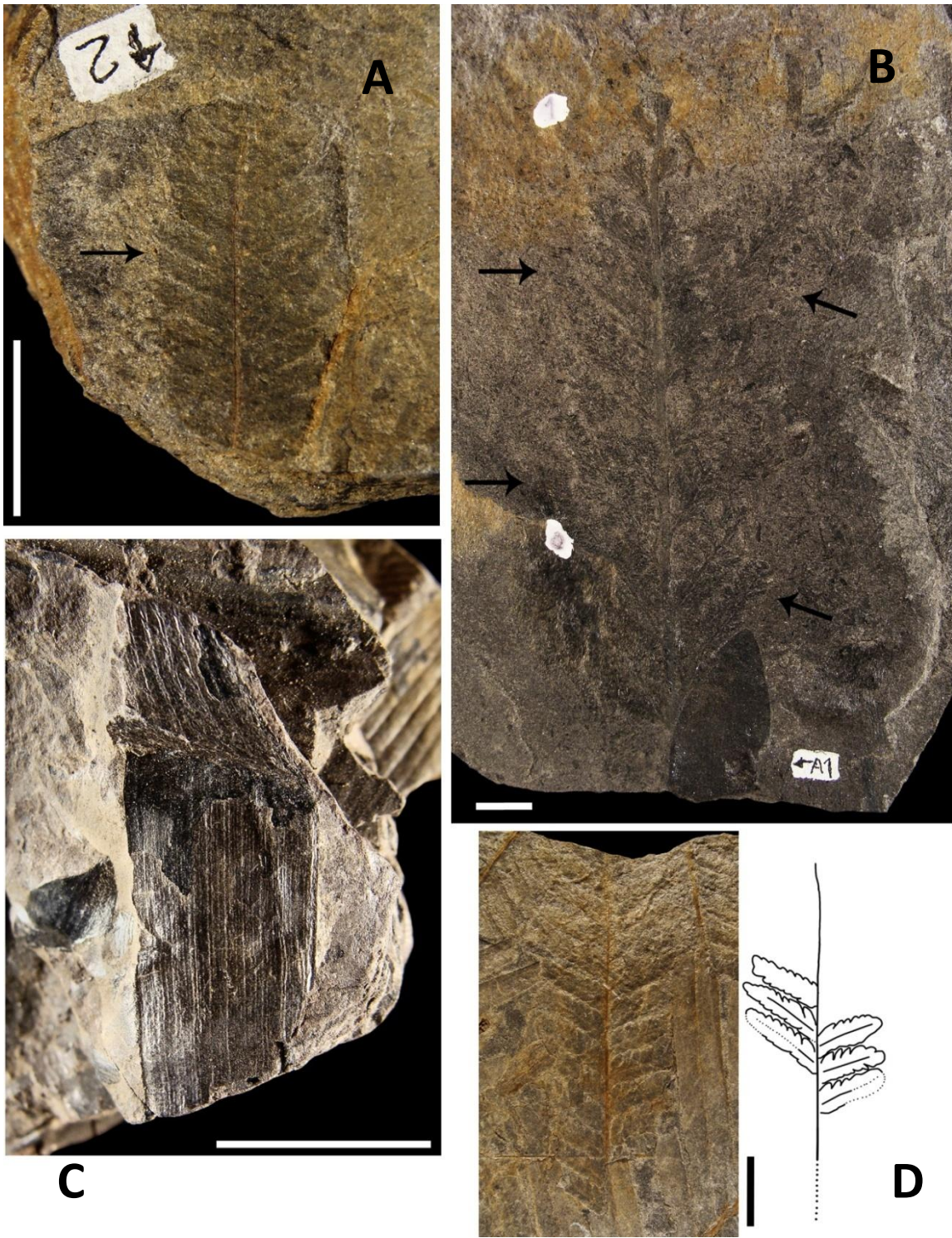


Lámina 2

- A) *Gonatosorus nathorstii*. Pinnas fertiles, se notan claramente el soro característico de este género. Las pínulas son poco visibles. Peña Colorada CFZ T 280 (3)
- B) Morfoespecie 5. Pinna al menos bipinnada, las pínulas son alternas.
- C) Morfoespecie 9. La pinna es membranosa y las pínulas son casi imperceptibles. Lamina al menos bipinnada, pínulas alternas.
- D) *Sphenopteris metzgerioides*. Fragmentos de pinnas esteriles. Las pínulas presentan un arreglo alterno. Barranca de la Mina A CFZ T 205 (4).

Escala (A) y (D) 1 cm; (B) 0.5 cm y (C) 0.2 cm.

Lámina 2

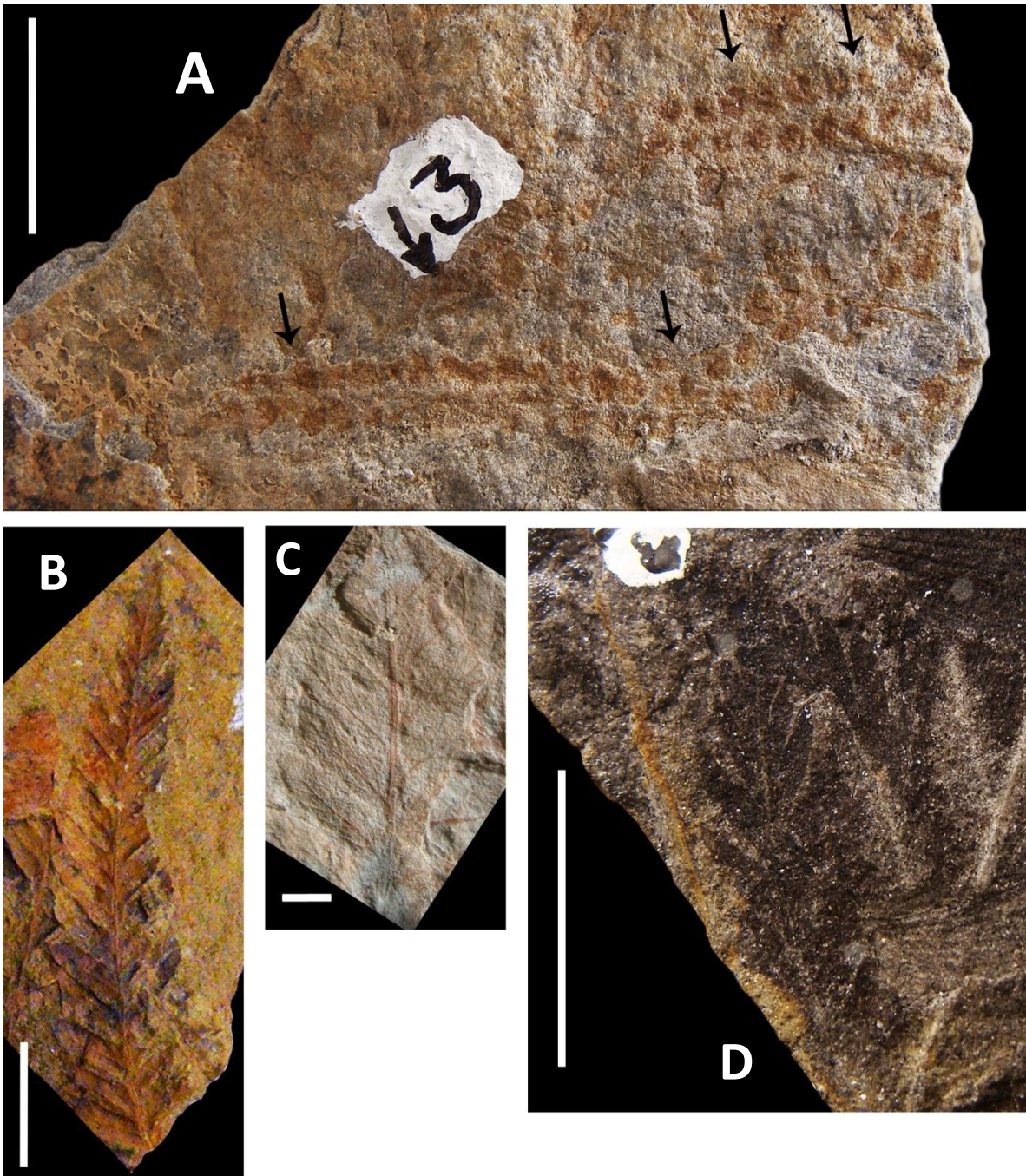


Lámina 3

(A) *Zamites lucerensis*. Hoja incompleta en donde se observa la carencia de algunas pinnas, depositada en lutita. Barranca de la Mina **A** CFZ T 157.

(B) *Otozamites hespera*. Hoja completa, depositada en lutita. Barranca de la Mina **A** CFZ T 202 (1).

(C) *Zamites tribulosus*. Pinna incompleta, éste ejemplar está depositado en lutita y pertenece a la localidad **A** Barranca de la Mina. CFZ T 166.

(D) *Ptilophyllum acutifolium*. Hoja que carece del ápice y del peciolo. Barranca de la Mina **A** CFZ T 228 (1).

Escala 1 cm.

