



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Descripción de Filicales del Jurásico Medio de la  
Formación Zorrillo en la localidad de Mixtepec, Oaxaca

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

ALBARRÁN ALMARÁZ ENRIQUE EMMANUEL

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

CDMX. Abril 2020





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II por permitirme formar parte de esta prestigiosa casa de estudios y guiarme en mi formación académica.

A la Doctora María Patricia Velazco de León por permitirme integrar a la colección paleontológica de la FES Zaragoza, por sus enseñanzas y guía a través de mi trayecto como estudiante de 7°,8°, servicio social y tesista.

A mis sinodales M. en C. Evangelina Galván Mendoza, Dra. Erika Lourdes Ortiz Martínez, Biol. Rigoberto Rodríguez Becerra y M. en C. María Magdalena Ayala Hernández, por enriquecer con su conocimiento este trabajo.

A mis compañeros de colección paleontológica (Diana, Eli, Miguel, Diego, Pedro y Leo) por su amistad, apoyo y por compartir todas esas experiencias y aventuras en nuestras salidas de campo, congreso, colección y laboratorio.

A los maestros Martha Ortiz Rojas, Raúl Arcos Ramos, Espitia Licea y Gerardo Cruz Flores, por apoyarme en ese momento que más ayuda necesitaba.

A mi familia por apoyarme y estar a mi lado en todo el transcurso de la carrera.

A mi hermana por apoyarme con sus conocimientos en Photoshop.

## Índice.

	Páginas
Resumen .....	1
I. Introducción .....	2
II. Procesos de fosilización en plantas .....	2
III. Marco teórico .....	2
3.1. Helechos, grupo de herbáceas predominantes en el Jurásico .....	3
3.2. Generalidades de familias presentes en el periodo Jurásico de México .....	5
3.2.1. Familia Matoniaceae .....	5
3.2.2. Familia Dicksoniaceae .....	6
3.2.2.1. Género <i>Coniopteris</i> .....	6
3.3. Incertae sedis .....	7
3.3.1. Morfogénero: <i>Cladophlebis</i> .....	7
3.3.2. Morfogénero: <i>Sphenopteris</i> .....	11
3.3.3. Morfogénero: <i>Korallipteris</i> .....	12
IV. Antecedentes .....	12
V. Planteamiento del problema .....	13
VI. Zona de estudio .....	13
6.1. Localidad San Juan Mixtepec .....	13
6.2. Formación Zorrillo .....	16
VII. Justificación .....	17
VIII. Objetivos .....	17
8.1. Objetivo general .....	17
8.2. Objetivo particular .....	18
IX. Metodología .....	18
X. Resultados .....	21
10.1. Determinación Taxonómica .....	21
XI. Comparación de las cantidades de filicales en base a su género .....	45
XII. Análisis de los ejemplares asignados a <i>Korallipteris</i> .....	46
XIII. Análisis de los ejemplares asignados a <i>Coniopteris</i> .....	47
XIV. Análisis de los ejemplares asignados a <i>Sphenopteris</i> .....	47

XV. Análisis de los ejemplares de helechos indeterminados y el género <i>Cladophlebis</i> .....	47
XVI. Conclusiones .....	47
XVII. Recomendaciones.....	48
XVIII. Referencias.....	48
XIV. Anexo .....	53

### Índice de Figuras.

Figura 1. Morfología de un helecho .....	3
Figura 2. Mapa de biomas del Jurásico .....	4
Figura 3. Diferentes tipos de pinnulas mostrando una venación del tipo <i>Cladophlebis</i> .....	10
Figura 4. Imagen satelital de la ubicación de la zona de estudio, de San Juan Mixtepec ....	14
Figura 5. Sección estratigráfica de la localidad San Juan Mixtepec .....	15
Figura 6. Fotografía de la localidad Mixtepec.....	16
Figura 7. Diferentes tipos de división de láminas en helechos.....	20
Figura 8. Acomodo anadromo y catadromo en pinnas, pinnulas y venación. ....	21
Figura 9. Ejemplar CFZ M59-1 (A) .....	23
Figura 10. Ejemplar CFZ M97-3 (A) .....	25
Figura 11. Ejemplar CFZ M61-3.....	26
Figura 12. Ejemplar CFZ M94 .....	28
Figura 13. Ejemplar CFZ M96(A).....	29
Figura 14. Ejemplar CFZ M98 (A).....	30
Figura 15. Ejemplares CFZ M99-4 (B) .....	32
Figura 16. Ejemplares CFZ M93 (A) .....	33
Figura 17. Ejemplar CFZ M99-3 positivo (A) y negativo (B) .....	34
Figura 18. Ejemplar CFZ M101 positivo (A) y negativo (B).....	36
Figura 19. Ejemplares CFZ M32-1 (C-1), CFZ M32-2 (C-2), CFZ M32-3 (A) y CFZ M32-4 (B), CFZ M59-6 (D) .....	38
Figura 20. Ejemplar CFZ M78-4.....	39
Figura 21. Ejemplares CFZ M62-1 (A) y CFZ M62-2 (B) .....	41
Figura 22. Ejemplares CFZ M59-2 (1) y CFZ M59-2.1 (2).....	42
Figura 23. Ejemplar CFZ M95 negativo (B) y positivo (A).....	43

### Índice de cuadros.

Cuadro 1. Principales características morfológicas de los géneros de la familia Matoniaceae .....	5
Cuadro 2. Géneros y especies de filicales reportadas para el Jurásico de México.....	12
Cuadro 3. Caracteres cualitativos empleados en la determinación de helechos.....	18

Cuadro 4. Caracteres cuantitativos empleados para la determinación de helechos.....	19
Cuadro 5. Agrupamiento taxonómico a nivel orden del total de los ejemplares de la localidad San Juan Mixtepec .....	44
Cuadro 6. Número total de géneros de los filicales de la localidad San Juan Mixtepec .....	45

### **Índice de gráficas**

Grafica 1. Comparación de porcentajes de los órdenes de la localidad San Juan Mixtepec .....	45
Grafica 2. Comparación del porcentaje de géneros de filicales. ....	46

## Resumen

Éste es el primer trabajo en donde se describen los helechos de la localidad jurásica de San Juan Mixtepec, en el estado de Oaxaca. Perteneciente a la Formación Zorrillo, para esta localidad se han identificado diferentes órganos de gimnospermas. Sin embargo, la taxonomía de los helechos no se había efectuado.

A la fecha se cuenta con un total de 258 ejemplares de plantas fósiles pertenecientes a esta localidad, de los cuales 28 corresponden a helechos. Después de seleccionar el material mejor conservado, se les aplicaron técnicas curatoriales, midieron, describieron y se consultó bibliografía especializada para su identificación. Los ejemplares fueron asignados a los géneros *Coniopteris*, *Cladophlebis*, *Sphenopteris* y un género nuevo reportado para México *Koralipteris*.

## **I. Introducción**

Paleobotánica es el estudio de plantas fósiles en tiempo geológico. Se refiere a la historia de la vegetación de la Tierra en escalas de tiempo evolutivas, que abarca a escala global tanto largos períodos de relativa estabilidad climática como episodios de agitación atmosférica y climática intensa (McElwain, 2018).

Uno de los aspectos de la paleobotánica que lo hace inusual e interesante, es que es inherentemente interdisciplinario y se puede abordar desde un punto de vista biológico o geológico, o ambos (Taylor et al, 2009).

## **II. Procesos de fosilización en plantas**

Los principales tipos de fosilización vegetal son: impresión, compresiones o incrustaciones y carbonización (Silva-Pineda y Buitrón, 1998).

**Impresión:** son los tipos de fósiles vegetales más comunes. Se forman cuando los sedimentos sobre restos vegetales se compactan, luego la materia orgánica desaparece al descomponerse, quedando su molde externo. Al compactarse los sedimentos destruyen los rasgos grabados por el vegetal (Silva-Pineda y Buitrón, 1998).

Cuando las estructuras son resistentes como las hojas de los vegetales y las fructificaciones, las impresiones son más fuertes y suelen estar reforzadas por una película de carbón, resultado de la reducción de los compuestos orgánicos (Silva-Pineda y Buitrón, 1998).

**Compresión:** se lleva a cabo en partes no mineralizadas depositadas en sedimento, las paredes celulares se ablandan y colapsan los espacios celulares internos; pérdida de gas, humedad y solubles, los residuos alterados consolidados se convierten en carbón a medida que los depósitos se litifican. La distorsión (compresión) es direccional y solo en el plano vertical. La división comúnmente produce una parte carbonizada, una contraparte de impresión. Al envejecer, la sustancia carbonizada puede perderse o exfoliarse, dejando impresiones en la superficie de la roca (Schopf, 1975).

## **III. Marco teórico**

El periodo Jurásico inició hace aproximadamente 199.6 Ma, tuvo una duración aproximada de 56 millones de años (Cohen et al., 2019). Durante el Jurásico Medio el clima se volvió más cálido y provocó un descenso en la diversidad de helechos, restringiéndolos a zonas húmedas. Sin embargo, Van Konijnenburg-Van Cittert (2002) indica que algunos toleraron estos cambios y pudieron vivir en zonas de mucho estrés hídrico, pese a este cambio climático. Algunos autores señalan que los helechos siguieron siendo la vegetación herbácea dominante durante el Jurásico, debido a que sus fósiles son muy abundantes (Silva-Pineda, 1978a; Adame Juárez, 2007).

Silva-Pineda (1978a) menciona: “El estudio de la flora fósil de México, basado en material macroscópico, constituye un campo relativamente restringido, ya que los afloramientos continentales con plantas bien conservadas son relativamente escasos”. Sin embargo, actualmente esa visión ya no es vigente, dado que en la actualidad se han encontrado nuevos afloramientos de paleoflora del Jurásico en nuestro país; aunque si podríamos coincidir en que “Dentro de las floras Jurásicas de México, las mejor conocidas y conservadas son las plantas de Oaxaca” (Velasco de León, común. Pers.).

### 3.1. Helechos, grupo de herbáceas predominantes en el Jurásico:

La división Monilophyta incluye al orden Filicales y dentro de éste, se incluyen los helechos. Son plantas vasculares provistas de rizomas, raquis y hojas que se conocen como frondas. Presentan estructuras reproductoras representadas por soros, que contienen esporangios (Figura 1). Este grupo se conoce a partir del Devónico, alcanzó un gran desarrollo en el Carbonífero y fue la vegetación herbácea dominante en el Jurásico (Adame Juárez, 2007).

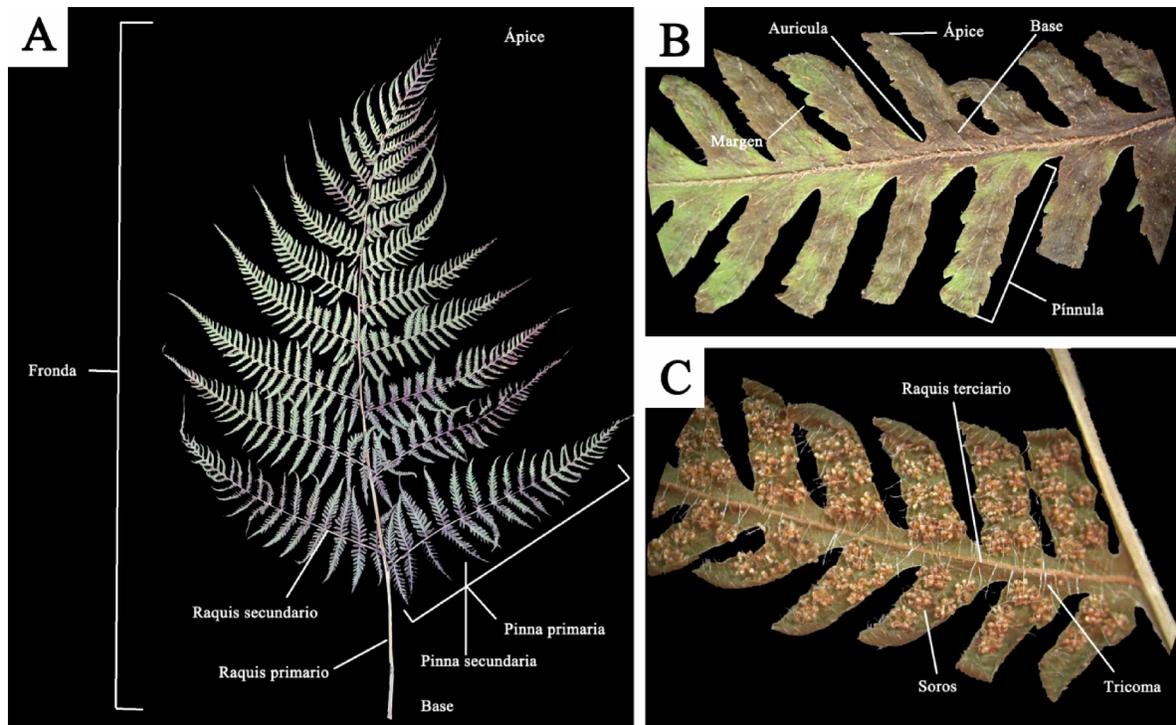


Figura 1. Morfología de un helecho. En el recuadro A se muestra las partes que componen la fronda de un helecho, en los recuadros B y C se muestra las partes que componen las pinnas.

Los fósiles de los helechos están bien representados en México y en el mundo por las familias Osmundaceae, Matoniaceae, Dipteridaceae y Dicksoniaceae, esta última fue la más abundante en el Mesozoico. Durante esta era, la mayoría de los helechos habitaron en lugares cálidos y húmedos de áreas tropicales y subtropicales (Adame Juárez, 2007; Ortiz

Martínez, 2014). Willis y McElwain (2002) realizaron un mapa de Biomas del Jurásico, en él se observa que los helechos habitaban en casi todos los climas de ese tiempo (Figura 2).

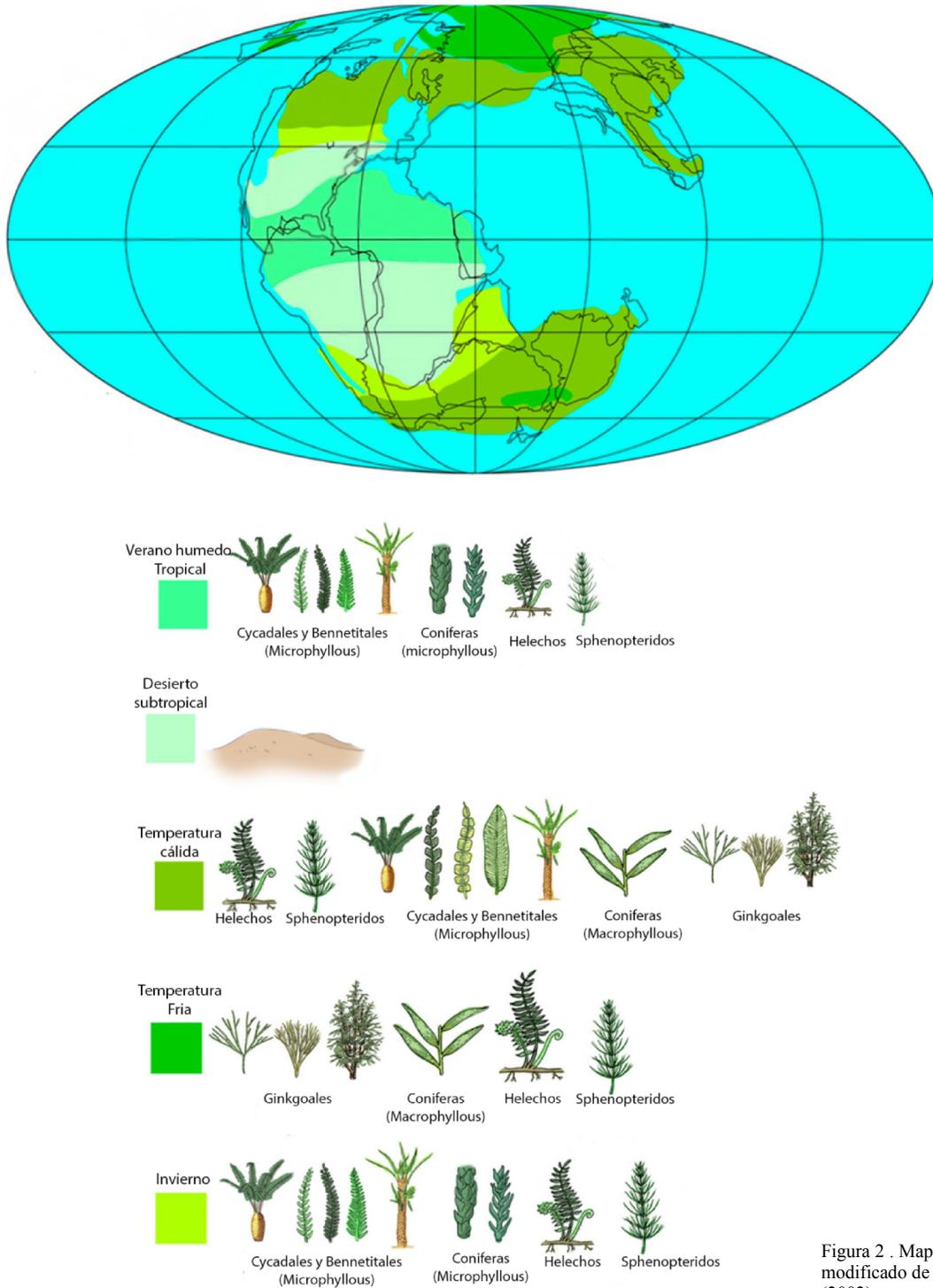


Figura 2 . Mapa de biomas del Jurásico, modificado de Willis y McElwain (2002).