Lámina 3

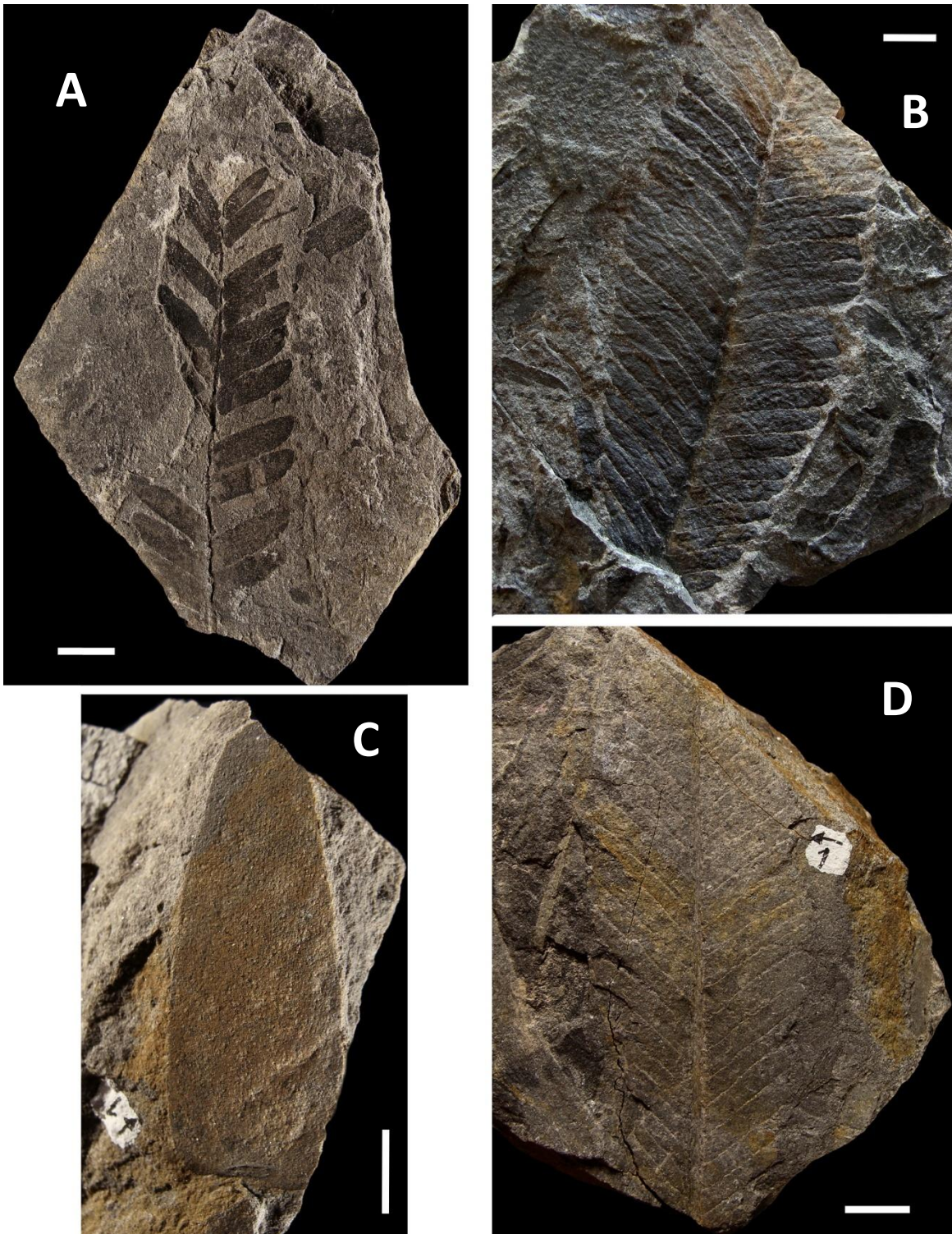


Lámina 4

(A) *Ptilophyllum* sp. Hoja incompleta, del lado derecho se observa un acercamiento donde se nota la venación, y la base decurrente característica de este género. Barranca de la Mina **A** CFZ T 136

(B) *Zamites feneonis*. Hoja incompleta que conserva sólo dos pinnas, ejemplar depositado en lutita. Barranca de la Mina **A** CFZ T 150.

(C) *Mexiglossa varia*. Lamina foliar incompleta, la venación es tenue, debido al proceso de fosilización. Peña Colorada CFZ T 257 (2)

Escala 1 cm.

Lámina 4

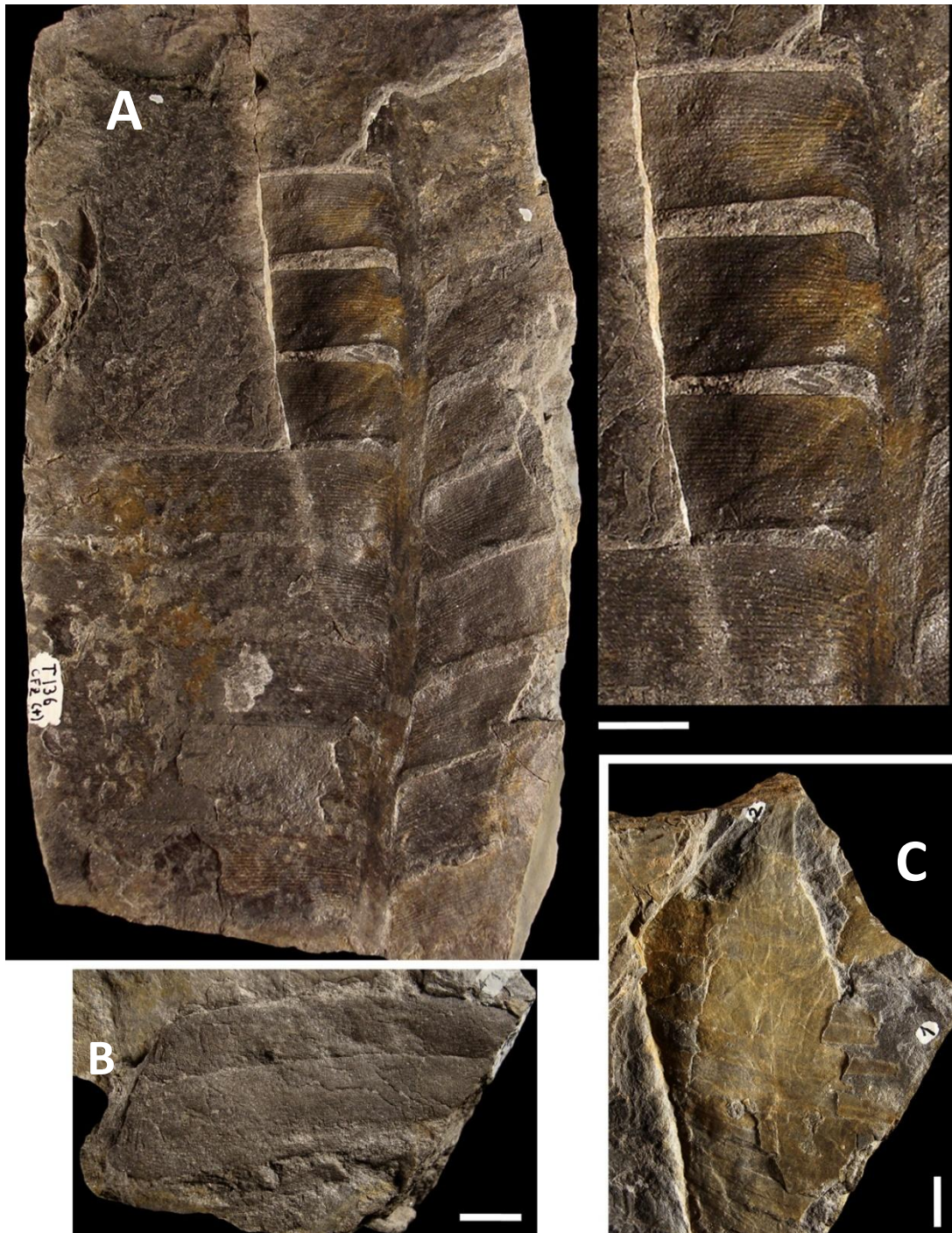


Lámina 5

- (A) *Zamites oaxacensis*. Pinna completa de gran tamaño que se encuentra en la categoría foliar Notofila. Barranca de la Mina **A** CFZ T 137 (1).
- (B) *Ptilophyllum pulcherrium*. Hoja incompleta depositada en lutita y presenta oxidación. Barranca de la Mina **A** CFZ T 144 (1).
- (C) *Ptilophyllum cutchense*. Hoja incompleta que muestra los ángulos de inserción de las pinnas al raquis deformados por el proceso de desecación. Barranca de la Mina **A** CFZ T 137 (2).
- (D) *Zamites sp.* Hoja incompleta que presenta sólo el lado derecho de la misma. Está depositada en lutita. Barranca de la Mina **A** CFZ T 207.
- (E) *Pelourdea sp.* Lámina foliar incompleta que presenta oxidación, está depositada en lituta. Peña Colorada CFZ T 283.

Escala 1 cm.