### 3.2. Generalidades de familias presentes en el periodo Jurásico de México

#### 3.2.1. Familia Matoniaceae

La familia Matoniaceae está representada por solo dos géneros con representantes actuales: *Matonia* R. Brown y *Phanerosorus* Copeland. Esta familia era más abundante en el pasado, ya que hay muchos representantes fósiles especialmente en el Mesozoico, donde se han reconocido ocho géneros. La familia dejó de estar presente en Hemisferio Norte durante el Cretácico Superior probablemente debido a los cambios climáticos. Esta familia junto con Gleicheniaceae e Hymenophyllaceae, pertenece a los más antiguos helechos de descendencia temprana sobrevivientes hasta el presente (Tidwell and Ash, 1994; Van Konijnenburg-Van Citter, 1993, 2002; Weber, 2008).

De acuerdo con el registro fósil sus frondas fueron bastante grandes y tuvieron una forma de tipo “pedal”, en este tipo de ramificación, la fronda se divide por encima del pecíolo en dos partes iguales, cada una de las cuales presenta una serie de dicotomías catádomas desiguales. Cada pinna resultante es pinnatifida. Los géneros de follaje están separados entre sí principalmente por caracteres sorales, indusiales y de venación (Tidwell and Ash, 1994; Van Konijnenburg-Van Citter, 2002) Cuadro 1.

La ecología de todos estos helechos fue muy heterogénea e incluso se desarrollaron en distintos ambientes, entre ellos: sotobosque, riveras de ríos, e incluso en ambientes áridos (Van Konijnenburg-Van Citter, 2002).

En México los primeros géneros jurásicos de *Phlebopteris* y *Piazopteris* fueron reportados por Wieland (1914-1916) bajo los nombres de *Laccopteris* y *Alethopteris*, posteriormente Person y Delevoryas (1982) reexaminaron el material de Wieland y concluyeron que los ejemplares caen dentro del rango de *Piazopteris branneri*, en el caso del ejemplar que Wieland identificó como *Laccopteris*; Person y Delevoryas mencionaron que está pobremente preservado, de tal manera que prefieren mantenerlo en el género *Phlebopteris*.

Cuadro 1. Principales características morfológicas de los géneros de la familia Matoniaceae, destaca los géneros reportados para México (azul fuerte) (modificado de Van Konijnenburg-Van Citter, 1993)

Género	Morfología de la hoja	Forma del soro	indusio	Forma del esporangio
<i>Phlebopteris</i>	Pinnada	Redondo	Ausente	Ovoide
<i>Matonidium</i>	Pinnada	Redondo	Pequeño	Ovoide
<i>Matonia</i>	Pinnada	Redondo	Presente	Ovoide
<i>Selenocarpus</i>	Pinnada	Reniforme	Ausente	Ovoide
<i>Nathorstia</i>	Pinnada	Redondo	Posiblemente presente	Cuneiforme

<i>Piazopteris</i>	Bipinnada	Redondo	Ausente	Ovoide
<i>Delosorus</i>	Bipinnada	Redondo	Presente	Ovoide
<i>Weichselia</i>	Bipinnada	Grupo globular	Presente	Ovoide

### 3.2.2. Familia Dicksoniaceae

Estos helechos son representantes característicos de la flora del Jurásico. La familia aparece repentinamente en abundancia y diversidad en el Jurásico Inferior y Medio (Van Konijnenburg-Van Cittert, 1989).

Los representantes actuales de la familia Dicksoniaceae son de hábito arborescente, sin embargo, estos no son parecidos a sus ancestros del Mesozoico. La diferencia más notoria radica en que los helechos del Mesozoico no presentan estípites gruesos, lo que podría indicar que no fuesen arborescentes, en su lugar se han encontrado rizomas rastreros con estípites adheridos que posibilitan su hábito herbáceo (Deng, 2002; Deng y Lu, 2006).

Estos fósiles son un componente importante en las floras del Jurásico y Cretácico, tienen gran significado estratigráfico, debido a su rápida evolución, además indican una edad del estrato que los soporta y muestran la relación entre los estratos en diferentes áreas, con especies índice, como *Eboracia lobifolia* (Phillips) Thomas y *Acanthopteris gothani* Sze. (Deng y Lu, 2006).

#### 3.2.2.1. Género *Coniopteris* Brongniart, Harris (1961)

El género *Coniopteris* fue un componente típico de la flora mesozoica, con una amplia distribución en ambos hemisferios, desde el Jurásico Temprano hasta el Cretácico Temprano (Chunxiang Li et al., 2019).

A la fecha, este género se ubica dentro de la familia Dicksoniaceae sin embargo Chunxiang Li et al. (2019) reanalizaron la posición sistemática de *Coniopteris* y con base en datos morfológicos y moleculares propusieron que este género está más estrechamente relacionado con Polyodiales.

Brongniart (1849) describe a *Coniopteris* como la transición de *Pecopteris* a *Sphenopteris*, y caracteriza este género por sus pínulas separadas del raquis común, lobuladas y denticuladas, pinnas acortadas y ligeramente pinatífidas. Posteriormente Harris (1961) enmienda el género con la siguiente diagnosis:

Raquis liso o peludo, nunca escamoso. Fronda dos o más veces pinnada. Hojas estériles o partes de la hoja, pinnas divididas en pínulas en forma de cuña o finamente disectadas. En hojas fértiles o partes de la hoja, segmentos fértiles que llevan soros marginalmente en los extremos de las venas laterales, o soros que aparecen pedunculados. Soros con una placenta corta y un indusio en forma de copa, a veces aplanado en el plano de la lámina, o más o menos dividido en lóbulos superior e inferior. Esporangios bastante

pequeños, más bien en forma de cuña; anillo bien desarrollado, casi vertical pero probablemente completo. Tallo corto y grueso; número de esporas sobre 64; esporas redondeadas tetraédricas con paredes casi lisas.

### 3.3. Incertae sedis

#### 3.3.1. Morfogénero: *Cladophlebis* Brongniart 1849

Brongniart (1849; pág. 25) propuso este género, en base a ejemplares que poseían características intermedias entre, *Pecopteris* y *Neuropteris* con la siguiente diagnosis:

Pinnulas que no están aisladas del raquis, pero que son adherentes, aunque a menudo libres entre ellas, e incluso parcialmente contraídas, tienen aurículas cortas redondeadas en su base. Las venas son menos finas, más separadas y nacen menos oblicuas a la vena mediana, que, aunque disminuye hacia el extremo, se extiende claramente hasta el ápice, sus venas secundarias son curvas y dicotómicas.

En 1873 Saporta define el género con más precisión basado en la división de la fronda:

“**Frons pinnatim divisa**, pinnulae ab alterutra discretae vel vix inter se cohaerentes rachi tota basi adnatae aut plus minusve contractae subque auriculatae integrae ratiusve dentatae, nervuli e nervo medio orti apicem versus attenuati vel evanidi primum obliqui, dein curvati furcatoque divisi”

En 1874 Schimper enmendó la diagnosis de Saporta (1873). Aportando que la ramificación de las pinnas es abierta.

“Frondes bipinnatim divisaе, **pinnis patentibus**, lobis seu pinnulis tota basi insidentibus, interdum confluentibus, raro breviter auriculatis, acuminatis vel obtusis, hic illic, praecipue apice, denticulatis, haud raro sursum subfalcatis ; nervo medio sat valido, nervis secundariis sub angulis acutis vel patentioribus orientibus, paulum supra basin dichotomis et repetito-dichotomis, tenuibus et tenuissimis”.

En 1889 Fontaine mantuvo la diagnosis de Schimper pero le hizo un pequeño cambio; mencionando “Si modificamos la descripción de Schimper para que sea leída, **vena media fuerte en la base, y hacia la cima disolviéndose en ramas**, tenemos una descripción muy precisa de un grupo de helechos que es fuertemente característico del Jurásico, y que tiene derecho completamente a ser llamado un género como es *Sphenopteris* o *Pecopteris*.” y agregó que este género que solo debe albergar ejemplares estériles mesozoicos.

En 1894 Seward retoma y modifica la definición de Schimper:

“frondas divididas pináneamente, pinnas extendidas, lóbulos o pínulas unidas por toda la base o ligeramente contraídas hacia el lugar de unión, rara vez algo auriculadas, acuminadas u obtusas, ocasionalmente dentadas, especialmente en el ápice, no raramente subfalcamente curvado hacia arriba, nervio central fuerte en la base, y hacia la cumbre disolviéndose en ramas, venas secundarias desprendidas en un ángulo más o menos agudo, dicotómico un poco por encima de la base, y repetidamente dicotómico”.

Pero propone especies que no tienen características típicas de *Cladophlebis*, entre ellas *Cladophlebis browniana* que fue reportada para México por Pearson y Delevoryas en 1982, esta especie es criticada porque no tiene la venación típica de *Cladophlebis*; Otros son Tanto Schimper como Fontaine y Seward que propusieron especies que no se ajustan a las características típicas de *Cladophlebis*.

En 1903 Zeiller crea una nueva diagnosis propia, en la cual no enmienda a ninguno de los anteriores autores.

“Fronzas generalmente bipinadas, las pínulas generalmente son bastante grandes, más o menos arqueados hacia adelante, con bordes paralelos o ligeramente convergentes hacia la parte superior, enteros o brevemente dentados. Nervadura media neta, más o menos arqueada hacia adelante; nervios secundarios generalmente ascendentes, una o más veces bifurcado”.

El siguiente autor que estudio este género fue Frenguelli (1947), quien realiza uno de los estudios más completos. Cabe mencionar que se basó en Zeiller para realizar su diagnosis.

Fronzas grandes bipinnadas, con raquis rígido pero relativamente delgado, pinnas lineares alargadas, alternas u opuestas e insertas al raquis de la fronda oblicuamente, a menudo con un ángulo de inclinación agudo. Sus pínulas pueden ser, alternas, forma linear o linear lanceolada, más o menos alargada, y uniforme en el sentido de que no muestra diferenciaciones morfológicas considerables en relación con su posición en la fronda y en relación con la pinna; la principal modificación corresponde a una progresiva disminución de las pínulas mismas, desde la base donde son más grandes, hasta el ápice donde son más pequeñas. Su base de inserción al raquis es ancha, raramente un poco restringida: cuando existe una leve restricción basal, ésta ordinariamente se efectúa en el borde proximal (catádro), raramente en el distal (anádro) o en ambos; en este último caso, el borde anádro de la base a veces es muy levemente auriculado. En la misma base, el borde de inserción posterior solo a veces en muy pequeño grado es decurrente; el anterior a menudo es levemente procurrente. Los bordes de la lámina son subparalelos entre sí en la mayor parte de la pínula o levemente convergentes, aproximándose luego progresiva pero rápidamente para contornear un ápice agudo, a veces de punta roma,

siempre más o menos dirigida hacia arriba, ambos bordes, a veces levemente ondulados y otros algo dentados especialmente en la porción apical de la pinnula: en ellos pueden existir pequeñas lobulaciones pero nunca se observan escotaduras o senos profundos, ni lóbulos o dientes muy pronunciados. En su conjunto es siempre más o menos falcada: su nervadura anádroma a veces es mínima pero siempre evidente; solo las pinnulas basales en las pinnas mayores pueden ser casi derechas. A lo largo del raquis, las pinnulas son contiguas: el borde anádromo más o menos cóncavo de una pinnula se ajusta al borde catadromo más o menos convexo de la pinnula que le sigue en su posición natural, estos bordes nunca se superponen o solo se imbrican en grado mínimo; cuando existe una leve auriculación del borde basal anterior, las pinnulas llegan a separarse pero siempre por un espacio muy reducido. Su separación puede considerarse completa, si bien a menudo queda una pequeña porción de lámina basal que une entre sí las pinnulas muy junto a su inserción: esta pequeña porción de lámina nula o casi nula en las pinnulas de la base de la pinna va muy lentamente estrechándose hacia el ápice de la pinnula misma, donde las pinnulas, que también han reducido su tamaño se hacen más o menos confluyentes entre sí, por una porción más o menos ancha de su base. Su nervadura es realmente típica del tipo *Cladophlebis*. El nervio medio, algo más robusto que los nervios laterales, especialmente en su porción proximal, es recto o algo tortuoso: en su base es siempre decurrente, si bien a veces por un trecho muy breve: y al aproximarse al ápice de la pinnula desaparece disolviéndose en nervios secundarios, los nervios laterales módicamente oblicuos y alternos, se bifurcan siempre en dicotomías regulares a lo largo de la mayor parte de las pinnulas y solo en la posición apical algunos nervios permanecen simples. La dicotomía se efectúa en forma de horquilla con ramas paralelas o subparalelas, en algunos casos algo divergentes. En algunas especies los nervios laterales se bifurcan siempre solo una vez; en otras dos o hasta tres veces, sucesivamente; en algunas especies con dicotomía simple, una rama (especialmente la distal) o ambas ramas de los nervios laterales basales o de la porción proximal de la pinnula pueden bifurcarse por segunda vez. La única bifurcación en las especies con horquillas simples y la primera bifurcación en las especies con dicotomía doble o triple generalmente se efectúan muy cerca del nervio mediano, esto es en la proximidad de su nacimiento. La forma de ramificación de los nervios laterales es constante para cada especie y, por lo tanto, puede ser útil como elemento taxonómico (Figura 3).

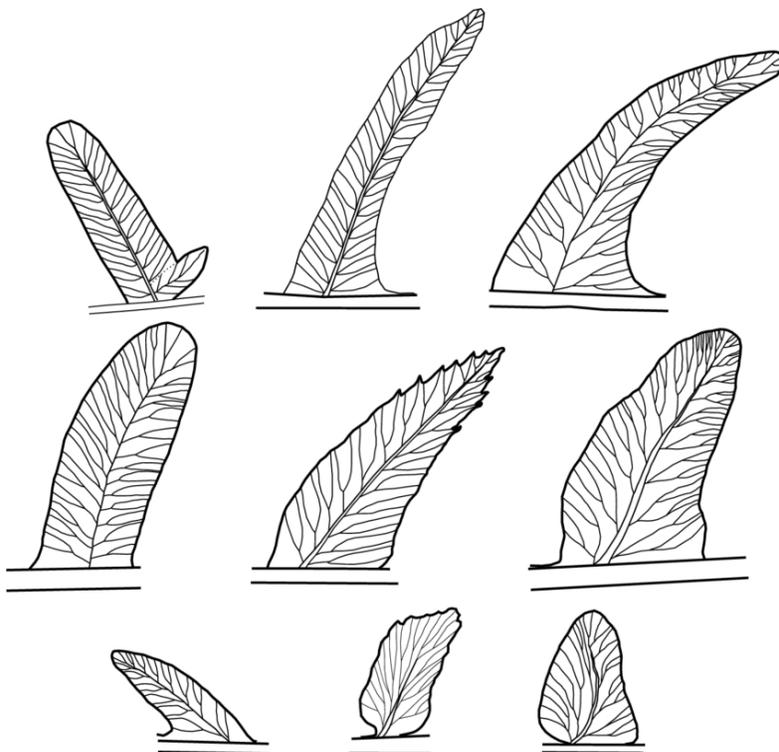


Figura 3. Diferentes tipos de pínulas mostrando una venación del tipo *Cladophlebis* (Modificada de Jarzinka 2016).

No debe considerarse dentro del género *Cladophlebis* aquellos ejemplares que posean:

Pínulas provistas de un nervio medio que llega hasta el ápice del segmento, nervios laterales insertos muy oblicua o normalmente al nervio medio, o ejemplares cuya nerviación no sea evidente, pínulas con nervadura irregularmente ramificada o aquellas con todos sus nervios laterales simples o con tales nervios anastomosados entre sí en forma de red regular o irregular, pínulas pinatífidas o pinatisectas, especies con pínulas muy separadas entre sí.

También menciona que hay dos conclusiones que considera importantes para la determinación específica de *Cladophlebis*:

- 1.- los extremos de las frondas y pinnas de forma idéntica o casi idéntica corresponden a una misma especie aun cuando las respectivas pínulas basales son diferentes entre sí.
- 2.- para determinar exactamente una especie debemos considerar ante todo las pínulas de la posición proximal de sus pinnas y no aventurar determinaciones o conclusiones definitivas cuando éstas faltan.

Más tarde Herbst (1971) critica algunas de las características diagnosticas de Frenguelli y puntualiza lo siguiente:

El número de pinaciones en la fronda no debe ser característica diagnóstica, ya que dada la fragmentariedad de los materiales es un carácter muy difícil, sino imposible saber con precisión. No siempre las pinnulas basales y apicales conservan la misma forma y/o caracteres morfológicos en una misma pinna; por el contrario suelen ser bastante diferentes. La auriculación en la base de las pinnulas no es un carácter constante en el género, ya que no se presenta en muchas especies y en otras solo se observa en las pinnulas basales. La venación lateral de las pinnulas no es realmente invariable sino, como en la mayoría de los filicales, variable hasta cierto grado, en muchas especies el o los pares basales de cada pinnula son más veces furcados que los restantes, carácter que se observa en las pinnulas apicales; en otros casos toda la o las pinnulas basales de una pinna son de venación lateral más compleja que los apicales de la misma pinna la distinción de pinnulas muy raras o separadas entre sí, puede ser bastante sutil y a veces muy subjetiva, dependiendo en otros casos del tipo de fosilización

Pese a las anteriores observaciones, Herbst reconoce la redefinición de Frenguelli y la considera válida y utilizable.