Lámina 5

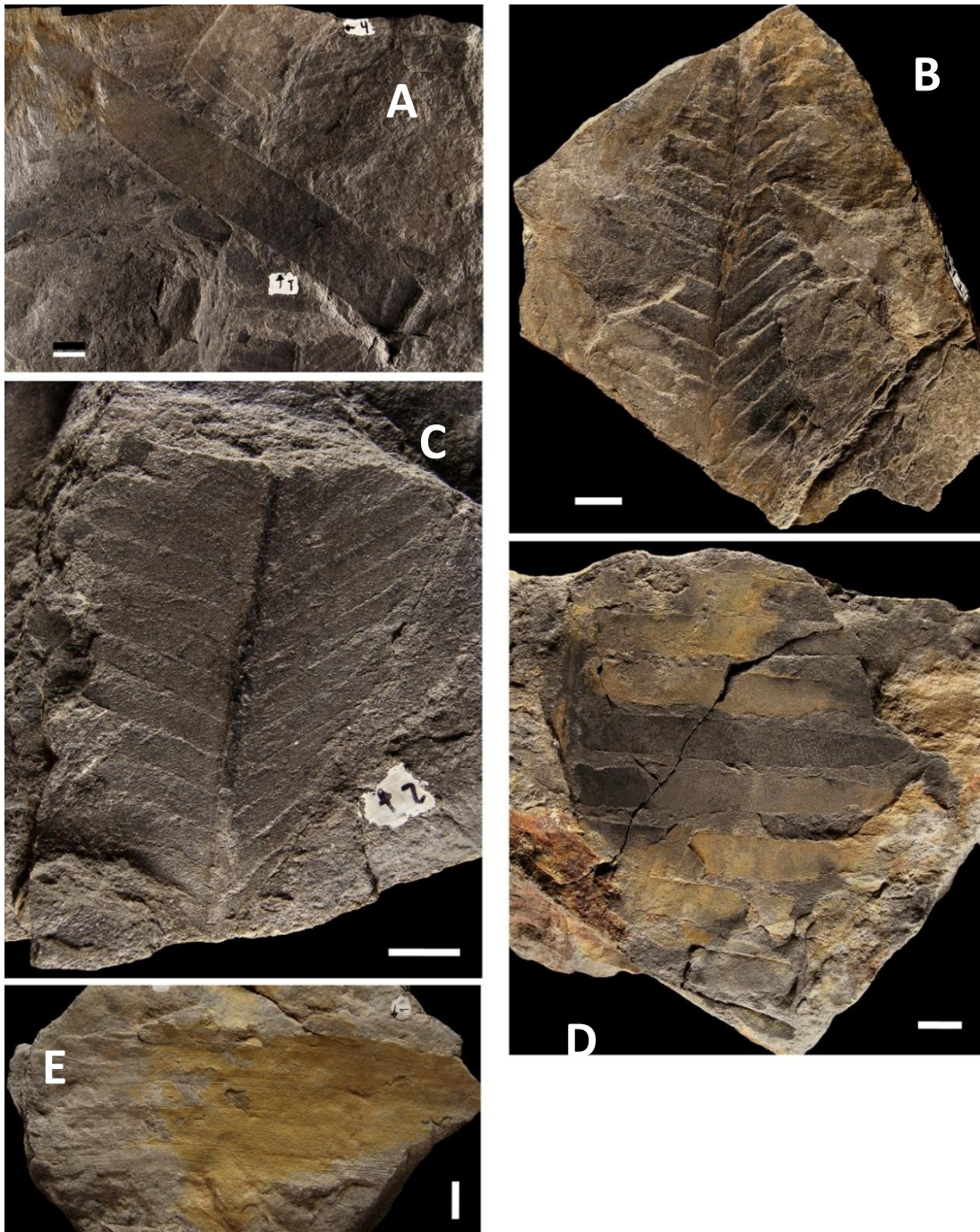


Lámina 6

- A) *Brachyphyllum* sp. Hoja incompleta, donde se observan ligeramente las hojas minúsculas. Ejemplar depositado en arenisca. Barranca de la Mina **B** CFZ T 167.
- B) *Pterophyllum nathorsti*. Fragmento de la parte basal de la hoja. La inserción de los ángulos de las pinnas al raquis están diferentes en ambos lados de la hoja. Algunas pinnas están completas, el apice es agudo y están arregladas de forma subopuesta. Barranca de la Mina **A** CFZ T 227
- C) *Podozamites* sp. cf. *kidstoni* Pinna con ápice redondeado, se nota la vención que se bifurca en la base de la pinna. Barranca de la Mina **A** CFZ T 205 (1)
- D) *Elatocladus*. Fragmento de corteza. D1 compresión de la corteza. D2 impresión de la corteza. Peña Colorada CFZ T 275

Escala 1 cm.

Lámina 6

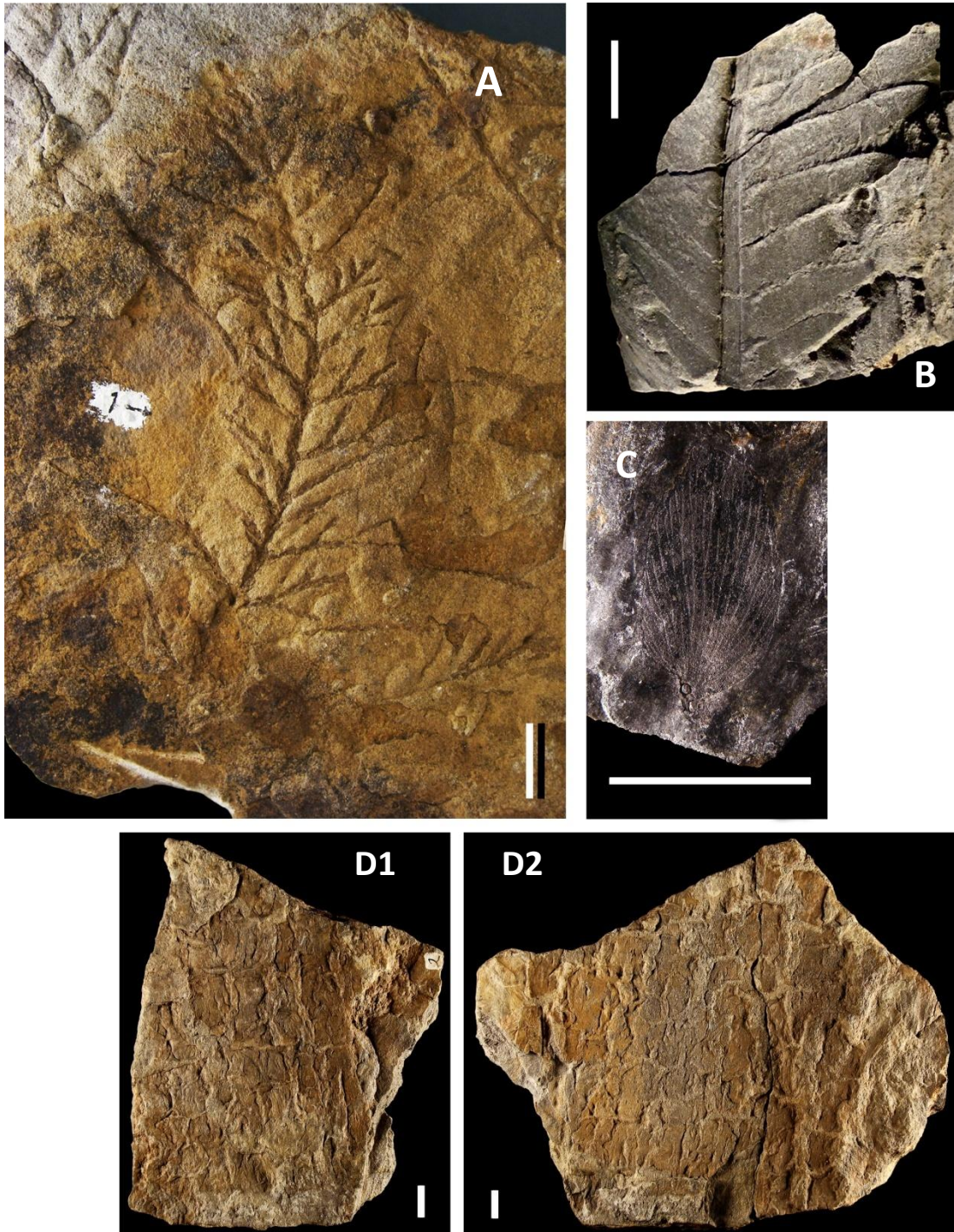
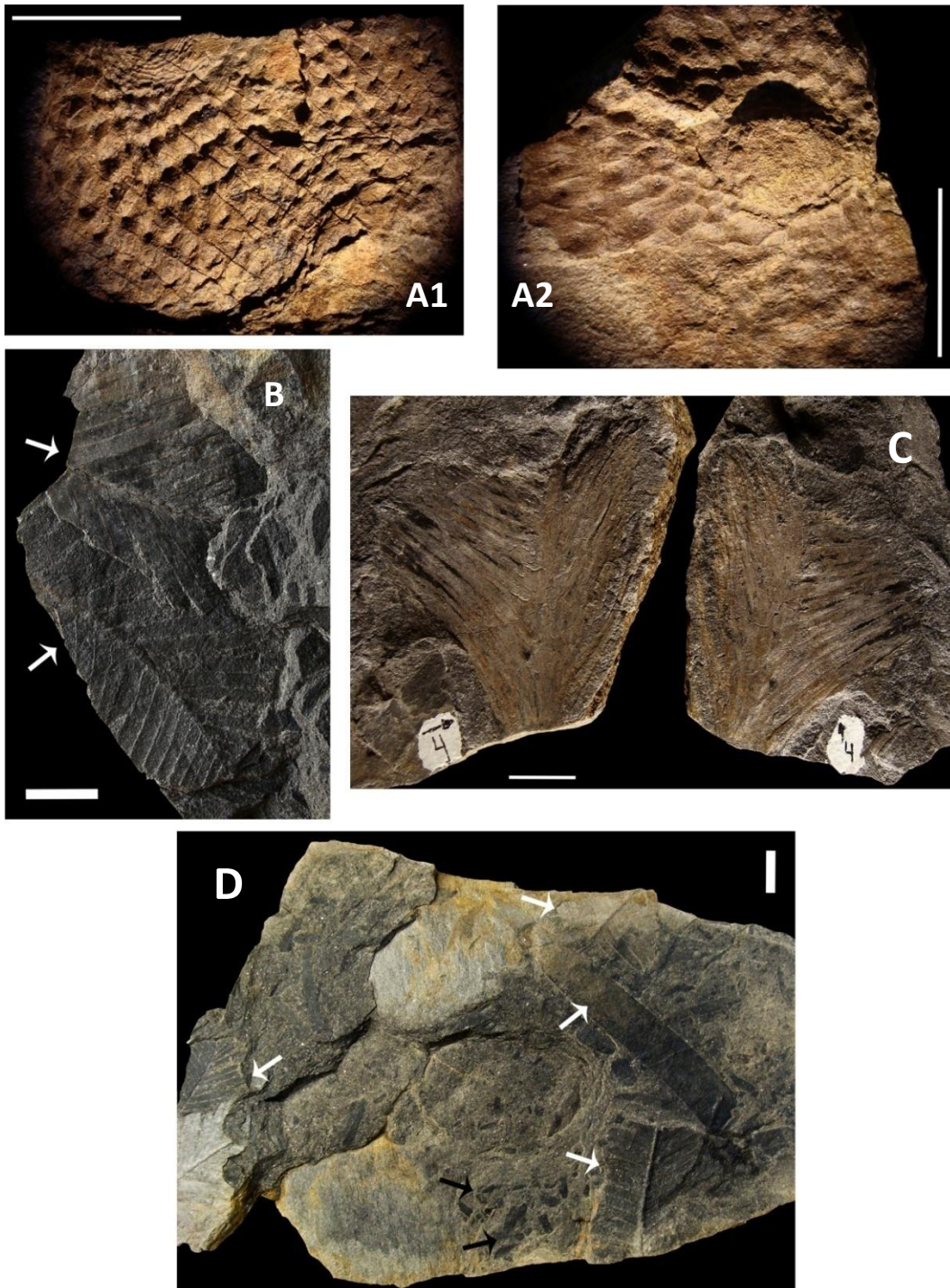