Con base en los problemas para definir este género, Frenguelli menciona lo siguiente: “La imprecisión en el lapso que transcurrió desde Brongniart (1849) hasta hoy, transformo el género *Cladophlebis* en una especie de refugio para muchos restos de las más variadas frondas filiciformes, en parte solo remotamente parecidas, que no hallaban cabida en los demás géneros fundados en el último siglo”

Frenguelli coincide con Oishi (1940) en que la carencia de soros, semillas, cúpulas o especies de “fructificaciones” asociadas, a especies que tienen real cabida en este género, podrían indicar que se tratase de Pteridospermas.

### **3.3.2. Morfogénero: *Sphenopteris* (Brongniart) Sternberg 1825**

El nombre *Sphenopteris* fue propuesto por Brongniart en 1822, pero fue Sternberg quien lo elevó a nivel de género en 1825.

Diagnosis: fronda bi – tripinada o bi – tripinatífida, pinnulas lobadas, base cuneada, lóbulos dentados o sublobados raramente palmeados, nervios pinados a pinadamente fabelados, venas (nervios secundarios) solos a furcados, vénulas en lóbulos, más a menudo di – trifurcados. (Sternberg 1825).

El género *Sphenopteris* es artificial, basado únicamente en criterios morfológicos e incluye especies morfológicamente similares pero no relacionadas. Un número bastante grande de especies asignadas originalmente a *Sphenopteris* han sido reclasificados a otros géneros en función de atributos morfológicos y / o su afinidad natural. Muchas de las especies paleozoicas atribuibles a este género-forma se han agrupado con helechos o pteridospermas, pero se desconoce el estatus taxonómico de la mayoría de las especies Mesozoicas (Jones y Jersey 1947; Seward 1963; Forte et al, 2018).

### 3.3.3. Morfogénero: *Korallipteris* Vera y Passalia 2012

Este morfogénero fue propuesto por Vera y Passalia (2012) para incluir plantas cuyas frondas tanto fértiles como estériles fueran morfológicamente similares a *Gleichenia*, pero que carecen de características diagnósticas que permitan su clasificación a nivel de la familia del helecho, posee la siguiente diagnosis:

Fronδας fértiles o estériles, pinnadas, bipinnadas, tripinnadas o dicotómicamente ramificadas, sin una yema laminar determinada; Pinnas primarias variables en tamaño y forma; pinnas secundarias alternas o sub-opuestas; pínculos pequeños (aprox. 5 mm de ancho y largo), alternos a opuestos, elípticos o deltoides a falcados o rómbicos, ápices redondos a agudos; venación de la pínula que consiste en una vena media y dos a cinco pares de venas laterales, simples y / o ramificadas una o dos veces; cuando es fértil, tiene uno o varios soros circulares en el lado abaxial de las pínulas.

## IV. Antecedentes

Desde principios del siglo XIX diversos autores han realizado estudios paleobotánicos en el Estado de Oaxaca, podemos mencionar a Wieland 1914-1916; Delevoryas y Gould 1971, 1973; Delevoryas y Person 1975; Silva-Pineda 1970, 1978, 1984; Velasco de León et al 2007; Ortiz Martínez et al 2007; Silva-Pineda et al., 2011; Morales Lara y Silva-Pineda 1996(fósiles de plantas y/o estructuras reproductoras); Ortiz Martínez et al 2013 (área foliar); Ortiz Martínez et al., 2014 (paleoecología); Silva-Pineda et al 2007 (tafonomía) solo por mencionar algunos.

Para la localidad Mixtepec, los antecedentes geológicos son de Lozano Carmona 2015 y 2017, por lo que aún falta mucho que estudiar de esta localidad.

Las especies y géneros de Filicales que se han reportado para el Jurásico en México se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Géneros y especies de filicales reportadas para el Jurásico de México.	
Especie	Referencia
<i>Coniopteris arguta</i>	Pearson y Delevoryas, 1982; Silva-Pineda, 1970, 1984; Aguilar Arellano, 2004; Guerrero Arévalo, 2014; Ortiz Martínez, 2014.
<i>Coniopteris</i> cf. <i>hymenophylloides</i>	Pearson y Delevoryas, 1982; Silva-Pineda, 1984
<i>Coniopteris hymenophylloides</i>	Ortiz Martínez, 2014.
<i>Coniopteris weberii</i>	Aguilar Arellano, 2004

<i>Piazopteris branerii</i>	Silva-Pineda, 1978, 1984; Pearson y Delevoryas, 1982; Aguilar Arellano, 2004; Adame Juárez, 2007; Rojas Chávez, 2010; Lozano Carmona, 2012; Ortiz Martínez, 2014; Martínez Paniagua, 2015.
<i>Gonatosorus nathorstii</i>	Silva-Pineda, 1984, 1978; Aguilar Arellano, 2004; Rojas Chávez, 2010; Guerrero Arévalo, 2014; Ortiz Martínez, 2014
<i>Cladophlebis sp. cf. denticulata</i>	Guerrero Arévalo, 2014.
<i>Cladophlebis denticulata</i>	Silva-Pineda, 1969.
<i>Cladophlebis browniana</i>	Pearson y Delevoryas, 1982; Silva-Pineda, 1984, 1970; Aguilar Arellano, 2004; Ortiz Martínez, 2014.
<i>Cladophlebis exiliformis</i>	Rojas Chávez, 2010; Lozano Carmona, 2012; Ortiz Martínez, 2014; Martínez Paniagua, 2015.
<i>Sphenopteris (Ruffordia) cf. geoppertii</i>	Rojas Chávez, 2010; Ortiz Martínez, 2014.
<i>Sphenopteris geoppertii</i>	Pearson y Delevoryas, 1982; Guerrero Arévalo, 2014.
<i>Sphenopteris metzgerioides</i>	Guerrero Arévalo, 2014; Martínez Paniagua, 2015.
<i>Phlebopteris otongensis</i>	Weber, 2008.

## V. Planteamiento del problema

Como se mencionó anteriormente en México se han realizado varios estudios paleobotánicos, sin embargo a la fecha son escasos los realizados en la localidad de Mixtepec. Donde hay ejemplares de helechos fósiles que aún no han sido identificados, es importante su revisión para concluir el estudio de esta flora., además de enriquecer los listados plaefloriíticos de los helechos jurásicos.

## VI. Zona de estudio

### 6.1. Localidad San Juan Mixtepec

Se ubica a 2 km al sureste del poblado de San Juan Mixtepec, al costado norte de la rivera del Río Mixteco, en las coordenadas: 17° 17' N y 97° 48' O, a 1866 msnm (Lozano-Carmona, 2017) Figura 4.

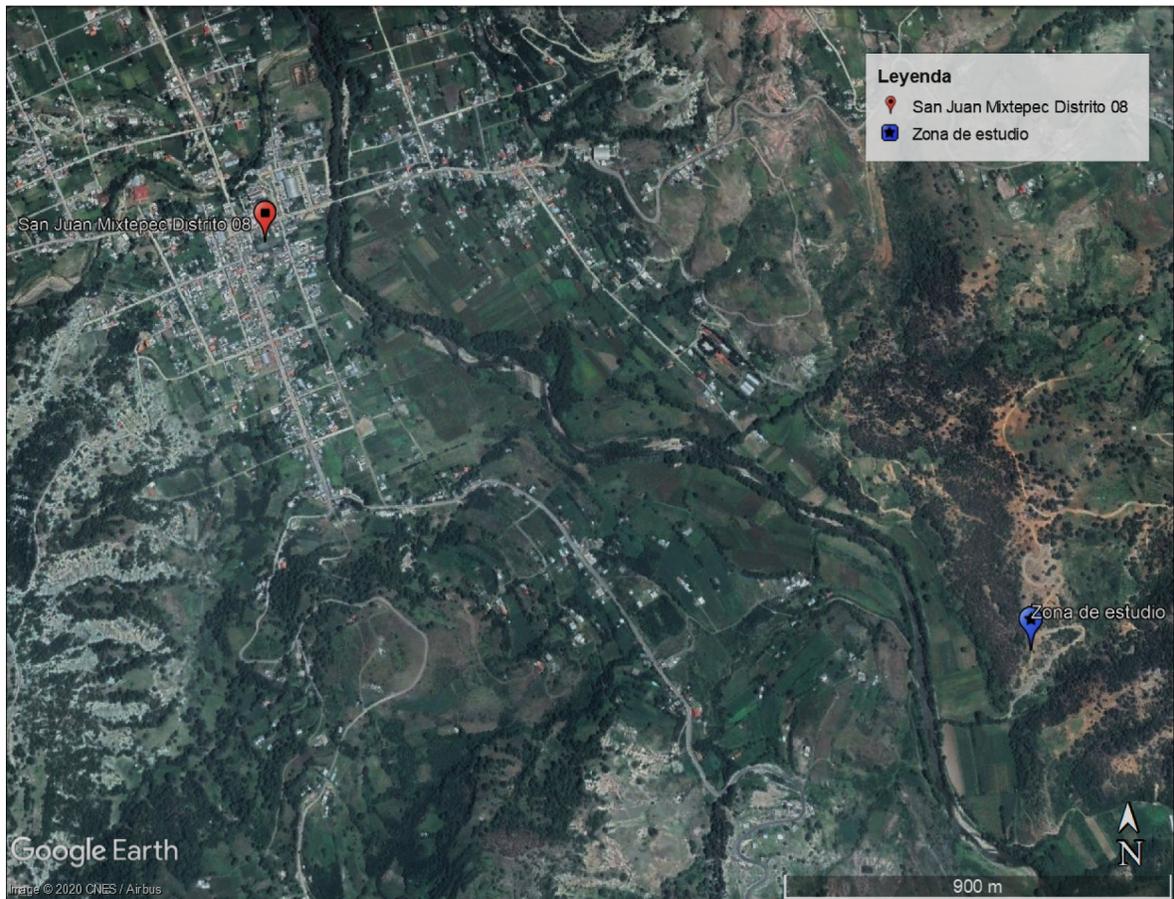


Figura 4. Imagen satelital de la ubicación de la zona de estudio al suroeste del poblado de San Juan Mixtepec.

La litología de la localidad Mixtepec, consiste en una intercalación de arenisca muy fina a gruesa, con lutita, lutita carbonosa y laminación paralela a ondulada en algunos estratos (Figura 5 y 6), Lozano-Carmona (comun. pers.).

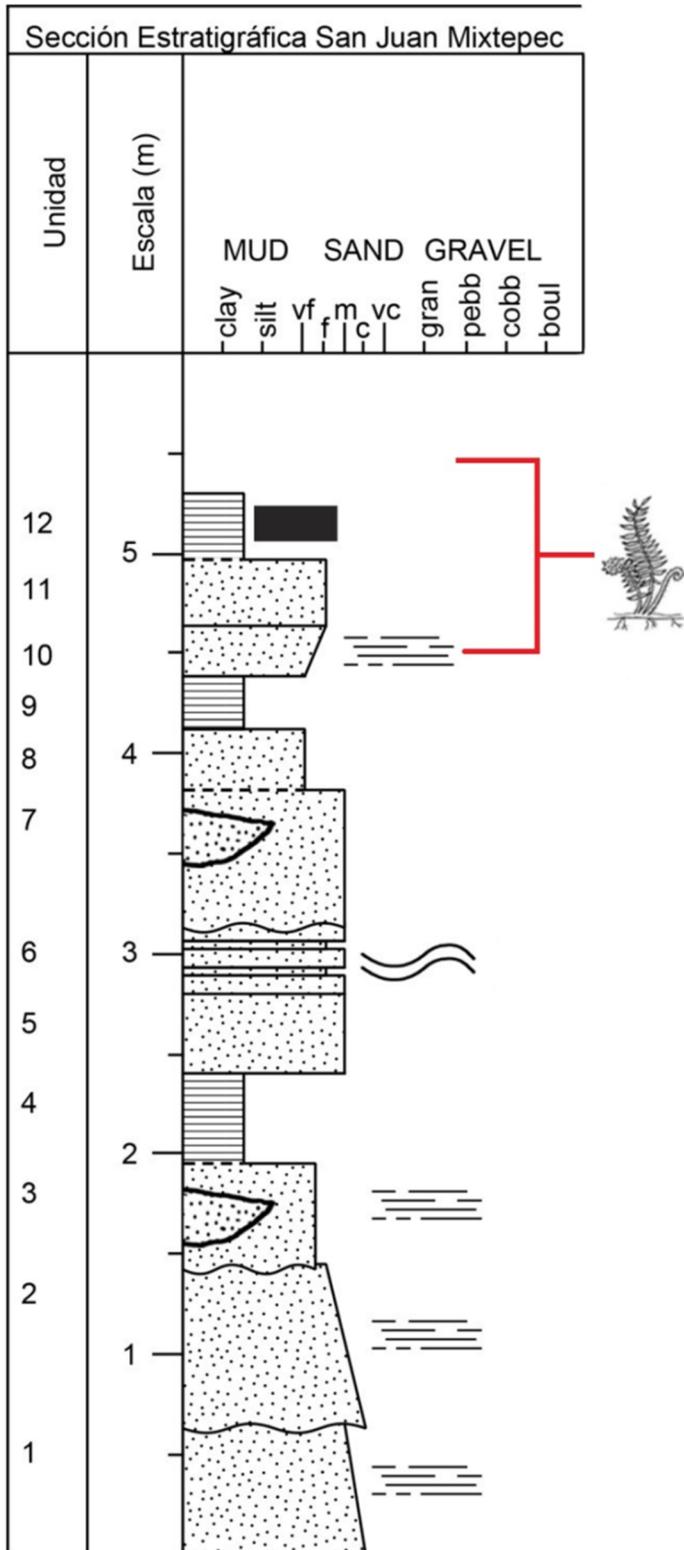


Figura 5. Sección estratigráfica de la localidad San Juan Mixtepec (Lozano Carmona, común Pers.).



Figura 6. Fotografía de la localidad Mixtepec con una flecha señalando el lugar específico de donde se extrajeron los fósiles (A), con un acercamiento (B).

La base del afloramiento es de origen sedimentario y mide 223 m. de espesor. Es un conglomerado de facies Gm (Gravas Masivas o algo estratificadas). Los estratos miden por lo menos 1.25 m. Presentan gradación creciente y a veces compuesta. La Formación Zorrillo se correlaciona con el Conglomerado Cualac y está en contacto inferior discordante y erosional con el Complejo Acatlán. En contacto basal concordante la sobreyace una secuencia sedimentaria más fina, dicha secuencia consta de intercalaciones de arenisca fina a media amarilla-ocre, lutita gris oscura y lentes de carbón. Esta secuencia tiene un espesor parcial de 145 m, y es interpretado como parte de la unidad inferior del Grupo Tecocoyunca (Zorrillo). En los primeros 8.5 m se ubica la zona fosilífera, ésta presenta estratos ondulados de carbón, lutita y arenisca fina, tool marks, ripples, laminación cruzada, gradación creciente y compuesta (Lozano-Carmona, 2017).

## 6.2. Formación Zorrillo

Fue definida y descrita por Erben (1956) de la siguiente manera:

“La Formación Zorrillo está constituida predominantemente de areniscas de grano fino y medio y de limolita, a veces de una estratificación cruzada. La estratificación de estas rocas siempre es más bien delgada. Además esta formación contiene limolita gris-amarillenta, finas, que contiene numerosos restos de plantas terrestres así como lutita carbonosa y mantos de carbón. En las partes superiores aumenta el contenido de limolita gris de estratificación muy delgada, y sobre todo en lutita y limolita que contienen concreciones calcáreo-hematíticas de color rojo vino.

No se encontró fauna, pero si fue encontrada una flora fósil muy abundante. Esta formación debe de ser de origen continental, aunque varias de sus partes podrían ser depositadas en grandes zonas de agua dulce (intercontinental).

El espesor varía entre 20 y 80 m y solo excepcionalmente se hace mayor a menor.

La localidad tipo está representada en la falda de la Loma del Zorrillo, situada al Este de San Juan Diquiyu, región de Tezoatlan, Oax.

La Formación Zorrillo en casos normales descansa con concordancia encima del Conglomerado Cualac. Encima de ella, igualmente en concordancia descansa la Formación Taberna.

El límite entre el Conglomerado Cualac y la Formación Zorrillo está bien definido por el cambio litológico abrupto, terminando de repente el conglomerado gris cuarcítico. Entre la formación Zorrillo y la Formación Taberna, sin embargo, se encuentra un contacto de transición lenta. La zona limítrofe correspondiente, que tiene un espesor de 2-3 m aproximadamente, está caracterizada por estratos alternantes de lutitas y limolitas grises, duras que forman complejos de estratos muy delgados, mostrando estos complejos espesores de 0.3-0.4 m y resaltando bien por su resistencia hacia la erosión. En las partes más altas de esta zona de transición, en las lutitas aumenta el contenido de concreciones e intercalaciones concrecionarias calcáreo-hematíticas de color rojo de vino, que son muy típicas a la siguiente formación Taberna.

Debido a la falta de cualquier fauna, la edad exacta de la formación Zorrillo solo se puede estimar con base en su posición debajo de la formación Taberna, que es fosilífera, y que se debe correlacionar con el Bajociano Superior y con seguridad también con el Bajociano Inferior y el Bajociano Medio. Por lo expuesto, es de suponerse que la Formación Zorrillo correspondería a partes del Bajociano Inferior”.

Destaca la presencia de los géneros, *Williamsonia* (Carruthers 1870), *Weltrichia* (Braun 1847), *Williamsoniella* (Carrut 1870), un brote corto de *Ginkgoitocladius* (Krassilov 1972). y lacinias de *Czekanowskia* (Heer 1897), además de la presencia de icnofósiles de *Ankilosauridos* y una huella muy similar al *Stegopodus* (Lockley and Hunt 1998)(Lozano Carmona, 2017).

## VII. Justificación

La fauna y flora de la localidad de Mixtepec ha sido estudiada anteriormente con otros grupos taxonómicos (Lozano Carmona, 2015, 2017, Sandoval y Westermann, 1987). Sin embargo no se han realizado investigaciones sobre los helechos de esta localidad.

## VIII. Objetivos

### 8.1. Objetivo general

Determinar los helechos fósiles de la Formación Zorrillo hasta el nivel taxonómico posible.

## 8.2. Objetivo particular

Describir la morfología de los ejemplares fósiles y analizar el proceso fosilización

Determinar hasta nivel taxonómico posible los helechos de la localidad de Mixtepec mediante sus caracteres morfológicos.

Iniciar el listado fósil de helechos de la localidad de Mixtepec.

## IX. Metodología:

Se visitó la localidad de San Juan Mixtepec, para la recolección de más ejemplares y e incrementar el material de estudio de helechos fósiles. Con ayuda de cinceles, espátulas y picas geológicas, se procedió a la extracción de los ejemplares; para su transporte se resguardaron dentro de bolsas, que a su vez se metieron dentro de cajas.

A continuación se procedió a aplicarles técnicas curatoriales; los ejemplares fueron limpiados con un pincel suave para quitarles el sedimento, cuidando de no tocar el fósil, una vez limpios, se les pintó una etiqueta con pintura blanca (corrector); se les asignó un número de registro utilizando el acrónimo CFZM (Colección Fes Zaragoza Mixtepec) seguido de un número a cada bloque de roca, en caso de que haya más de un fósil por bloque de roca se aplica una combinación de números e.g. CFZ M59-6, siendo 59 el número de bloque y 6 el número de fósil.

Los fósiles se incorporaron a las cajoneras destinadas a resguardar todo el material perteneciente a la localidad San Juan Mixtepec.

Para su observación, se utilizó un estereoscopio Nikon SMZ800 el cual tiene integrado una cámara Nikon para fotografiar las estructuras más pequeñas; para fotografiar los ejemplares más grandes se usó una cámara Sony Reflex SLT-a37

Para medir los ejemplares se usó el programa ImageJ

Se consultó bibliografía especializada (e.g. Rojas Chávez, 2010; Silva-Pineda, 1969, 1970, 1978, 1984; Harris, 1961; Xin et al., 2018; Pearson y Delevoryas, 1982) para la identificación de los ejemplares fósiles.

Se tomó en cuenta los caracteres cualitativos y cuantitativos y para su determinación (ver cuadro 3 y cuadro 4).

Cuadro 3. Caracteres cualitativos empleados en la determinación de helechos (ver figura 7 y 8)	
Caracter	Estado de caracter
	Fronda
División de la lamina	Unipinnada
	Bipinnada

	Tripinnada
	Cuatripinnada
Raquis	Estriado
	Liso
Pinna	
Acomodo de la pinna	Opuesta
	Alterna
	Subopuesta
	Subalterna
	Anadroma
	Catadroma
Terminación de la pinna	Paripinada
	Imparipinada
Pínnula	
Acomodo de la pínnula	Opuesta
	Alterna
	Subopuesta
	Subalterna
	Anadroma
	Catadroma
	Pinatifida
	Pinatisecta
Margen	Entero
	Dentado
	Lobulado
Forma de la aurícula	Aguda
	Circular
	Obtusa
Forma del ápice	Redondeado
	Agudo
	Obtuso
Venación	Libre
	bifurcada
Soros	
Forma de los soros	Elongados
	Redondos
Posición de los soros	Basal
	Apical
	Toda la pínnula
Distribución de los soros	Marginal
	Costales
	Centrados

Cuadro 4. Caracteres cuantitativos empleados para la determinación de helechos

Caracter	Estado de caracter
Pinna	Longitud
	Ancho
	Ángulo con respecto al raquis

Pínnula	Longitud
	Ancho
	Ángulo con respecto al raquis
Venación	Ángulo de la vena primaria
	Ángulo de la vena secundaria
Raquis	Ancho
Soros	Longitud
	Ancho
	Número por pínnula (en caso de existir)

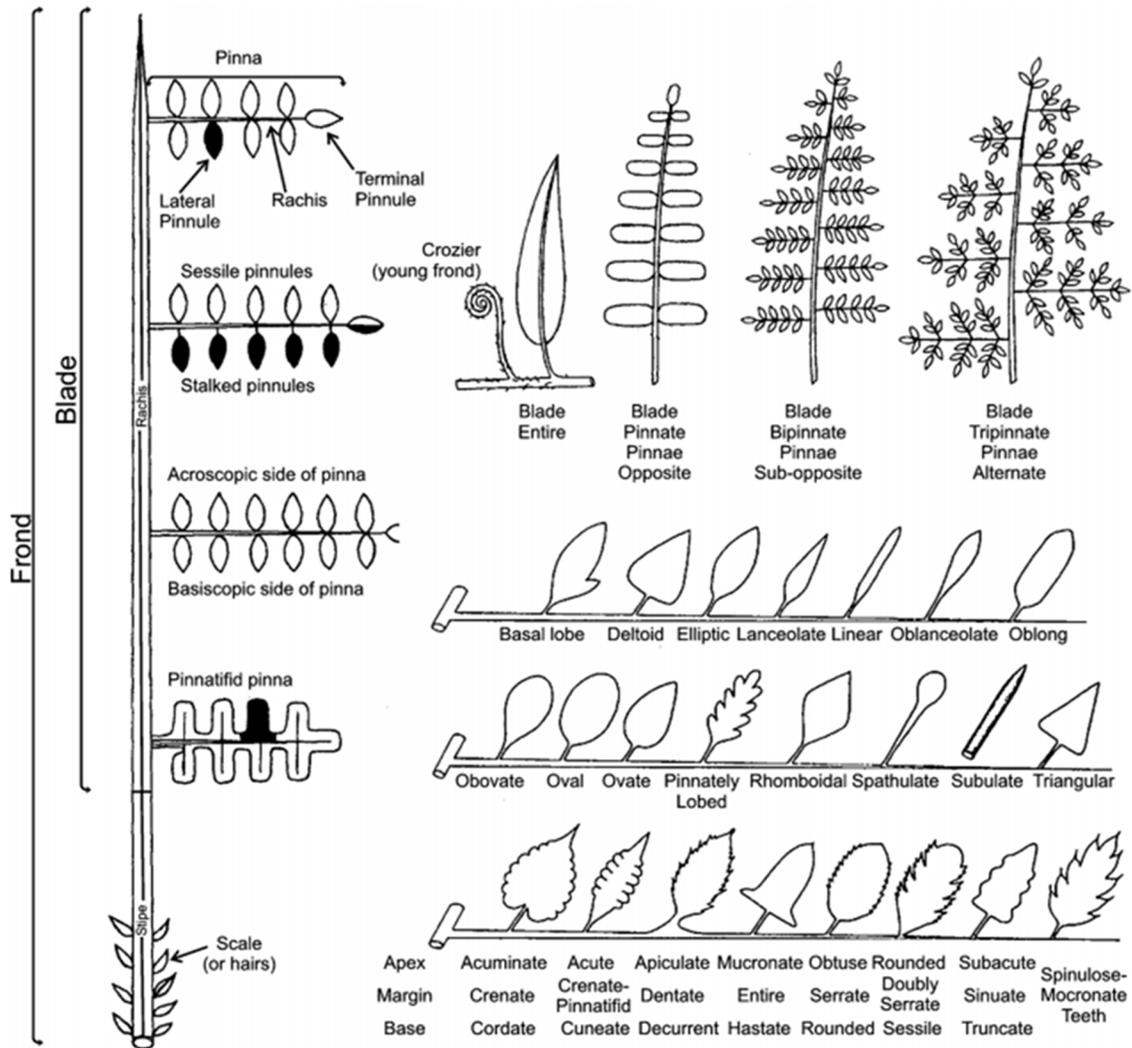


Figura 7. Diferentes tipos de división de láminas en helechos, ápice, margen y base. Tomada de Cleal y Thomas (2019).

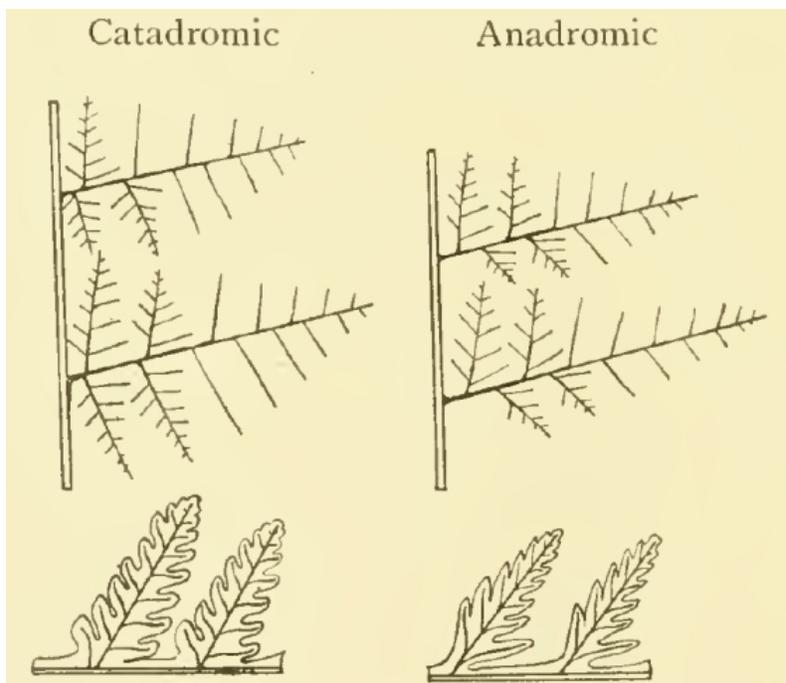


Figura 8. Acomodo anadromo y catadromo en pinnas, pínulas y venación. Tomada de Bower (1923).

## X. Resultados

### 10.1. Determinación Taxonómica

División: Monilophyta

Clase: Filicopsida

Orden: Filicales

Familia: Dicksoniaceae

Género: *Coniopteris* Brongniart, 1849

**Especie: *Coniopteris cf. hymenophylloides* Seward 1900**

**Diagnosis:** Fronda pequeña, estéril, al menos bipinnada, con diecinueve pinnas con acomodo subopuesto en la base que hacia el ápice se vuelve alterno, imparipinadas y decrecientes hacia el ápice, pínulas con base peciolada, rara vez decurrentes, ápice obtuso, margen entero, pínulas romboidales a ovadas, rara vez disectadas, con un acomodo opuesto a subopuesto, que hacia el ápice se vuelve más marcado, en algunos casos tiene un

orden catadromo, las pinnulas más cercanas al ápice empiezan a juntarse más entre sí, su venación es posiblemente dicotómica.

**Dimensiones:** El ejemplar mide 31.91 mm de largo, el ancho del raquis en su base de 0.34 mm hacia el ápice se reduce a 0.12 mm, la única pinna completa midió 8.80 mm de largo, ancho de las pinnas de 2.05 mm a 2.69 mm, distancia entre las pinnas de 2.26 mm a 3.69 mm, ángulo de las pinnas con respecto al raquis de 44.07° a 85.20°, largo de las pinnulas de 0.97 mm a 1.72 mm, ancho de 0.62 mm a 1.35 mm, distancia entre las pinnulas de 0.83 mm a 1.55 mm, ángulo de las pinnulas con respecto al raquis de 31.50° a 97.72°.

**Observaciones:** El ejemplar se preservó como una compresión carbonosa en arenisca de grano fino, presenta una inclinación hacia la derecha, el ápice de muchas de las pinnas no se preservó, las pinnas apicales pierden su forma inicial fue más difícil definir sus medidas, este ejemplar se comparó con Harris (1961) y Xin et al. (2018), mostrando que tiene ciertas similitudes con ambos autores. Coincide con Harris en las pinnulas disectadas y pecioladas, mientras que con Xin coincide en las pinnulas romboidales y en que su tamaño y medidas son similares, no obstante al carecer de venación completa y soros, no se puede asignar de manera inequívoca a esta especie.

**Material:** CFZ M59-1 (Figura 9)



Figura 9. Ejemplar CFZ M59-1 (A) acercamiento a una de sus pinnas (B). Barras de escala: A = 10.00mm; B = 1.00mm.

**Especie: *Coniopteris cf. bella* Harris 1961**

**Diagnosis:** Ejemplares de pinnas (?) estériles, al menos bipinnados, pinnas alternas a subalternas, lineares, imparipinadas, pinnulas alternas a subalternas, margen lobulado, posiblemente en orden catadromo, base decurrente, con lobulaciones divergentes, ápices agudos a obtusos, aurículas circulares a agudas, vena media de la cual se desprende una vena secundaria en dirección hacia los lóbulos que puede o no llegar al ápice.

**Dimensiones:** El ejemplar más grande midió un largo conservado de 53.39 mm con un ancho de 22.66 mm, largo de las pinnas de 15.86 mm a 19.54 mm, ancho de 3.94 mm a 7.63 mm, ángulo de las pinnas con respecto al raquis de 33.74° a 61.79°, distancia entre las pinnas de 2.10 mm a 5.79 mm, largo de las pinnulas de 2.28 mm a 7.29 mm, ancho de 0.62 mm a 2.15 mm, ángulo de las pinnulas con respecto al raquis de 19.47° a 49.67°.

**Observaciones:** El ejemplar CFZ M 92 positivo, tiene una capa de arena que impidió visualizar las características, sin embargo no se limpió para poder conservar el ejemplar, así mismo las pinnas de este ejemplar están muy incompletas y en algunas no se observó ni base ni ápice.

Estos ejemplares tienen cierta similitud con las pinnulas de especies pertenecientes al género *Thyrsopteris* en esquemas de Heer (1877) y Fontaine (1889), Berry (1911) reduce de 40 a 26 las especies de *Thyrsopteris* propuestas por Fontaine (1889). Este último autor menciona que al ser especies de gran tamaño y tripinadas. Las pinnulas basales, apicales pueden tener ligeras variaciones y esto puede provocar que se considerasen como especies distintas.

Harris (1961) considera a *Thyrsopteris* un sinónimo de *Coniopteris*. Se compararon estos ejemplares con las especies de *Coniopteris* propuestas por Harris, y tienen cierta similitud con la especie *Coniopteris bella* en la forma y venación de las pinnulas y en que las pinnas son bastante llenas, sin embargo debido a que los ejemplares están incompletos, y no presentan estructuras reproductoras no fue posible asignar de manera más precisa estos ejemplares a esa especie.

**Material:** CFZ M63 CFZ M97-3, CFZ M92 (Figura 10)

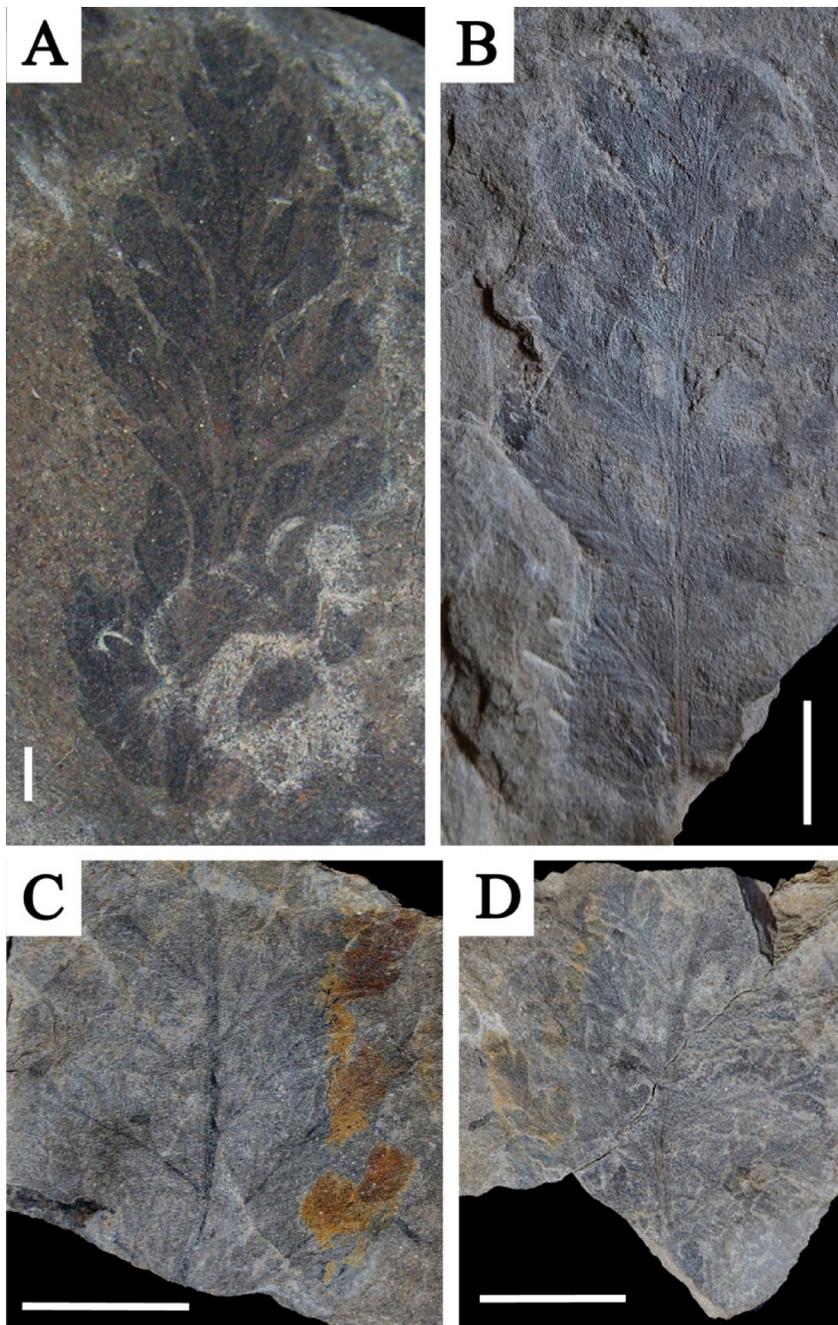


Figura 10. Ejemplar CFZ M97-3 (A), ejemplar CFZ-M63 (B), ejemplar CFZ-92 negativo (D) y positivo (C). Barra de escala: A = 1.00 mm; B,C y D = 10.00 mm.