Lámina 7

- (A) *Williamsonia netzahualcoyotlii*. A1 se observan las escamas de forma romboidal. A2 es un acercamiento de la cicatriz del pedúnculo. Peña Colorada CFZ T 258 (1)
- (B) Bloque que muestra la orientación de los ejemplares fósiles para asignar atributos tafonómicos. Orientación espacial preferencial (0). Barranca de la Mina **A** CFZ T 137
- (C) Ejemplar indeterminado que se asemeja a *Cycadolepis*? Se muestra la compresión y la impresión. Barranca de la Mina **A** CFZ T 228 (4).
- (D) Bloque que muestra la orientación espacial de los elementos fósiles para asignar atributos tafonómicos. Con flechas blancas se señalan los diferentes tipos de orientación, preferencial 0) y discordante (1). Con flechas negras se señalan ejemplares indeterminados, aislados y dispersos (0). Barranca de la Mina **A** CFZ T 137.

Escala (A) y (C) 1 cm; (B) 2 cm y (D) 1 cm.

Lámina 7



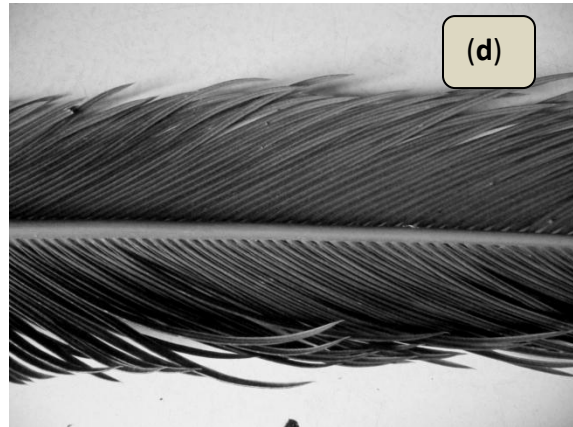
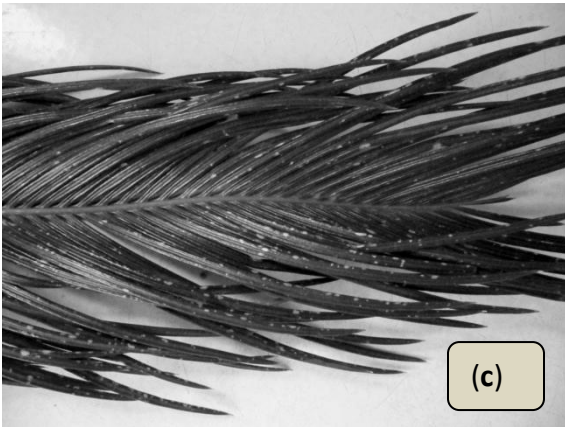
Apéndice

2

- **Simulación de las condiciones de depósito.**

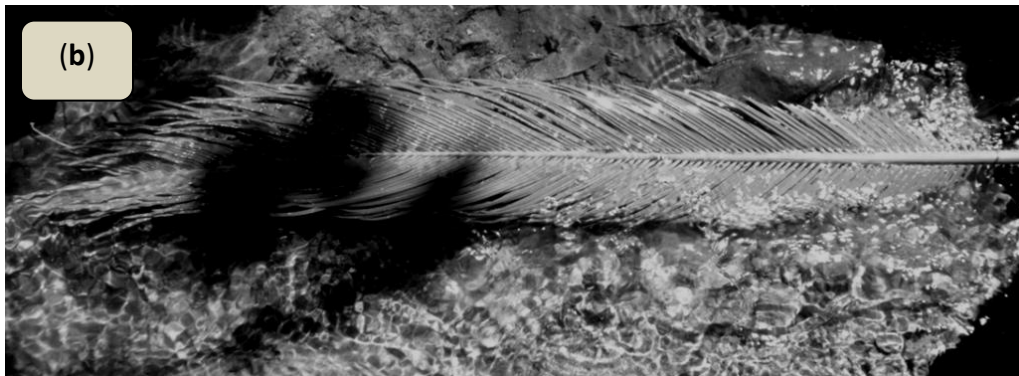
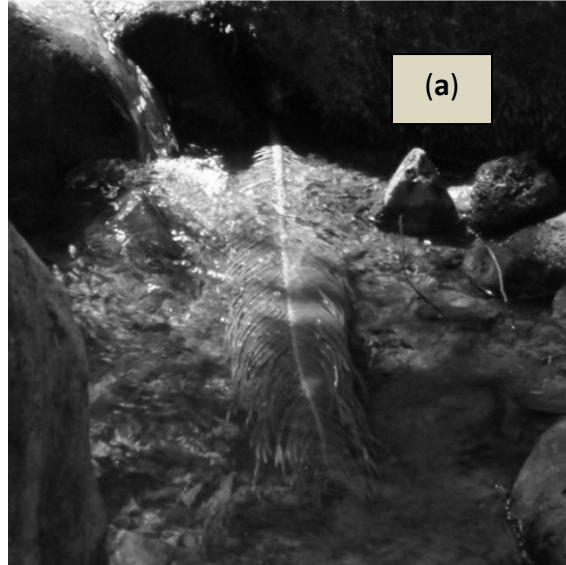
Hoja A. Lamina 1, se muestran las imágenes de la hoja A antes de ser colocada en el Río Magdalena. En **(a)** se muestra la hoja con la cara adaxial en posición normal y en **(b)** con la cara adaxial en posición anormal. **(c)** se observa un acercamiento de la parte apical y en **(d)** se muestra un acercamiento de la parte media de la cara adaxial en posición anormal.

LÁMINA 1



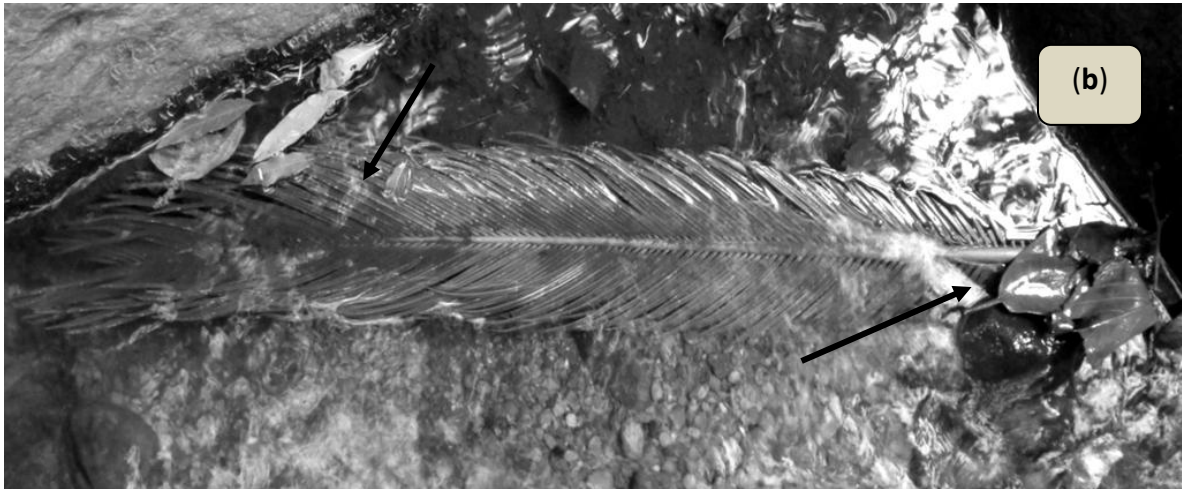
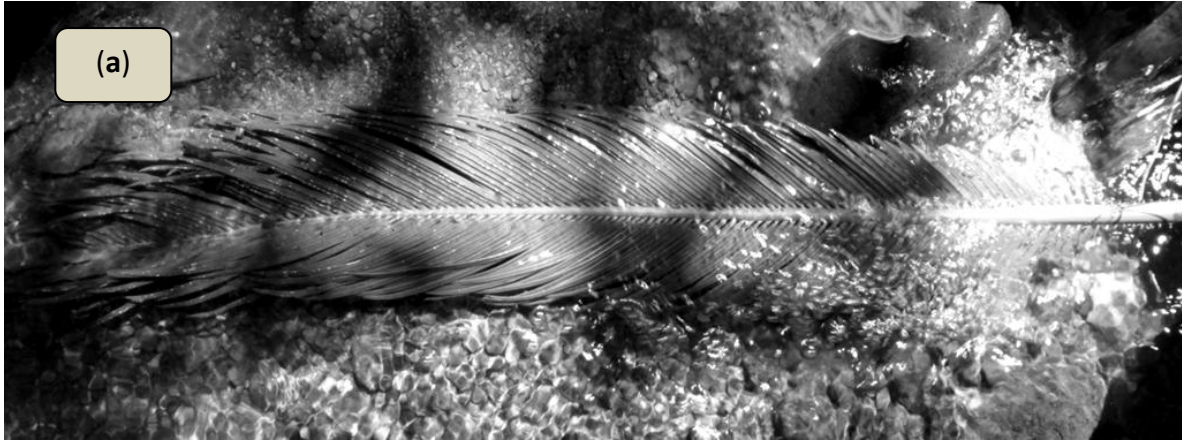
Sitio 1, hoja A. La lámina 2 muestra a la hoja A cuando fue colocada en el Sitio 1 que corresponde a una corriente de baja energía y sedimento fino del Río Magdalena, en (a) se observa la hoja sumergida en el agua, en la semana 1. En (b) se muestra la hoja en la semana 2, se encuentra sumergida y con un poco de sedimento en la parte apical. (c) muestra la hoja de cycada en la semana 3, algunas hojas secas se encuentran sobre ella y son señaladas por una flecha.

LÁMINA 2



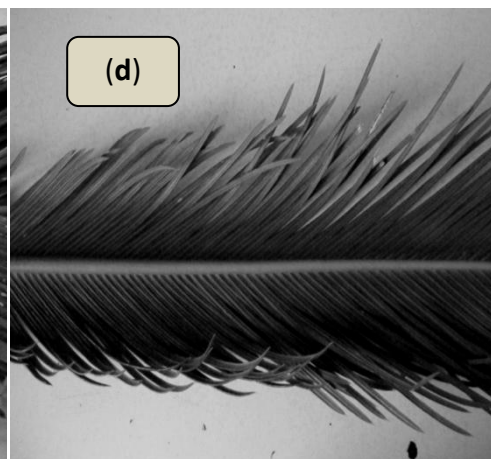
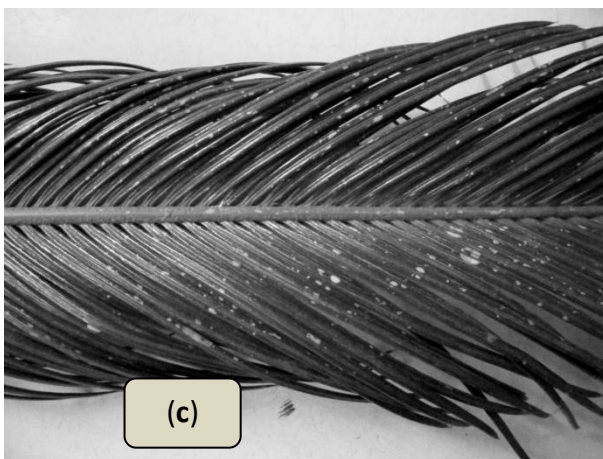
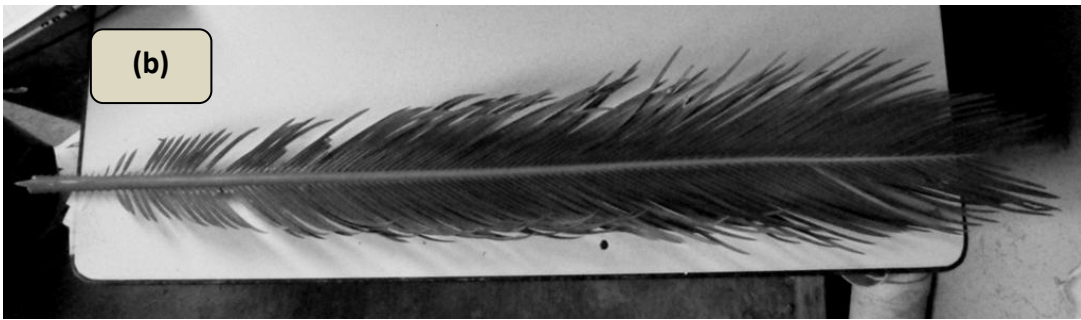
Sitio 1, hoja A. En **(a)** se observa la hoja de cycada en el Sitio 1 durante la semana 4, las hojas secas que estaban en la semana 3 sobre la hoja fueron retiradas por la corriente de agua. En **(b)** se observa a la hoja en diferente posición por efecto de la corriente, con sedimento fino cubriendo algunas partes del ápice (flecha negra) y la parte media de la hoja, además de presentar hojarasca en la parte basal de la hoja (flecha negra).

LÁMINA 3



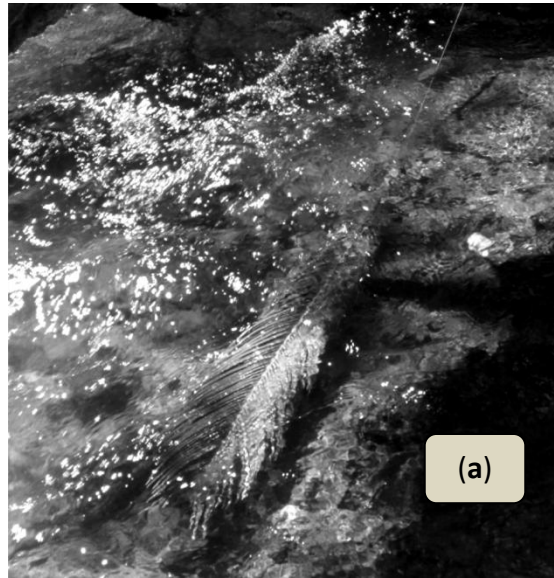
Hoja B. Lámina 4, se muestran las imágenes de la hoja B antes de ser colocada en el Río Magdalena. En **(a)** se muestra la hoja con la cara adaxial en posición normal y en **(b)** con la cara adaxial en posición anormal. **(c)** se observa un acercamiento de la parte apical de la hoja y en **(d)** se muestra un acercamiento de la parte media de la cara adaxial en posición anormal.

LÁMINA 4



Sitio 2, hoja B. En la lámina 5 se observa la hoja de cycada colocada en el sitio 2 (a), dicho sitio presenta una corriente más fuerte que en el sitio 1, además el sedimento aquí es de grano medio. En (b) se muestra la hoja hacia la semana 2, está desprendida de la estaca que la mantenía dentro del agua, debido a la fuerza de la corriente fluvial. Y en (c) se puede observar a la hoja con la cara adaxial en posición anormal, debido también al flujo de la corriente de agua.

LÁMINA 5



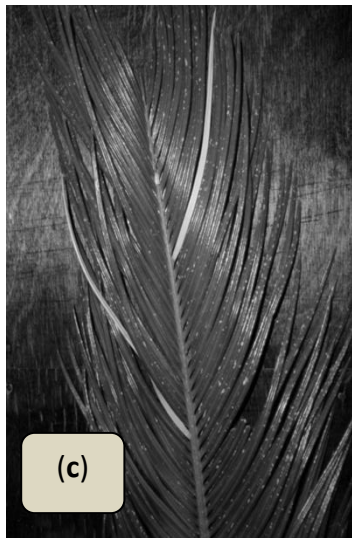
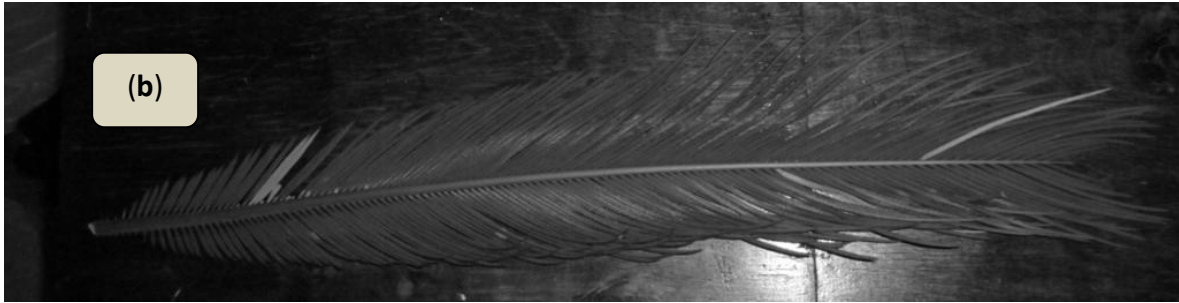
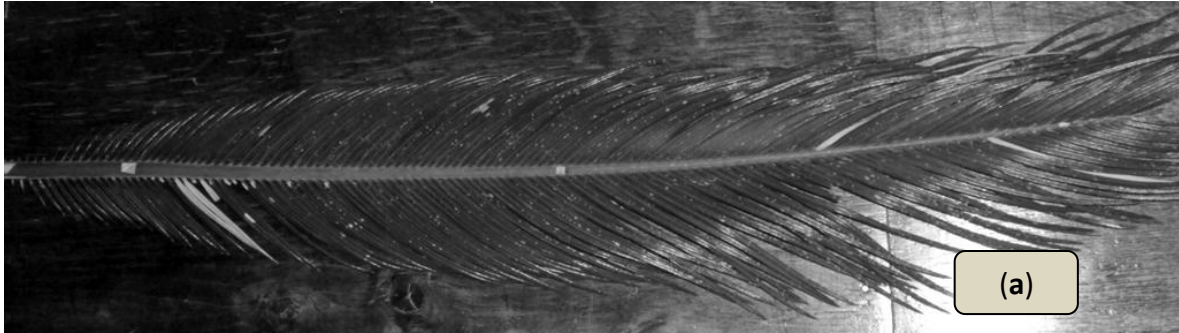
Apéndice

3

▪ Simulación de las condiciones de desecación.