**Especie: *Coniopteris* sp**

**Diagnosis:** Fragmento de una pinna estéril, desprovista de ápice y base, siete pínulas alternas, margen lobulado, sus lobulaciones divergentes, de dos a tres lobulaciones antes de llegar al ápice, al ápice de las lobulaciones es agudo a obtuso, sus aurículas con circulares a agudas, la base de las pínulas es estrecha, sus venas no se conservaron.

**Dimensiones:** El ejemplar mide 10.44 mm de largo, raquis tiene un ancho de 0.23 mm en la base que conforme se acerca al ápice aumenta a 0.39 mm, largo de las pinnulas de 2.20 mm a 3.88 mm, ancho de 1.01 mm a 1.38 mm, ángulos de las pinnulas con respecto al raquis de 21.20° a 29.81°.

**Observaciones:** El ejemplar se conservó como una Impresión en arenisca de grano fino, además de ser muy pequeño. Tiene cierto parecido con las pinnulas de los ejemplares CFZ M63 CFZ M97-3 y CFZ M92, pero se separó de ellos por ser un ejemplar que no posee venación.

**Material:** CFZ M61-3 (Figura 11)



Figura 11. Ejemplar CFZ M61-3. Barra de escala = 1.00 mm

Insertae sedis

Género: *Cladophlebis* Brongniart

**Especie:** *Cladophlebis* sp

**Diagnosis:** Fronda bipinnada, raquis estriado, pinnas imparipinadas, lineares, alternas a subalternas, las pinnulas tienen un acomodo alterno y catadromo, bases decurrentes, tienen las bases unidas entre sí, formando aurículas circulares a agudas, que llegan hasta la base o casi, ápice obtuso a redondeado, son ligeramente falcadas, margen entero, sus dimensiones se vuelven más pequeñas entre más cercanas al ápice, vena media con venación secundaria opuesta hacia la base, alterna hacia al ápice, se vuelve alterna, rara vez con una bifurcación de una vena secundaria, su vena media tiene una inclinación hacia la parte basal de la pinna.

**Dimensiones:** Ancho del raquis en la base de 1.24 mm, hacia el ápice 1.27 mm, pinnas tienen un largo conservado de 20.51 mm, ancho de 4.27 mm a 5.81 mm, distancia entre las pinnas de 1.24 mm a 3.55 mm, ángulo de inserción de la pinna con respecto al raquis de 57.42° a 71.80°, las pinnulas tienen un largo de 1.29 mm a 2.82 mm, ancho de 0.92 mm a 1.56 mm, ángulo de inserción de las pinnulas con respecto al raquis de 44.26° a 83.32°, ángulo de la venación secundaria varía de 29.85° a 51.08°.

**Observaciones:** El ejemplar se conservó como una compresión carbonosa en arenisca de grano fino, algunas de las pinnas están rotas y otras muestran una torsión posiblemente por procesos tafonómicos. Dos pinnulas conservaron parte de su venación, se observó solo una bifurcación, por lo anterior se le asigna al género *Cladophlebis*, ya que es el más parecido si bien no se observan más bifurcaciones.

Este género ha sido asignado a distintas familias como: Dicksoniaceae, Osmundaceae, Matoniaceae y Cyatheaceae (Silva-Pineda, 1984; Jarzynka, 2016; Skong y Dilcher, 1994; Villar de Seoane, 1995). En este trabajo se consideró el ejemplar como incertae sedis, debido a que no tenemos ninguna característica que nos permita asignarlo a alguna de las anteriores familias.

**Material:** CFZ M94 (Figura 12)

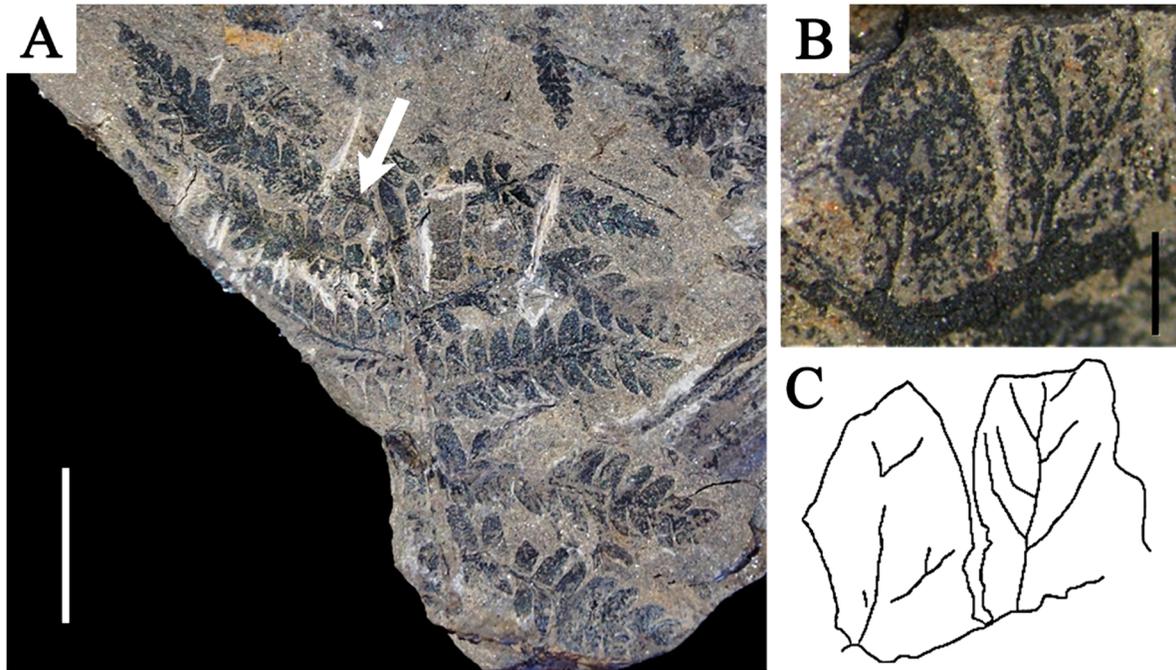


Figura 12. Ejemplar CFZ M94 señalando las pínulas de donde se observó la venación (A), acercamiento de las pínulas que preservaron venación (B), esquema de la venación del cuadro B(C). Barra de escala: A = 10.00mm; B = 1.00mm.

Incertae sedis

Género: *Koralipteris*

Especie: *Koralipteris sp 1*

**Diagnosis:** Fronda incompleta, estéril, pinnas con acomodo alterno a subalterno, posiblemente imparipinadas, lineares, pínulas con ápice obtuso a agudo, bases decurrentes, en algunos casos éstas están fusionadas por las bases, formando aurículas agudas a obtusas, acomodo alterno a subalterno, vena media posiblemente decurrente, de la cual se desprenden de cuatro a cinco venas secundarias con acomodo alterno.

**Descripción:** El ejemplar mide 51.89 mm de largo; distancia entre las pinnas de 0.92 mm a 3.46 mm, largo de las pinnas de 14.75 mm a 19.98 mm; ancho de 2.61mm a 3.53 mm; ángulo de las con respecto al raquis de 39.39° a 76.04 °, largo de las pínulas de 1.30 mm a 2.06 mm; ancho de 0.73 mm a 1.20mm, ángulo con respecto al raquis de 43.49° a 73.68°, venas secundarias forman ángulos de 28.88° a 43.27°.

**Observaciones:** El ejemplar se conservó como una compresión carbonosa en arenisca de grano fino, algunos de sus ápices y bases no se conservaron, este fósil parece que no se conservó con sus ángulos originales debido a la torsión de sus pinnas, por lo anterior es

posible que los ángulos mencionados anteriormente no sean sus ángulos originales, además de que la fronda muestra una inclinación hacia la derecha, no preservó el raquis.

**Material:** CFZ M96 (Figura 13)

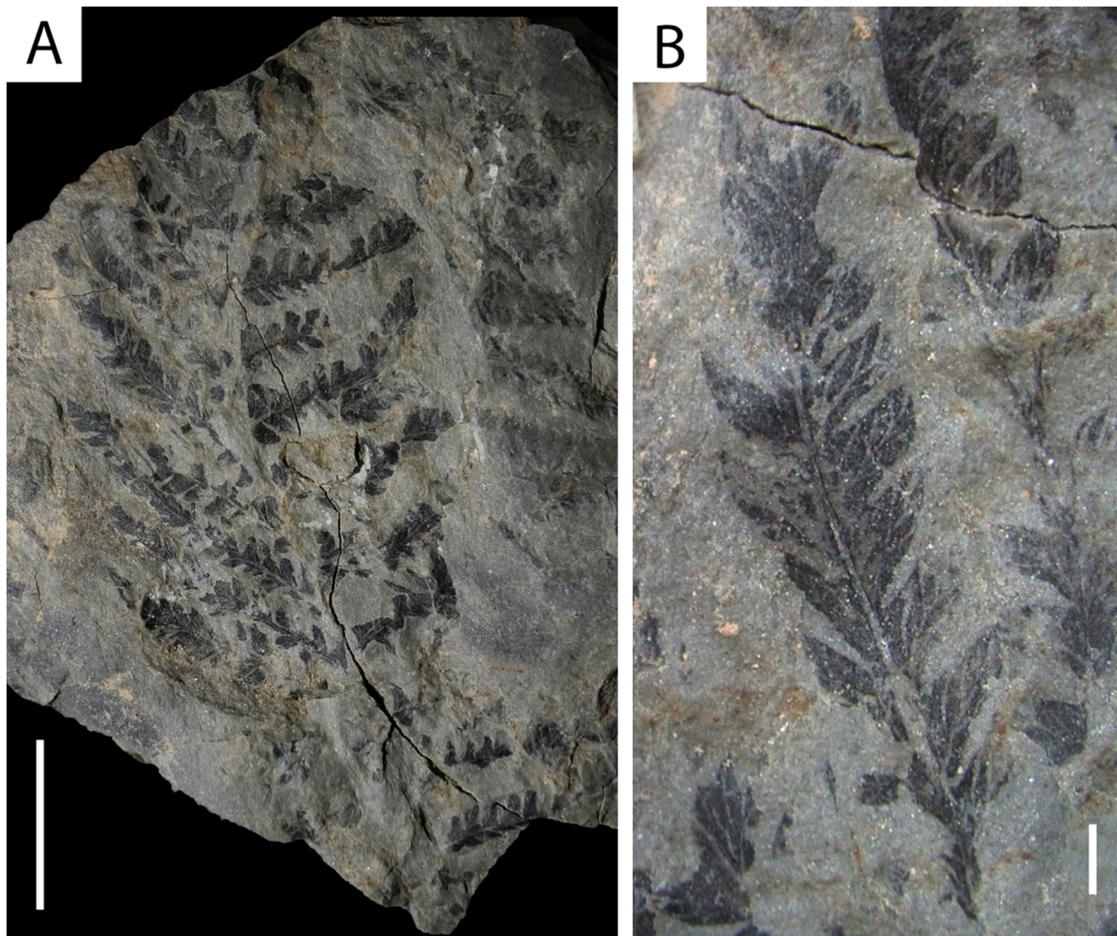


Figura 13. Ejemplar CFZ M96(A), acercamiento a una pínula (B). Barra de escala: A = 10.00 mm; B = 1.00 mm.

**Especie:** *Koralipteris sp 2*

**Diagnosis:** Cuatro pinnas carentes de ápice, pinnas lineares, pínulas alternas a subalternas, base decurrente, ápice de obtuso a redondeado, margen entero, se fusionan en su parte basal o casi, formando aurículas redondeadas a agudo, vena media que se inclina hacia la base de la pinna, de la cual salen otras venas secundarias, las pínulas más basales muestran más venas secundarias que las pínulas más próximas al ápice.

**Dimensiones:** Las pínulas tienen un largo de 1.38 mm a 2.30 mm, ancho de 0.59 mm a 0.94 mm, ángulo de inserción con respecto al raquis de  $41.88^\circ$  a  $69.82^\circ$ , ángulo de la venación secundaria de  $22.45^\circ$  a  $50.82^\circ$ .

**Observaciones:** El ejemplar se preservó en una compresión carbonosa en arenisca de grano fino, el ejemplar carece de raquis, las pinnas carecen de base y ápice, las pinnulas se espacian más hacia la base, mientras que hacia el ápice éstas reducen su distancia.

**Material:** CFZ M98 (Figura 14)

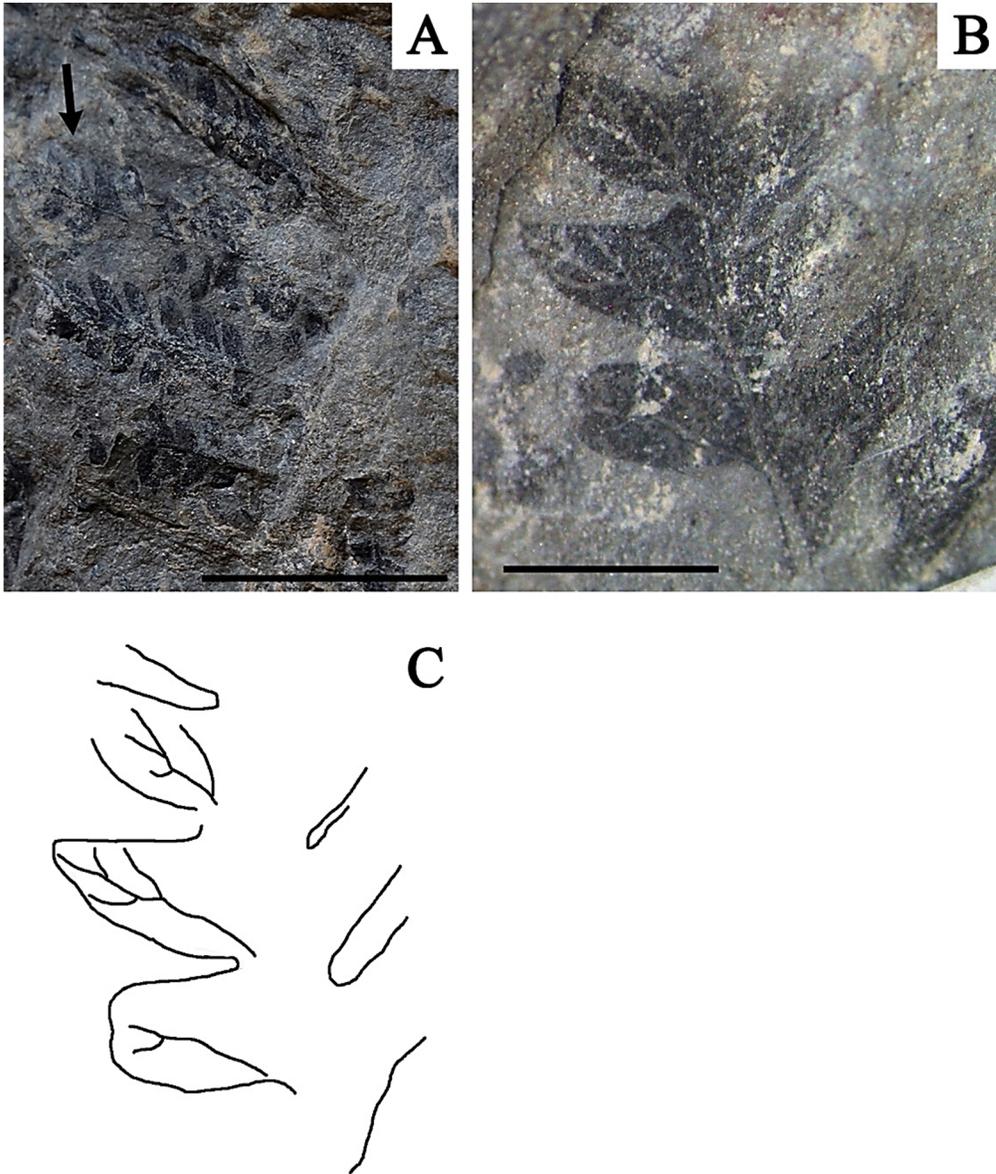


Figura 14. Ejemplar CFZ M98 (A), acercamiento a las pinnulas y su venación (B), esquema de la venación del cuadro B (C). Barra de escala: A = 10.00mm; B = 2.00mm.

**Especie: *Koralipteris* sp 3**

**Diagnosis:** Todos los ejemplares son al menos bipinnados, raquis estriado o liso, pinnas lineares a lanceoladas, lobuladas, imparipinadas, con acomodo alterno a subalterno, pínulas con margen entero, fusionadas entre ellas por la parte media, formando aurículas redondas a agudas, ápice obtuso ha redondeado, su base decurrente, su venación consiste en una vena media que se inclina hacia el raquis primario, y de la cual se desprenden en orden alterno de 2 a 5 venas secundarias catadromas, normalmente la primer vena secundaria es la más larga, pero no en todos los casos.

**Dimensiones:** La pinna más larga que se conservó de estos ejemplares midió 16.62 mm de largo, ancho de las pinnas de 2.03 mm a 4.77 mm, ángulo con respecto al raquis de 47.97° a 82.63°, distancia entre las pinnas de 1.16 mm a 5.75 mm, largo de las pínulas de 1.16 mm a 3.27 mm, ancho de 0.66 mm a 1.54 mm, ángulo de las pínulas con respecto al raquis de 35.66° a 80.47°, ángulo de las venas secundarias con respecto a la primaria de 31.36° a 68.63°.

**Observaciones:** Los ejemplares se preservaron como compresiones carbonosas sobre arenisca de grano fino, todas sus medidas disminuyen conforme se acercan al ápice, el número de venas secundarias inicia normalmente en un número de 5 en las pínulas basales que hacia el ápice disminuye en número a 2.

**Material:** CFZ M93, CFZ M97-1, CFZ M97-2, CFZ M99-3, CFZ M99-4, CFZ M100. (Figura 15, 16 y 17)

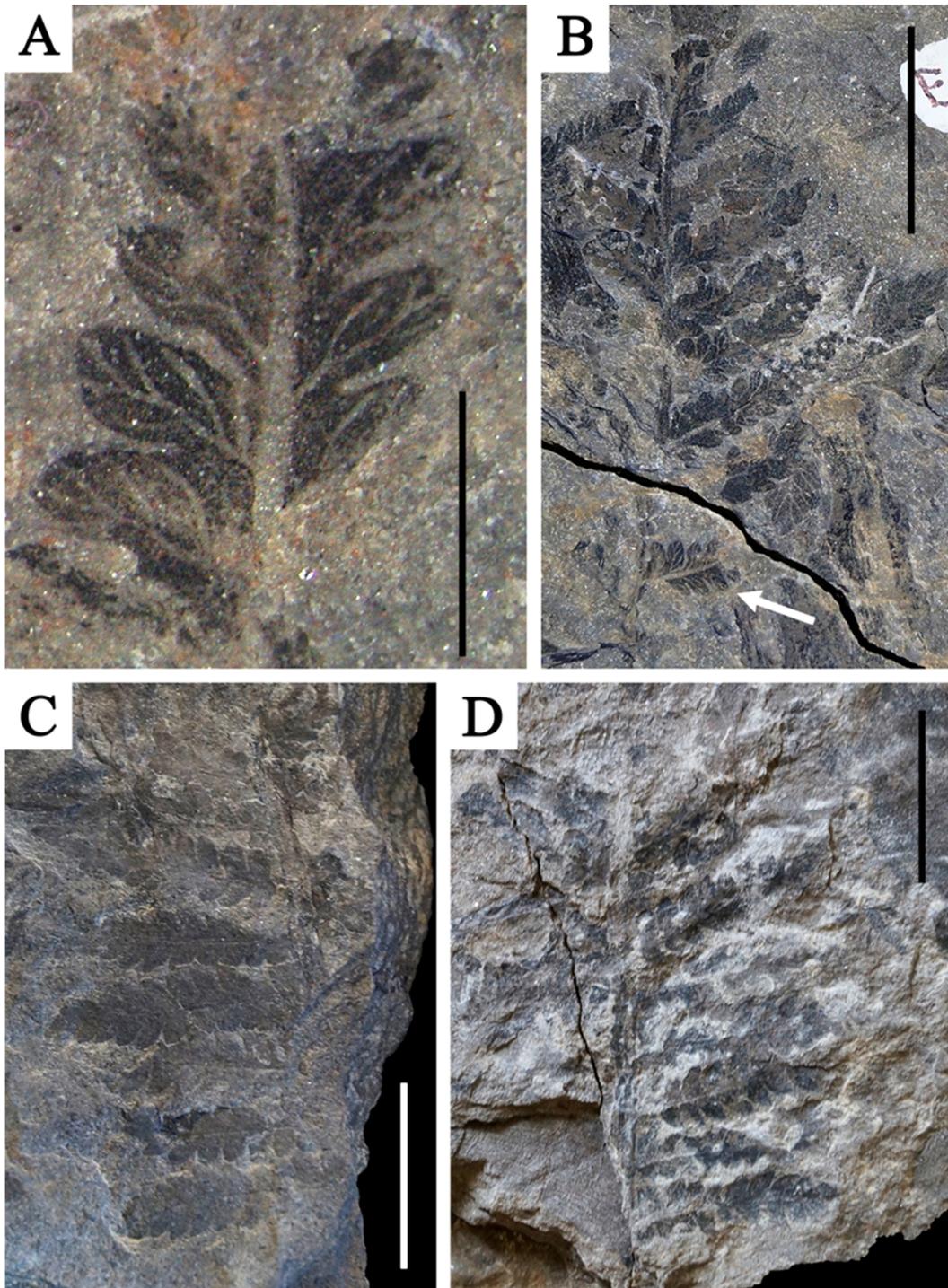


Figura 15. Ejemplares CFZ M99-4 (B), con acercamiento a la venación de una de sus pinnulas (A), CFZ M 97- 2 positivo (D) y negativo (C). Barra de escala: A = 2.00 mm; B, C y D = 10.00 mm.

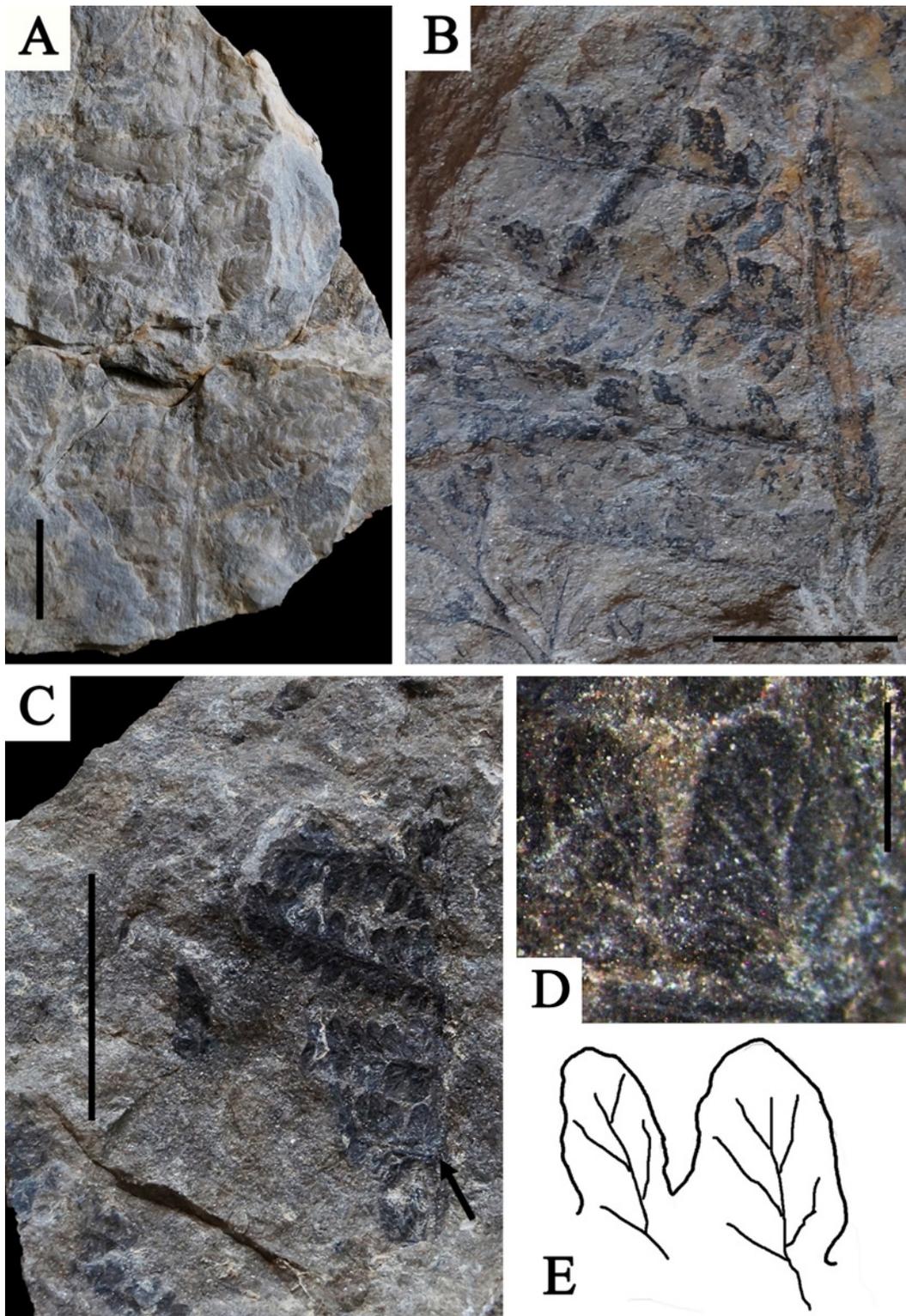


Figura 16. Ejemplares CFZ M93 (A), CFZ M97-1 (B), CFZ M100 (C), acercamiento a una de las pínulas del ejemplar CFZ M100 señalada en la imagen C (D), esquematización de la venación de la imagen D (E). Barra de escala: A y C = 10.00 mm; B = 5.00 mm; D = 1.00 mm.

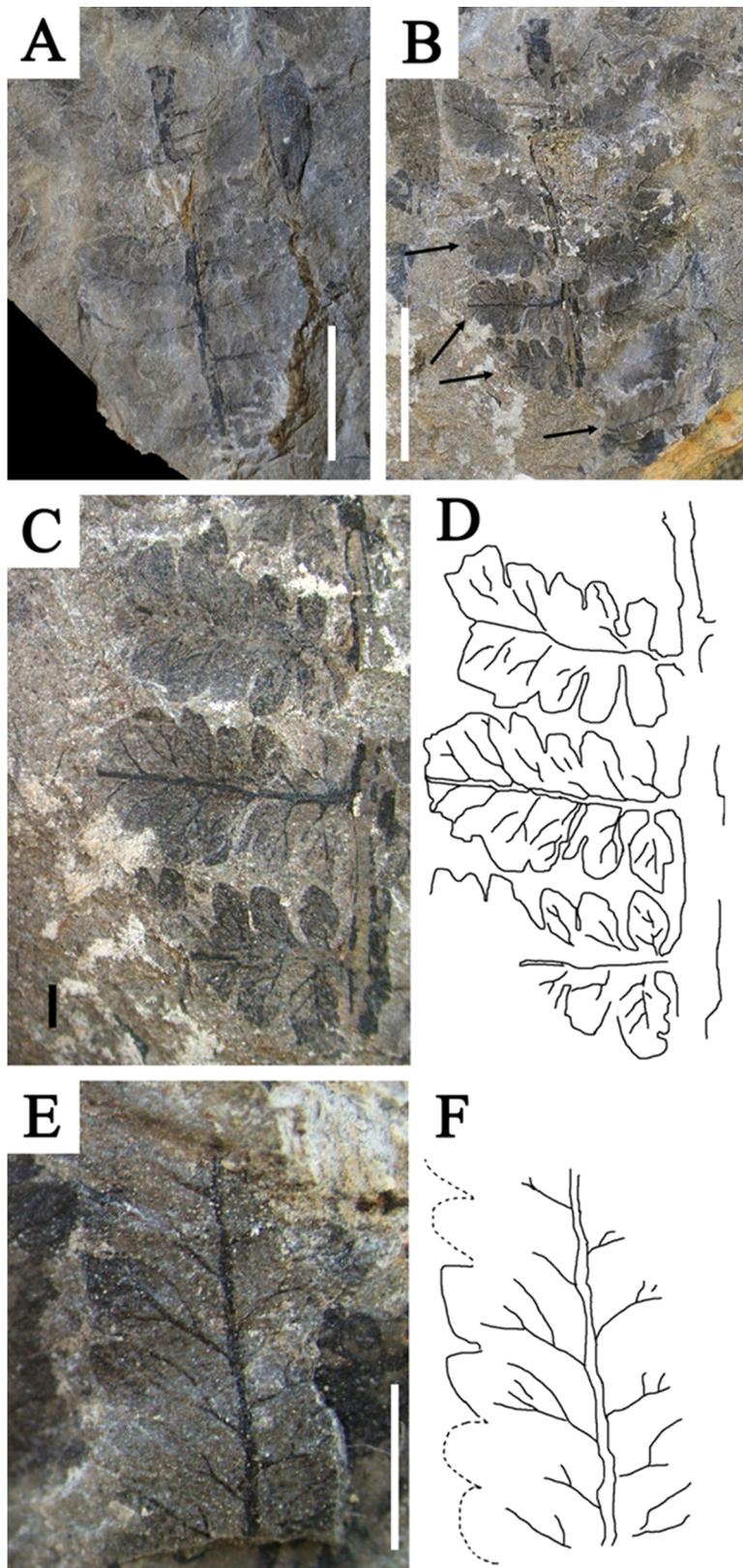


Figura 17. Ejemplar CFZ M99-3 positivo (A) y negativo (B), acercamiento a sus pinnulas que conservan venación (C) y esquematización (D), acercamiento a una de sus pinnas inferiores (E) y esquematización de su venación (F). Barra de escala: A y B = 10.00 mm; C = 1.00 mm; E = 2.00 mm.

**Especie: *Koralipteris* sp 4**

**Diagnosis:** Raquis liso, pinnas lineares, imparipinadas con acomodo alterno, las pínulas son ligeramente falcadas, su margen es entero o profundamente lobado, base decurrente, ápice obtuso, su venación consiste en una vena media con cinco venas secundarias con acomodo alterno, se observan al menos cinco soros que surgen en la base de la pínula.

**Dimensiones:** El raquis mide 0.28 mm de ancho que hacia el ápice disminuye a 0.23mm, largo de las pinnas de 6.07 mm a 9.85 mm, ancho de las pinnas de 1.68 mm a 2.30 mm, ángulo de las pinnas con respecto al raquis de 49.36° a 80.82°, distancia entre las pinnas de 0.83 mm a 2.57 mm, pínulas miden un largo de 0.65 mm a 2.10 mm, ancho varia de 0.59 mm a 1.07 mm, el ángulo de las pínulas con respecto al raquis varia de 41.71° a 75.75°.

**Observaciones:** El ejemplar se preservó como una compresión carbonosa en arenisca de grano fino, este ejemplar se separó de los demás debido a que es el único que presenta posibles soros, sin embargo su mal estado de preservación no permitió obtener más información de estas estructuras reproductoras.