Hoja C. En la lámina 6 se observa en (a) la cara adaxial de la hoja de cycada antes de ser expuesta a los rayos del sol, en (b) se observa la cara adaxial en posición anormal. En (c) y (d) se observan acercamientos de la parte apical de la hoja de ambas caras.

LÁMINA 6



Hoja C. En la lámina 7 se observan los cambios que se presentaron a lo largo de 40 días de exponer la hoja de cycada a los rayos del sol. **(a)** día 5, **(b)** día 6, **(c)** día 10 y **(d)** día 40. Se observa con el paso de los días un cambio en la tonalidad de las pinnas, así como la posición que adoptan éstas con respecto al raquis.

LÁMINA 7



Apéndice

4

Base de datos:

- Atributos tafonómicos

Base de datos atributos tafonómicos

Nomenclatura:

EJEMP: Ejemplar

P: Partes

MAS: Material asociados

TF: Tipo de fosilización

ART ó DEG: Articulación o Degradación

OR ESP: Orientación espacial

ÁN PIN: Ángulo de las pinnas

Ind: Indeterminado

Aul: Autóctono indeterminado

I: Impresión

C: Compresión

CC: Compresión Carbonosa

A1: Parautóctono

A2: Alóctono

EJEM	P	TAXA	MAS	TF	ART ó DEG	OR ESP	ÁN PIN
T136(+,-)		<i>Ptilophyllum</i>	0	I,C	3	0	1
T137(1)		<i>Zamites oaxacensis</i>	2,3,4, A2, Aul	I	0	1	
T137(2)		<i>Ptilophyllum cutchense</i>	1,3,4, A2, Aul	C	3	0	1
T137(3 +,-)		<i>Otozamites hespera</i>	1,2,4,A2, Aul	I,C	3	0	1
T137(4)		<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	1,2,3,A2, Aul	C	3	1	1
T137A2	Ind		1,2,3,4, Aul	I	0	0	
T137Aul		<i>Indeterminado</i>	1,2,3,4, A2	C	3	0	0
T138		<i>Mexiglossa varia</i>	0	I,C	0	0	
T139		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	0
T140(1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	1
T141(1)		<i>Zamites feneonis</i>	2,A2	I	2	0	
T141(2)		<i>Zamites feneonis</i>	1,A2	I	2	1	
T141A2	Ind		1,2	I	3	0	
T142(1)		<i>Zamites tribulosus</i>	10,11	I	0	0	
T142(2)		<i>Otozamites hespera</i>	3,4,5,6,7,8,9,A1,A1	C	3	0	1
T142(3)		<i>Otozamites hespera</i>	2,4,5,6,7,8,9,A1,A1	CC	3	1	1
T142(4)		<i>Otozamites hespera</i>	2,3,5,6,7,8,9,A1,A1	CC	3	1	1
T142(5)		<i>Zamites tribulosus</i>	2,3,4,6,7,8,9,A1,A1	CC	0	0	
T142(6)		<i>Indeterminado</i>	2,3,4,5,6,8,9,A1,A1	CC	0	1	
T142(7)		<i>Indeterminado</i>	2,3,4,5,6,8,9,A1,A1	I	0	0	
T142(8)		<i>Otozamites hespera</i>	2,3,4,5,6,7,9,A1,A1	C	3	0	1
T 142(9)		<i>Otozamites hespera</i>	2,3,4,5,6,7,8,A1,A1	I	3	0	0
T142(10)		<i>Zamites lucerensis</i>	1,11	CC	0	0	
T142(11)		<i>Zamites lucerensis</i>	1,10	CC	0	1	
T143		<i>Zamites</i>		I,C	0	0	

T143A2	Ind			I	0	1	
T144(1)		<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	2	I	3	0	1
T144(2)		<i>Zamites tribulosus</i>	1	I	0	0	
T145(1)Aul		<i>Indeterminado</i>	A2	I	3	0	
T145A2	Ind		1	I,C	0	0	
T146(1)		<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	0		3	0	0
T146(2)		<i>Otozamites hespera</i>	4,A1	C	3	0	0
T146(3)		<i>Zamites feneonis</i>	0	C,I	0	1	
T146(4)		<i>Zamites oaxacensis</i>	2,A1		0	0	
T146A1	Ind		2,4	I	0	1	
T146(5)		<i>Zamites tribulosus</i>	0		0	0	
T147		<i>Zamites oaxacensis</i>	0	I	0	0	
T147A2	Ind		0	I	0	0	
T148		<i>Otozamites hespera</i>	A2,A2	I	3	1	1
T148A2	Ind		1,A2	I	0	1	
T148A2	Ind		1,A2	I	0	1	
T149(1)		<i>Zamites feneonis</i>	0		3	0	1
T149(2)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	1
T150		<i>Zamites feneonis</i>	0	C	3	0	0
T151		<i>Otozamites hespera</i>	0	C	3	0	1
T152A1	Ind		A2,A2	I	0	0	
T152A2	Ind		1, A2	I	0	0	
T152A2	Ind		1,A2	I	0	1	
T153(+,-)		<i>Zamites feneonis</i>	0	I,C	3	0	1
T153A2	Ind		A2	I	0	0	
T153A2	Ind		A2	I	0	0	
T154(1)		<i>Zamites tribulosus</i>	2,A2,A2	I	0	0	
T154(2)		<i>Zamites tribulosus</i>	1,A2,A2	I	0	1	

T154 A2	Ind		1,2,A2	I	0	0	
T154A2	Ind		1,2,A2	I	0	0	
T154	Ind		A2,A2,A2	I	2	0	
T154A1	Ind		Aul,A2,A2	I	2	0	
T154A1	Ind		Aul,A2,A2	I	2	0	
T154A2	Ind		Aul,A2,A2	I	0	1	
T155(1)		<i>Zamites oaxacensis</i>	2,A1	I	1	0	
T155(2)		<i>Zamites oaxacensis</i>	1,A1	I	1	0	
T155A1	Ind		1,2	I	0	1	
T155A1	Ind		A2,A2,A2	C	1	1	
T155A2	Ind		A2,A2,A2	CC	0	0	
T155A1	Ind		A2,A2,A2	CC	1	0	
T155A1	Ind		A2,A2,A2	C	1	0	
T156(1)		<i>Otozamites hespera</i>	2	I	3	1	1
T156(2)		<i>Otozamites hespera</i>	1	I	3	1	
T156(3)		<i>Ptilophyllum pulcherrium</i>	Aul	C	3	0	0
T156Aul		Indeterminado	3	C	3	0	0
T157(+,-)		<i>Zamites lucerensis</i>	0	I,C	3	0	0
T158		<i>Otozamites hespera</i>	0	C	3	0	
T159 (1)		<i>Morfoespecie 5</i>	2,3,4,A2,A2	I	3	0	0
T159 (2)		<i>Morfoespecie 5</i>	1,3,4,A2,A2	I	3	0	0
T159(3)(+,-)		<i>Morfoespecie 5</i>	1,2,4,A2,A2	I,C	3	0	0
T159(4)(+,-)		<i>Morfoespecie 5</i>	1,2,3,A2,A2	I,C	3	0	0
T159A2	Ind		1,2,3,4,A2	I	0	0	
T159A2	Ind		1,2,3,4,A2	C	0	1	
T161(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	0
T163	Ind		0	I	3	0	1

T164		<i>Otozamites hespera</i>	A1	I	3	0	1
T164A1	Ind		1	I	2	0	
T165Aul		<i>Indeterminado</i>	0	I	3	0	
T166		<i>Zamites tribulosus</i>	0	I	0	0	
T169		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	1
T170(1)(+,-)		<i>Zamites tribulosus</i>	A1,A1,A1,A1	I,C	3	0	1
T170A1(+,-)	Ind		1,A1,A1,A1	I,C	2	0	
T170A1(+,-)	Ind		1,A1,A1,A1	I,C	2	0	
T170A1(+,-)	Ind		1,A1,A1,A1	I,C	1	1	
T170A1(+,-)	Ind		1,A1,A1,A1	I,C	2	0	
T175(1)		<i>Zamites tribulosus</i>	A1	I	0	0	
T175A1	Ind		1	I	0	0	
T185(1)(+,-)		<i>Zamites lucerensis</i>	2,A1,A1	I,C	3	0	
T185(2)(+,-)		<i>Zamites feneonis</i>	1,A1,A1	I,C	3	1	
T185A1(+,-)	Ind		1,2,A1	I,C	1	0	
T185A1(+,-)	Ind		1,2,A1	I,C	1	0	
T186(1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	2	I,C	3	0	1
T186(2)(+,-)		<i>Morfoespecie 9</i>	1	I,C	3	0	
T187	Ind		0	I	0	0	
T188(+,-)		<i>Zamites lucerensis</i>	0	I,C	3	0	
T189		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	0
T190(+,-)		<i>Zamites oaxacensis</i>	0	I,C	0	0	
T191(1)		<i>Otozamites hespera</i>	2,A1	I	3	0	
T191(2)		<i>Otozamites hespera</i>	1,A1	I	3	0	1
T191A1	Ind		1,2	I	3	0	0
T192(1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	A1	I,C	3	1	0
T192A1(+,-)	Ind		1	I,C	0	1	