**Material:** CFZ M101 (Figura 18)

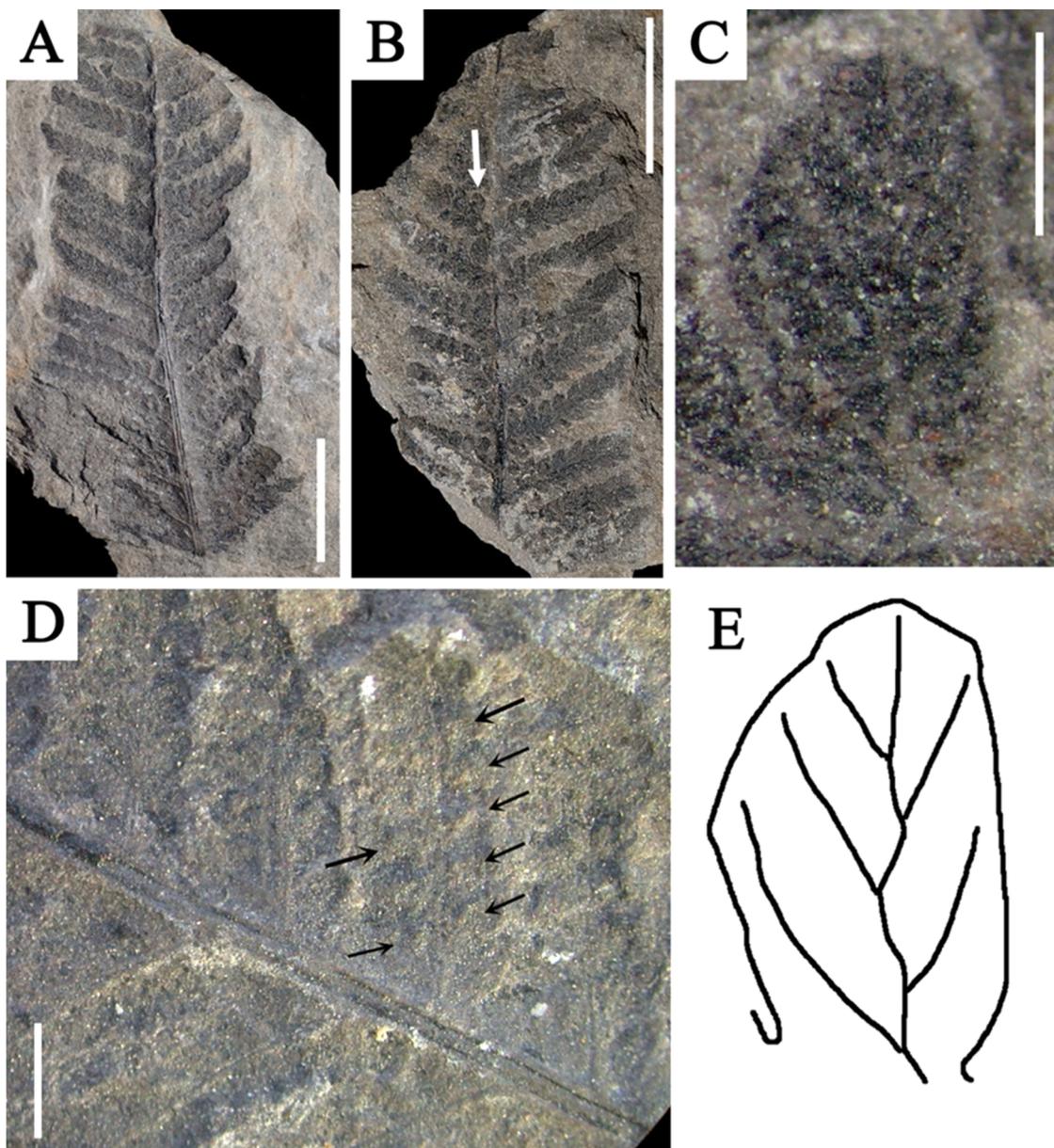


Figura 18. Ejemplar CFZ M101 positivo (A) y negativo (B), acercamiento a la venación de una pinna señalada en la imagen B (C), esquematización de la venación (E), ubicación de los soros en la parte basal de la fronda (D). Barra de escala A y B = 10.00 mm, C = 1.00 mm, D = 2.00 mm.

Insertae sedis

Género: *Sphenopteris* (Brongniart) Sternberg 1825

Especie: *Sphenopteris geoppertii* (Dunker) Seward

**Diagnosis:** Ejemplares incompletos y estériles, el raquis presenta estrías longitudinales, son al menos bipinnados, sus pinnas tienen un acomodo subopuesto, sus pínulas tienen un

acomodo alterno a subalterno, su margen es lobulado, su base es peciolada, el ápice obtuso, su venación es dicotómica.

**Dimensiones:** El raquis midió 47.94 mm de largo con 0.81 mm de ancho, que hacia el ápice se reduce a 0.64 mm, largo conservado de pinnas de 10.44 mm, ancho de 5.31 mm, ángulo de las pinnas con respecto al raquis de 39.17° a 71.03°, largo de las pínulas de 1.60 mm a 3.63 mm, ancho de las pínulas de 0.80 mm a 2.24 mm, distancia entre las pínulas de 0.71 mm a 1.66 mm, ángulo de las pínulas con respecto al raquis varía de 21.62° a 50.90°, los ángulos de sus venas de 17.31° a 33.61°.

**Observaciones:** Los ejemplares CFZM32-A, CFZM32-B, CFZM32-C y CFZM32-D, se encontraron en la misma roca, pero no tienen conexión orgánica entre ellos. El ejemplar CFZ M 32-C fue el único que preservó su venación, el ejemplar CFZM59-6 se encontró en una muestra diferente pero también comparte características comunes como la similitud de sus pínulas, además de que en este ejemplar las pínulas están completas.

Estos ejemplares se compararon con Pearson y Delevoryas (1982), los ejemplares de esta tesis son más pequeños, no se encontraron pínulas mucronadas, los lóbulos de las pínulas tienen una forma más obtusa que redondeada, el ejemplar de Pearson y Delevoryas coincide en que su localidad se encuentra ubicada dentro de la Formación Zorrillo.

**Material:** CFZM32-1, CFZM32-2, CFZM32-3, CFZM32-4, CFZM59-6 (figura 19).

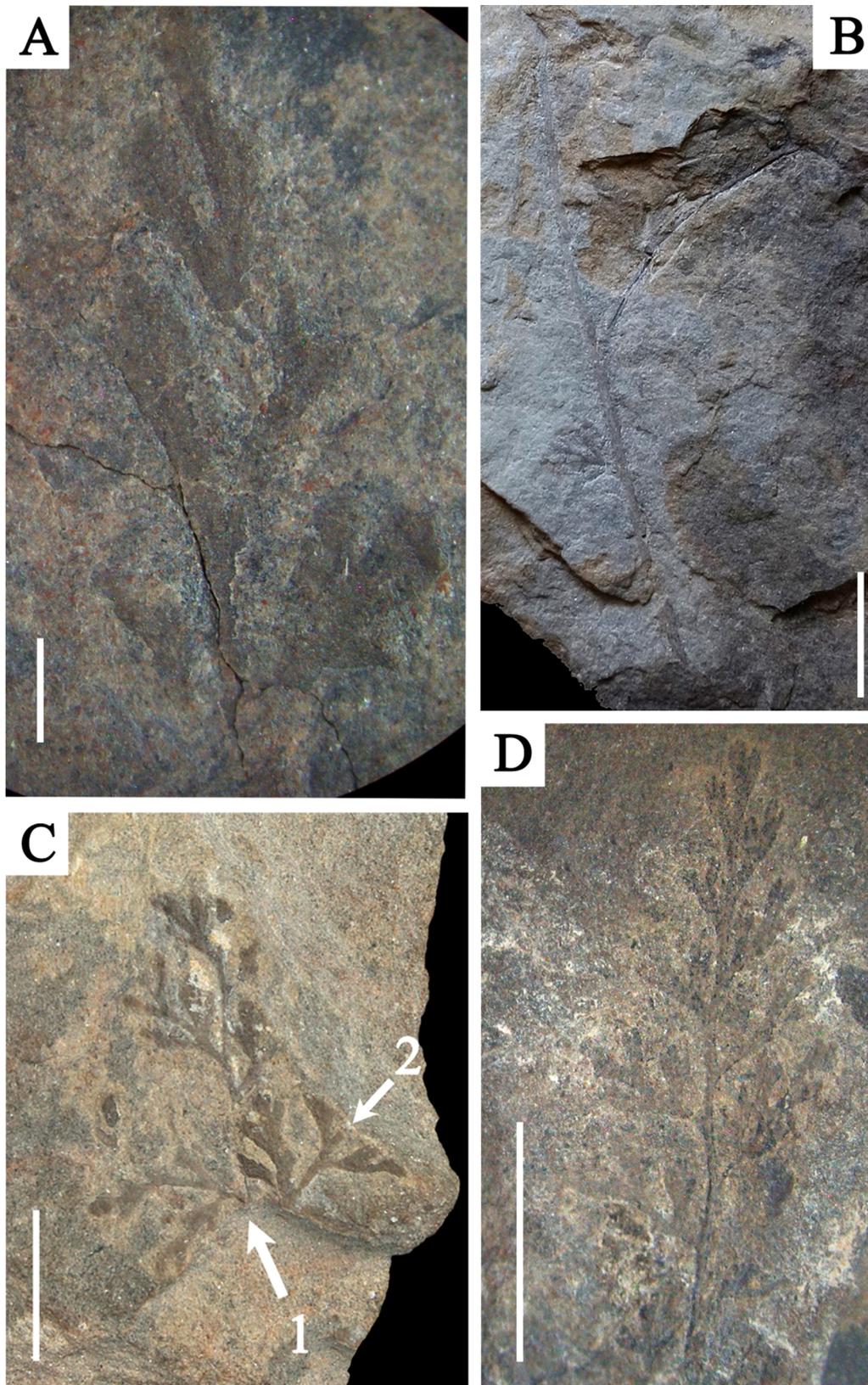


Figura 19. Ejemplares CFZ M32-1 (C-1), CFZ M32-2 (C-2), CFZ M32-3 (A) y CFZ M32-4 (B), CFZ M59-6 (D), Barras de escala: A = 2.00 mm; B = 10.00 mm; C = 10.00 mm; D= 5.00mm.

## Helechos indeterminados

### Fosiltaxon 1

**Descripción:** Pinna estéril con siete pares de pinnulas acomodadas en orden opuesto, su margen es entero, las pinnulas están muy cercanas entre ellas, su base se une completamente al raquis, su ápice es apical.

**Dimensiones:** El ejemplar mide 13.54 mm de largo su ancho es de 9.45 mm en su base que hacia el ápice se reduce a 4.45 mm, pinnulas con un largo de 1.92 mm a 2.90 mm, ancho de 0.94 mm a 1.27 mm, ángulo con respecto al raquis de  $51.56^\circ$  a  $73.50^\circ$ .

**Observaciones:** Es una impresión en arenisca de grano fino de una pinna carente de ápice y base, sus venas no se preservaron. Este ejemplar no conservó características suficientes para asignarle un género.

**Material:** CFZ M78-4 (figura 20).



Figura 20. Ejemplar CFZ M78-4. Barra de escala: 10.00 mm.

## Fosiltaxón 2

**Diagnosis:** Ejemplar al menos tripinnado, raquis estriado, pinnas primarias lanceoladas a lineares, con acomodo alterno a subalterno, imparipinnadas, pinnas secundarias lanceoladas a lineares, con acomodo alterno a subalterno, imparipinnadas, las más basales son más largas que las apicales, pínulas lobuladas, alternas a subalternas, venación posiblemente simple.

**Dimensiones:** El ejemplar mide 63.00 mm de largo con un ancho aproximado de 69.04 mm, raquis de 1.67 mm de ancho en la base hacia el ápice se reduce a 0.76 mm, largo conservado de la pinna primaria 43.32 mm, ancho de las pinnas primarias de 8.52 mm a 11.69 mm, ángulo de las pinnas primarias con respecto al raquis de 56.20° a 86.83°, largo de las pinnas secundarias de 4.02 mm a 12.04 mm, su ancho de 1.46 mm a 4.18 mm, ángulo con respecto al raquis de 22.21° a 69.93°.

**Observaciones:** Este ejemplar es el más grande estudiado en esta tesis, sin embargo sus pínulas no están bien conservadas, por lo que no se tiene la seguridad de que sea un helecho, solo una pinna primaria conservo ápice y base, el resto solo conservó sus bases en la mayoría de las pínulas no se puede observar la venación, en algunos casos solo se ve una vena media.

**Material:** CFZ M62-1, CFZ M62-2 (figura 21).

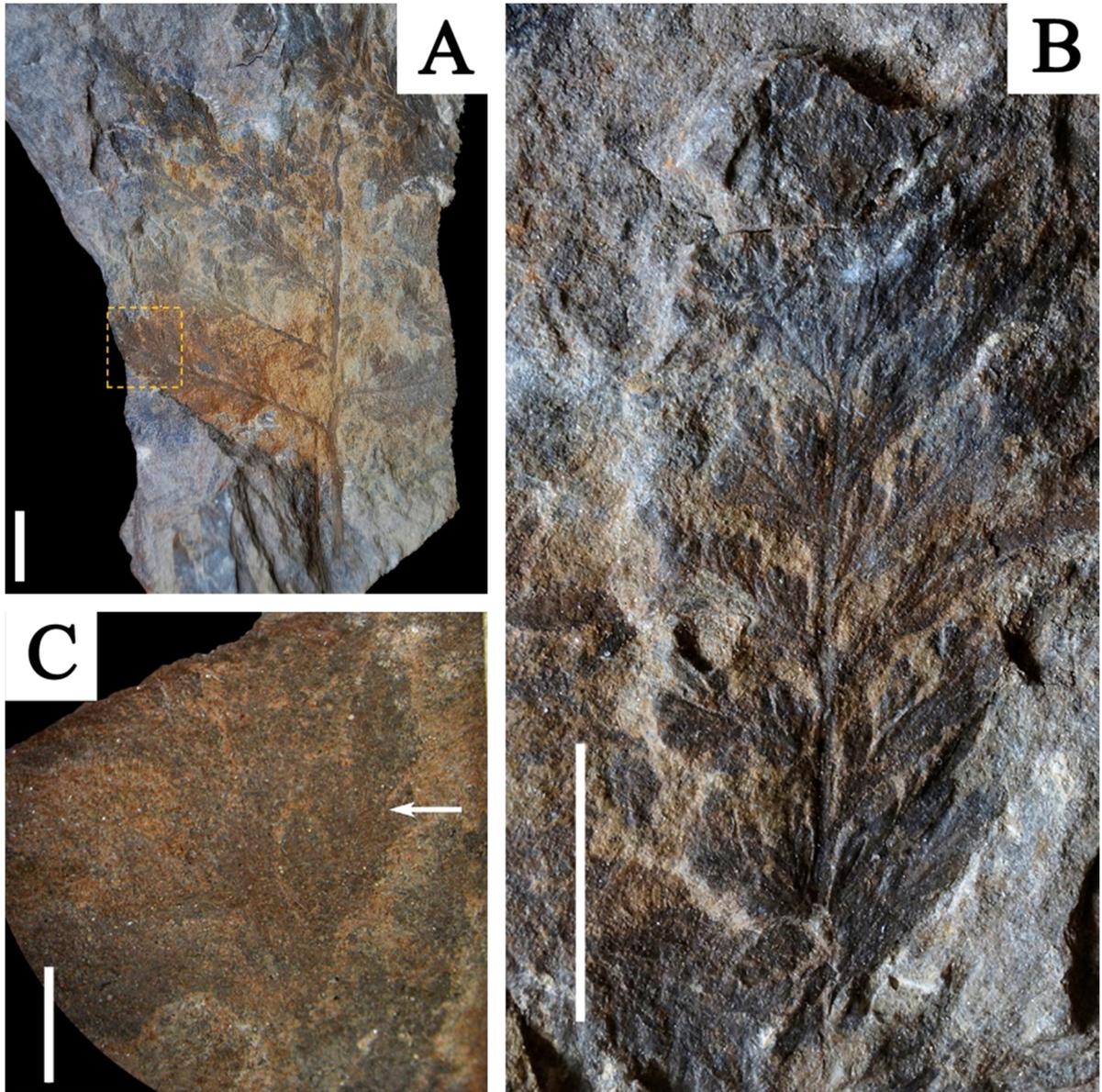


Figura 21. Ejemplares CFZ M62-1 (A), ejemplar CFZ M62-2 (B), acercamiento a una de las pinnas del ejemplar CFZ M62-1 (enmarcada en el recuadro A), la flecha marca un raquis (C), aspecto que se utilizó para distinguir que era una pinna y no una pinnula. Barra de escala: A = 10.00 mm; B = 10.00 mm; C = 3.00 mm.

### Fosiltaxon 3

**Diagnosis:** Raquis liso, pinnula con margen entero, ápice bífido, su base se une completamente al raquis, vena media que se bifurca tres veces de tal manera que en el ápice se observaron dos venas terminales que llegan hasta el margen.

**Dimensiones:** El raquis midió 0.50 mm de ancho en su parte más basal, hacia los primeros 3.99 mm se ensancha a 1.05 mm, el largo de las pinnulas varía de 5.96 mm a 4.66 mm, su ancho varía de 1.10 mm a 0.85 mm.

**Observaciones:** El ejemplar se preservó en una compresión carbonosa en arenisca de grano fino, los ejemplares son muy pequeños e incompletos para sacar más características, no se pudo encontrar ningún helecho fósil que comparta la forma de sus pinnulas, por lo que no se tiene la seguridad de que sea un helecho. Los ejemplares no muestran conexión orgánica pero es posible que hayan pertenecido a un mismo ejemplar.