T193(1)(+,-)		<i>Coniopteris arguta</i>	A1,A1,A1,A1	I,C	3	1	
T193A1	Ind		1,A1,A1,A1	I,C	0	1	
T193A1	Ind		1,A1,A1,A1	I,C	3	1	
T193A1	Ind		1,A1,A1,A1	I	0	0	
T193A1	Ind		1,A1,A1,A1	I	0	0	
T194(1)		<i>Zamites lucerensis</i>	A2	I	3	1	0
T194A2	Ind		1	I	0	1	
T202(1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	2,A1,,A1,A1,A1	I,C	3	0	0
T 202(2)(+,-)		<i>Zamites feneonis</i>	1,A1,A1,A1,A1	I,C	3	0	
T202A1	Ind		1,2,A1,A1,A1	I	0	1	
T202A1	Ind		1,2,A1,A1,A1	I,C	0	1	
T202A1	In.		1,2,A1,A1,A1	I	0	1	
T202A1	Ind		1,2,A1,A1,A1	I	0	0	
T202(3)		<i>Zamites oaxacensis</i>	4,5,A1,A1,A1,A1,A1	C	0	0	
T202(4)		<i>Otozamites hespera</i>	3,5,A1,A1,A1,A1,A1	I	3	1	1
T202(5)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	3,4,A1,A1,A1,A1,A1	I,C	3	0	0
T202A1	Ind		3,4,5,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T202A1	Ind		3,4,5,A1,A1,A1,A1	I	0	1	
T202A1	Ind		3,4,5,A1,A1,A1,A1	I	0	1	
T202A1	Ind		3,4,5,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T202A1	Ind		3,4,5,A1,A1,A1,A1	I	3	1	
T202(6)		<i>Zamites</i>	7,A1,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T202(7)		<i>Otozamites</i>	6,A1,A1,A1,A1,A1	I	3	0	0
T202A1	Ind		6,7,A1,A1,A1,A1	C	0	1	
T202A1	Ind		6,7,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T202A1	Ind		6,7,A1,A1,A1,A1	I	3	0	
T202A1	Ind		6,7,A1,A1,A1,A1	I	3	1	
T202A1	Ind		6,7,A1,A1,A1,A1	I	0	1	

T205(1)		<i>Podozamites</i>	7,A1,A1	I	0	0	
T205A1	Ind		1,7,A1	I	1	0	
T205A1	Ind		1,7,A1	I	1	0	
T205(2)		<i>Otozamites hespera</i>	3,9,A1,A1,A1,A1,A1	I	3	0	0
T205(3)		<i>Ptilophyllum cutchense</i>	2,9,A1,A1,A1,A1,A1	I	3	0	0
T205A1	Ind		2,3,9,A1,A1,A1,A1	I	0	1	
T205A1	Ind		2,3,9,A1,A1,A1,A1	I	0	1	
T205A1	Ind		2,3,9,A1,A1,A1,A1	C	0	1	
T205A1	Ind		2,3,9,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T205A1	Ind		2,3,9,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T205A1	Ind		2,3,9,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T205(4)(+,-)		<i>Sphenopteris metzgerioides</i>	5,6,7,8,A1,A1,A1,A1	I,C	3	0	
T205(5)		<i>Zamites tribulosus</i>	4,6,7,8,A1,A1,A1,A1	I	0	1	
T205(6)		<i>Otozamites hespera</i>	4,5,7,8,A1,A1,A1,A1	C	3	1	1
T205(7)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	4,5,6,8,A1,A1,A1,A1	I,C	3	0	0
T205(8)		<i>Zamites oaxacensis</i>	4,5,6,7,A1,A1,A1,A1	C	0	0	
T205 A1	Ind		4,5,6,7,8,A1,A1,A1	I	0	0	
T205A1	Ind		4,5,6,7,8,A1,A1,A1	I	0	0	
T205A1	Ind		4,5,6,7,8,A1,A1,A1	I	0	0	
T205A1	Ind		4,5,6,7,8,A1,A1,A1	I	0	1	
T205(9)		<i>Otozamites hespera</i>	2,3,A1,A1,A1,A1,A1	C	3	0	1
T206(1)		<i>Otozamites hespera</i>	A1,A1,A1	I	3	0	1
T206A1	Ind		1,A1,A1	I	0	0	
T206A1	Ind		1,A1,A1	I	0	0	
T206A1	Ind		1,A1,A1	I	0	1	
T206(2)		<i>Otozamites hespera</i>	A1	I	3	1	0
T206A1	Ind		2	I	0	1	

T207		<i>Zamites</i>	0	I	3	0	
T208(1)		<i>Zamites oaxacensis</i>	2,3,4	I	2	0	
T208(2)		<i>Zamites oaxacensis</i>	1,3,4	I	2	0	
T208(3)		<i>Zamites oaxacensis</i>	1,2,4	I	2	1	
T208(4)	Ind		1,2,3	I	0	1	
T210(+,-)		<i>Zamites feneonis</i>	0	I,C	3	0	
T211(1)(+,-)		<i>Zamites feneonis</i>	A1,A1,A1,A1,A1,A1	I,C	0	1	
T211A1	Ind		1,A1,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T211 A1	Ind		1,A1,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T211 A1	Ind		1,A1,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T211 A1	Ind		1,A1,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T211 A1	Ind		1,A1,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T211 A1	Ind		1,A1,A1,A1,A1,A1	I	0	0	
T212 (1)(+,-)		<i>Zamites feneonis</i>	A1	I,C	3	1	
T212 A1	Ind		1	I,C	0	1	
T212 (2)		<i>Otozamites hespera</i>	3,A1,A1	C	3	0	0
T212 (3)Aul		<i>Indeterminado</i>	2,A1,A1	I	3	0	1
T212 A1	Ind		2,3,A1	I	0	0	
T212 A1	Ind		2,3,A1	I	0	1	
T213 (1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	2,A1	I,C	3	1	0
T213 (2)		<i>Otozamites hespera</i>	1,A1	I	3	0	
T213 A1	Ind		1,A1	I	0	0	
T216		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	1
T217		<i>Zamites feneonis</i>	0	I	0	0	
T218 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	1
T218 (2)(+,-)		<i>Morfoespecie 5</i>	0	I,C	3	0	

T219		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	0
T220		<i>Otozamites hespera</i>	0	C	3	0	1
T221 (1)		<i>Zamites feneonis</i>	2	I	0	0	
T221 (2)Aul		Indeterminado	1	I	3	0	
T222 (+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	1
T223 (1)(+,-)		<i>Zamites feneonis</i>	2,A1,A2,A2	I,C	0	0	
T223 (2)(+,-)		<i>Zamites lucerensis</i>	1,A1,A2,A2	I,C	0	1	
T223 A1	Ind		1,2,A2,A2	I,C	0	1	
T223 A2	Ind		1,2,A1,A2	I	0	0	
T223 A2	Ind		1,2,A1,A1	I	0	0	
T223 (3)		<i>Zamites lucerensis</i>	A2	I	3	0	
T223 A2	Ind		3	I	0	0	
T224 (1)(+,-)		<i>Sphenopteris geopperti</i>	A1,A1,A1	I,C	3	0	
T224 A1	Ind		1,A1,A1	I	0	0	
T224 A1	Ind		1,A1,A1	I	0	0	
T224 A1	Ind		1,A1,A1	I	0	0	
T224 (2)		<i>Zamites tribulosus</i>	A1,A1,A1	I	0	1	
T224 A1		<i>Zamites</i>	2,A1,A1	C	0	0	
T224 A1	Ind		2,A1,A1	I	0	0	
T224 A1	Ind		2,A1,A1	I	0	0	
T225 (1)		<i>Zamites tribulosus</i>	0	I	0	0	
T226 (1)		<i>Zamites feneonis</i>	2	C	3	0	
T226 (2)		<i>Zamites oaxacensis</i>	1	I	0	0	
T227 (2)		<i>Pterophyllum nathorsti</i>	1	I	3	0	
T228 (1)		<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	0	I	3	0	0
T228 (2)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	3,A1	I,C	3	0	1
T228 (3)(+,-)		<i>Zamites tribulosus</i>	2,A1	I,C	0	1	
T228 A1	Ind		2,3	I	0	0	

T229 (1)		<i>Zamites feneonis</i>	2,A2	I	0	0	
T229 (2)(+,-)		<i>Zamites lucerensis</i>	1,A2	I,C	3	1	0
T229 A2	Ind		1,2	I	0	0	
T230 (+,-)		<i>Equisetites</i>	0	I,C			
T231 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	2	I	3	0	0
T231 (2) (+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	1	I,C	3	0	1
T232 (1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	2,A1	I,C	3	0	0
T232 (2)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	1,A1	I,C	3	0	1
T232 A1	Ind		1,2	I	0	0	
T233		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	1
T234		<i>Otozamites hespera</i>	0	C	3	0	1
T235 Aul		<i>Indeterminado</i>	0	I	3	0	0
T236 (1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	1
T237 (1)		<i>Zamites</i>	0	I	0	0	
T238 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	0
T239 (1)Aul		<i>Indeterminado</i>	0	C	3	0	1
T240 (1)Aul		<i>Indeterminado</i>	A1,A1,A2	C	3	0	
T240 A1	Ind.		1,A1,A2	I	0	0	
T240 A1	Ind		1,A1,A2	I	0	0	
T240 A2	Ind		1,A1,A1	I	0	1	
T241 (1)		<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	0	I,C	3	0	1
T242 (1)		<i>Zamites feneonis</i>	0	C	0	0	
T243 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	2	I	3	1	1
T243 (2)		<i>Otozamites hespera</i>	1	I	3	1	
T243 (3)		<i>Otozamites hespera</i>	0	C	3	0	1
T160		<i>Zamites tribulosus</i>	0	I	3	0	1
T162		<i>Zamites</i>	A1	C	3	1	0
T162 A1	Ind		1	I	3	1	

T163 Aul		<i>Indeterminado</i>	0	I	3	0	
T167		<i>Brachyphyllum</i>	0	I,C	3	0	
T168 (1)		<i>Brachyphyllum</i>	2,3	I	3	1	
T168 (2)		<i>Zamites</i>	1,3	I	3	0	0
T168 (3)		<i>Zamites tribulosus</i>	1,2	I	0	0	
T170		<i>Zamites tribulosus</i>	A1,A1,A1	I,C	3	1	1
T170 A1	Ind		1,A1,A1	I,C	1	0	
T170 A1	Ind		1,A1,A1	I,C	1	0	
T170 A1	Ind		1,A1,A1	I,C	1	0	
T171		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	1
T172 (1)		<i>Zamites lucerensis</i>	2	I	3	1	0
T172 (2)		<i>Zamites lucerensis</i>	1	I	3	1	0
T174 (1)		<i>Zamites feneonis</i>	2,A1,A1	I	3	0	0
T174 (2)		<i>Zamites oaxacensis</i>	1,A1,A1	I	0	0	
T174 A1	Ind		1,2,A1	I	0	0	
T174 Aul		<i>Indeterminado</i>	1,2,A1	I	3	1	0
T178		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	0
T179		<i>Zamites feneonis</i>	0	I	3	0	0
T182 (+,-)		<i>Zamites</i>	0	I,C	3	0	
T183		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	0
T184 (1)		<i>Zamites lucerensis</i>	2,3,4,5	C	3	0	0
T184 (2)		<i>Zamites lucerensis</i>	1,3,4,5	I	3	0	0
T184 (3)		<i>Zamites lucerensis</i>	1,2,4,5	I	3	0	
T184 (4)		<i>Zamites lucerensis</i>	1,2,3,5	I	2	0	
T184 (5)		<i>Zamites lucerensis</i>	1,2,3,4	I	2	1	
T195 (+,-) Aul		<i>Indeterminado</i>	0	I,C	3	0	1
T196 (1)		<i>Otozamites</i>	2	I	3	0	
T196 (2)(+,-)		<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	1	I,C	3	0	1

T198 Aul		<i>Indeterminado</i>	0	I	3	0	1
T201		<i>Otozamites hespera</i>			3	0	1
T209 (+,-)		<i>Zamites feneonis</i>	0	I,C	0	0	
T214 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	2,3,A1,A1	I	3	0	0
T214 (2)		<i>Zamites lucerensis</i>	1,3,A1,A1	I	0	0	
T214 (3)		<i>Otozamites hespera</i>	1,2,A1,A1	I	3	1	
T214 A1	Ind		1,2,3,A1	I	0	0	
T214 A1	Ind		1,2,3,A1	I	0	0	
T226 (1)		<i>Zamites feneonis</i>	2	C	2	1	
T226 (2)		<i>Zamites oaxacensis</i>	1	I	0	1	
T245 (+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	0
T246 (+,-)		<i>Indeterminado</i>	0	I,C	0	0	
T247 (1)(+,-)		<i>Zamites oaxacensis</i>	0	I,C	0	0	
T247 (2)		<i>Otozamites hespera</i>	0	C	3	0	0
T248 (1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	A2	I,C	3	0	0
T248 A2	Ind		1	I,C	0	0	
T249 (+,-)	Ind		0	I,C			
T250		<i>Otozamites hespera</i>	0	C	3	0	0
T251 (1)		<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	0	C	3	0	1
T252 (1)(+,-)		<i>Zamites feneonis</i>	2	I,C	0	1	
T252 (2)(+,-)	Ind		1	I,C	3	1	
T253 (+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	0
T254 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I	3	0	1
T254 (2)		<i>Zamites tribulosus</i>	3,4	I	0	1	
T254 (3)		<i>Otozamites hespera</i>	2,4	C	3	0	0
T254 (4)		<i>Otozamites hespera</i>	2,3	I	3	0	
T255 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	A1	I	3	1	0
T255 (2)Aul	Ind		1	C	3	1	0

T256 (1)		<i>Zamites oaxacensis</i>	A1	I	0	0	
T256 A1	Ind		1	I	0	0	
T256 (2)		<i>Zamites oaxacensis</i>	A1	I	0	0	
T256 A1	Ind		1	I	0	0	
T259 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	2	C	3	0	0
T259 (2)	Ind		1	I,C	3	0	
T260 (1)		<i>Otozamites</i>	A1,A1	I	3	1	0
T260 A1	Ind		1,A1	I	0	0	
T260 Aul	Ind		1,A1	C	3	0	1
T261 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	2,3	C	3	1	0
T261 (2)		<i>Zamites</i>	1,3	I	3	0	0
T261 (3)Aul	Ind		1,2	I	3	0	0
T262 (1)		<i>Gonatosorus nathorstii</i>	2,A1	I	3	0	
T262 (2)Aul	Ind		1,A1	I	3	1	
T262 A1	Ind		1,2	I	2	0	
T263 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	2	I	3	0	0
T263 (2)		<i>Otozamites hespera</i>	1	C	3	0	1
T264 (1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	2	I,C	3	1	0
T264 (2)(+,-)	Ind		1	I,C	3	1	
T265		<i>Mexiglossa varia</i>	0	I	0	0	
T266 (1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	
T266 (2)Aul	Ind		A1	I	3	1	
T266 A1	Ind		2	I	3	1	
T267		<i>Pterophyllum</i>	0	I	3	0	1
T268 (1)		<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	A1	C	3	1	0
T268 A1	Ind		1	I	3	1	
T268 (2)(+,-)		<i>Gonatosorus nathorstii</i>	A1,A1	I,C	3	1	0
T268 A1	Ind		2,A1	I	0	0	

T268 A1	Ind		2,A1	I	3	0	1
T268 (3)		<i>Otozamites hespera</i>	4,5,6,A1,A1	I	3	1	1
T268 (4)		<i>Gonatosorus nathorstii</i>	3,5,6,A1,A1	C	3	1	0
T268 (5)(+,-)		<i>Mexiglossa varia</i>	3,4,6,A1,A1	I,C	0	0	
T268 (6)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	3,4,5,A1,A1	I,C	3	0	1
T268 A1	Ind		3,4,5,6,A1	I	3	0	1
T268 A1	Ind		3,4,5,6,A1	C	3	0	
T269 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	2,4,5,6	I	3	0	0
T269 (2)		<i>Otozamites hespera</i>	1,4,5,6	C	3	0	0
T269 (3)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	8	C	3	0	1
T269 (4)		<i>Otozamites hespera</i>	1,2,5,6	I	3	0	0
T269 (5)		<i>Otozamites hespera</i>	1,2,4,6	C	3	0	
T269 (6)		<i>Otozamites hespera</i>	1,2,4,5	C	3	1	0
T269 (7)		<i>Otozamites hespera</i>	0	C	3	1	0
T269 (8)		<i>Otozamites hespera</i>	3	I	3	0	
T270 (1)		<i>Zamites</i>	3,4, A1	I	3	1	0
T270 (2)		<i>Otozamites</i>	0	C	3	0	1
T270 (3)		<i>Zamites feneonis</i>	1,4,A1	I	0	0	
T270 (4)		<i>Zamites</i>	1,3,A1	I	0	1	
T270 A1	Ind		1,3,4	I	0	0	
T271 (1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	1
T271 (2)		<i>Gonatosorus nathorstii</i>	0	I	3	0	
T272 (1)		<i>Elatocladus</i>					
T273 (1)		<i>Elatocladus</i>					
T275 (1)		<i>Otozamites</i>	0	I	3	0	1
T275 (2)(+,-)		<i>Elatocladus</i>					
T277 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	2	I	3	0	1
T277 (2)		<i>Otozamites hespera</i>	1	I	3	0	1

T277 (3)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	1
T278 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	2,3	I	3	0	0
T278 (2)		<i>Otozamites hespera</i>	1,3	C	3	0	0
T278 (3)		<i>Coniopteris arguta</i>	1,2	I	3	0	0
T279 (1)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	0	I,C	3	0	0
T279 (2)		<i>Gonatosorus nathorstii</i>	0	I	3	0	
T280 (1)(+,-)		<i>Otozamites</i>	2,A1	I,C	3	1	0
T280 (2)(+,-)		<i>Cladophlebis sp. cf. denticulata</i>	1,A1	I,C	3	0	0
T280 A1	Ind		1,2	I	0	0	
T280 (3)(+,-)		<i>Gonatosorus nathorstii</i>	4,5,6,7,A1	I,C	3	0	0
T280 (4)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	5,6,7,A1	I,C	3	0	0
T280 (5)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	4,6,7,A1	I,C	3	0	0
T280 (6)(+,-)		<i>Otozamites hespera</i>	4,5,7,A1	I,C	3	0	0
T280 (7)(+,-)		<i>Coniopteris arguta</i>	4,5,6,A1	I,C	3	0	0
T280 A1	Ind		4,5,6,7	I	0	0	
T280 (8)(+,-)		<i>Ptilophyllum acutifolium</i>	9,A1,A1	I,C	3	0	1
T280 (9)		<i>Cladophlebis sp. cf. denticulata</i>	8,A1,A1	I	3	0	0
T280 A1		<i>Otozamites</i>	8,9,A1	C	0	0	
T280 A1		<i>Otozamites</i>	8,9,A1	C	0	0	
T281 (1)		<i>Otozamites hespera</i>	A1	C	3	1	1
T281 A1	Ind		1	I	0	1	
T282		<i>Otozamites</i>	0	I	0	0	
T283 (1)		<i>Pelourdea</i>	A1,A1	I	0	0	
T283 A1	Ind		1,A1	I	0	0	
T283 A1	Ind		1,A1	I	0	0	
T284 (1)		<i>Zamites lucerensis</i>	0	I	3	0	0