**Material:** CFZ M59-2 y CFZ M59-2.1 (figura 22)

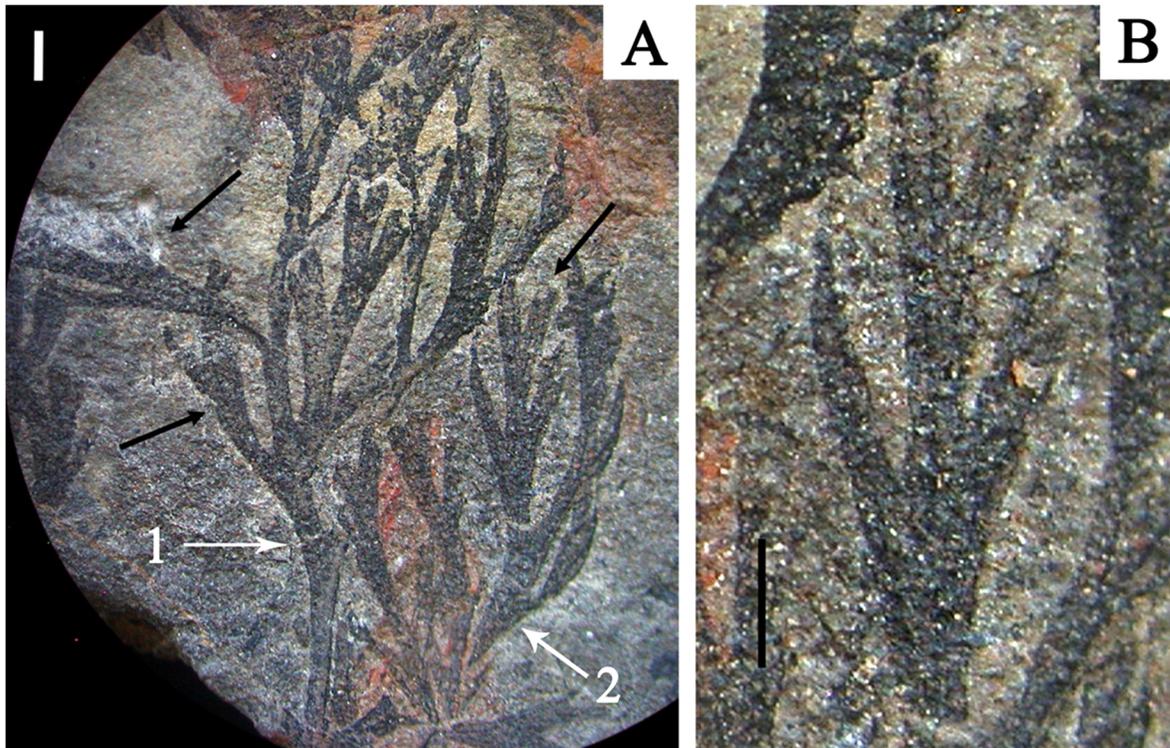


Figura 22. Ejemplares CFZ M59-2 (1) y CFZ M59-2.1 (2). Barra de escala: A y B = 1.00 mm. Las flechas señalan las pinnulas de las que se sacaron medidas.

#### Fosiltaxon 4

**Descripción:** Ejemplar con forma linear, raquis posiblemente con estrías, pinnulas alternas, lobuladas, imparipinnadas, las pinnulas disminuyen sus dimensiones conforme se acercan al ápice, su base es decurrente, sus venas no se conservaron.

**Dimensiones:** El ejemplar mide 68.25 mm de largo, raquis de 0.8 mm de ancho basal que hacia el ápice se estrecha a 0.48 mm, largo de las pinnulas de 3.39 mm a 8.67 mm, ancho de las pinnulas de 1.25 mm a 2.51 mm, ángulo con respecto al raquis de 57.61° a 75.22°.

**Observaciones:** El ejemplar se preservó como una compresión carbonosa en arenisca de grano fino, podría tratarse de una fronda o de una pinna primaria, las pinnulas tienen muy poca distancia entre ellas, este ejemplar no preservó su venación, por lo que no se pudo asignar un género

**Material:** CFZ M95 (figura 23)

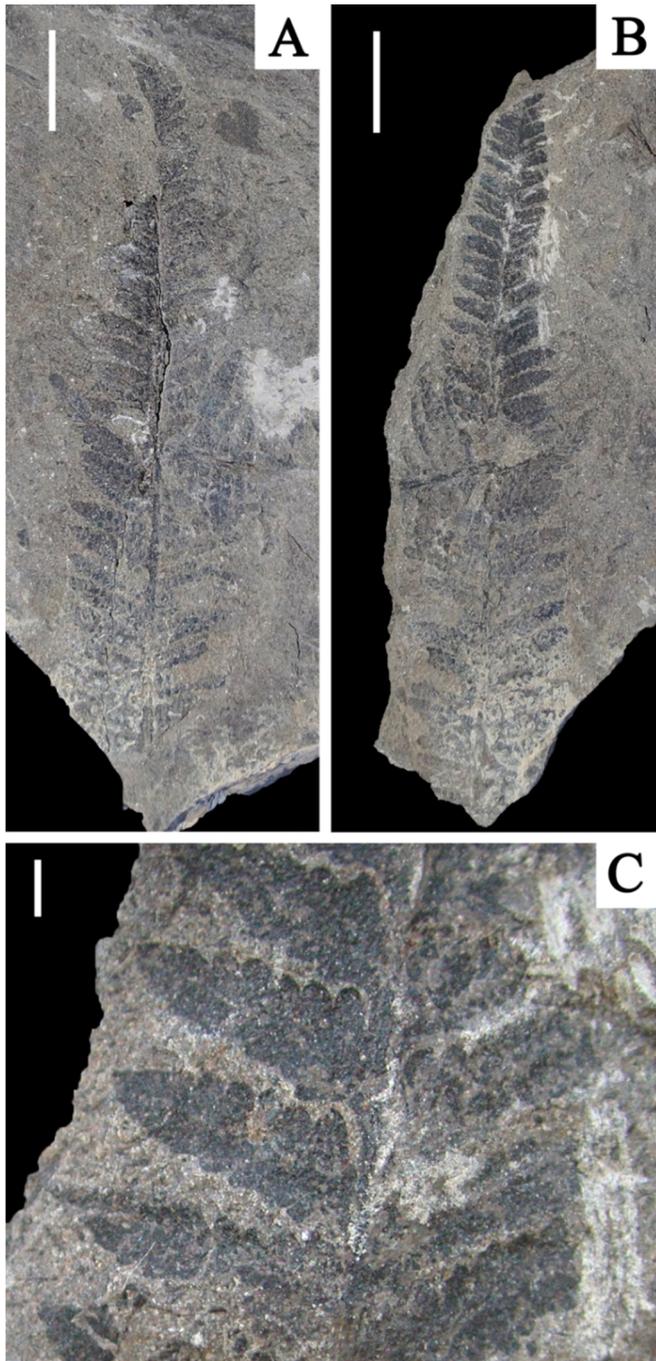


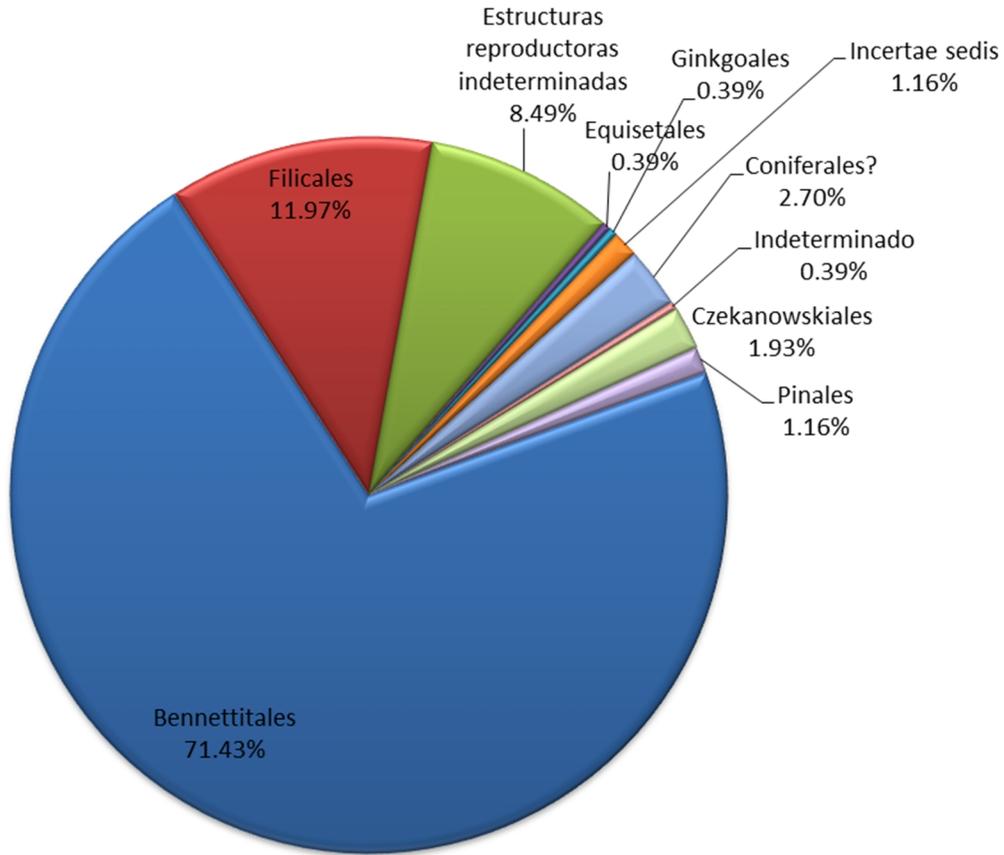
Figura 23. Ejemplar CFZ M95 negativo (B) y positivo (A), con un acercamiento a las pinnas (C). Barra de escala: A, B = 10.00mm; C = 1.00mm.

Se realizaron cuadros comparativos de la cantidad total de ejemplares identificados (cuadro 4 y grafica 1). En el cuadro 5, grafica1 corresponden a nivel genérico. Se anexó la base de datos de la localidad San Juan Mixtepec (anexo 1).

Como se muestra a continuación en el cuadro 5 y la gráfica 1 las filicales se sitúan en segundo lugar con 31 ejemplares, 11.97% del total de ejemplares de San Juan Mixtepec, son superadas por un amplio margen por las Bennettitales.

Cuadro 5. Agrupamiento taxonómico a nivel orden del total de los ejemplares de la localidad San Juan Mixtepec.

Orden	No. de ejemplares
Bennettitales	185
Filicales	31
Estructuras reproductoras indeterminadas	22
Equisetales	1
Ginkgoales	1
Incertae sedis	3
Coniferales?	7
Indeterminado	1
Czekanowskiales	5
Pinales	3
Total	259



**Grafica 1.** Comparación de porcentajes de los órdenes de la localidad San Juan Mixtepec

### XI. Comparación de las cantidades de filicales en base a su género

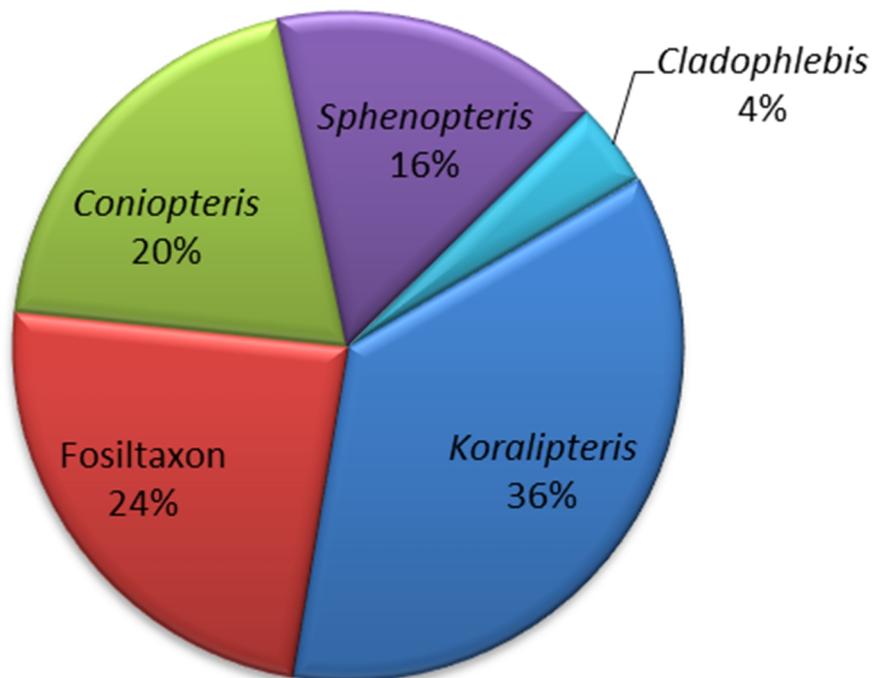
Como se muestra en el cuadro 6 y gráfica 2, el género *Koralipteris* es el que más ejemplares tiene (9) siendo el 36 % del total de Filicales, seguido del género *Coniopteris* con 5 ejemplares y 20% del total

Pese a la poca cantidad de ejemplares (25) se tienen 4 géneros, lo cual podría indicar que esta localidad es rica en géneros.

**Cuadro 6.** Número total de géneros de los filicales de la localidad San Juan Mixtepec.

Género	No. de ejemplares
<i>Koralipteris</i>	9
<i>Fosiltaxon</i>	6
<i>Coniopteris</i>	5

<i>Sphenopteris</i>	4
<i>Cladophlebis</i>	1
total	25



Grafica 2. Comparación del porcentaje de géneros de filicales.

## XII. Análisis de los ejemplares asignados a *Koralipteris*

Los ejemplares que se asignaron al género *Koralipteris* (CFZ M96, CFZ M98, CFZ M93, CFZ M97-1, CFZ M97-2, CFZ M99-3, CFZ M99-4, CFZ M100 y CFZ M101), tienen diferencias en la morfología de las pínulas, pues algunas tienen aurículas en su base, mientras que otras las tienen en la parte media. Esto hace que en algunos casos (ejemplar CFZ M101) la pinna tenga una apariencia lobulada (Figura 16). Estas diferencias quizá, se deban al grado de desarrollo de los ejemplares. Todos los ejemplares tienen en común la venación simple y anádroma (ej. Figuras 13 B, 14 A y B, 15 A, 16 D y E, 18 C y E).

En un principio se consideraron pertenecientes a la familia Gleicheniaceae pues su venación es similar a algunas de sus especies (ej. *Gleicheniaceaphyllum san-martini*). Sin embargo debido a que los ejemplares no presentan una yema laminar determinada o soros, se opta por asignar estos ejemplares a *Koralipteris*.

### **XIII. Análisis de los ejemplares asignados a *Coniopteris***

Cinco ejemplares fueron asignados a este género; un espécimen muestra afinidad a la especie *Coniopteris hymenophylloides*; tres con la especie *C. bella*, y el tercero solo se asigna a género. En México se han reportado tres especies de *Coniopteris*, por lo que, el ejemplar asignado con afinidad a *C. bella*, pese a ser una afinidad, podría indicar la presencia en México de la especie.

### **XIV. Análisis de los ejemplares asignados a *Sphenopteris***

En México solo cuatro autores han reportado la presencia de *Sphenopteris Geoppertii* o a su afinidad. Todos del periodo Jurásico, de las localidades: Arrollo del Carrizo en las formaciones Rosario y Zorrillo (Pearson y Delevoryas, 1982), Cañada del ajo de la Formación Tecocoyunca (Rojas Chávez, 2010), Barranca de la mina de la Formación Tecamazuchil (Guerrero Arévalo, 2014) y R1 de la Formación Rosario (Ortiz Martínez, 2014).

Con este trabajo podemos aportar el registro de *Sphenopteris Geoppertii* por vez primera en la localidad Mixtepec y ampliar un segundo registro para la Formación Zorrillo,

### **XV. Análisis de los ejemplares de helechos indeterminados y el género *Cladophlebis***

Se describieron cuatro ejemplares, los cuales no se pudieron determinar, sin embargo su morfología es diferente al resto de los helechos determinados, esto podría indicar que hay más géneros de los que se reportaron.

Solo un ejemplar fue asignado al género *Cladophlebis*, este género ya ha sido reportado anteriormente para México con las especies *Cladophlebis denticulata* *C. browniana* y *C. exiliformis*, este ejemplar no presenta similitud con las anteriores especies. Sin embargo dada la problemática taxonómica que tiene este género, es recomendable tratar este ejemplar con precaución.

### **XVI. Conclusiones**

Se amplía el listado de ejemplares de plantas fósiles de la localidad San Juan Mixtepec.

Se identificaron cuatro géneros de helechos fósiles para la localidad de San Juan Mixtepec.

Se reporta la presencia de *Sphenopteris geoppertii*.

Se propone la presencia de *Koralipteris* para la localidad de Mixtepec que es un nuevo género reportado para México.

## **XVII. Recomendaciones**

Continuar muestreando en la localidad de Mixtepec en busca de helechos más completos o fértiles.

Ubicar más estratos con la presencia de helechos.

Realizar técnicas de extracción cuticular en los ejemplares.

## **XVIII. Referencias:**

- Adame-Juárez. H. (2007). *Flórula del Jurásico medio de la región de Ayuquila, noroeste del Estado de Oaxaca* (tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Aguilar-Arellano, F. J. (2004). *Plantas jurásicas de la región noroccidental de Oaxaca (Formaciones Rosario y Cualac): implicaciones paleobiogeográficas*. (tesis de maestría). Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Berry E. W. (1911). A Revision Of The Fossil Ferns From The Potomac Group Which Have Been Referred To The Genera *Cladophlebis* And *Thyrsopteris*. *Proceedings of the United States National Museum*, 41, 307-332.
- Bower, F. O. (1923). *The Ferns (Filicales) Treated Comparatively With A View To Their Natural Classification*. London, England: Cambridge University Press.
- Brongniart, A. T. (1822). *Sur la classification et la distribution des végétaux fossiles*. Paris, France: A. Belin.
- Brongniart, A. T. (1849). *Tableau des genres de végétaux fossiles considérés sous le point de vue de leur classification botanique et de leur distribution géologique*. Paris, France: L. Martinet
- Chunxiang, Li., Xinyuan, Miao., Li-Bing, Zhang., Junye, Ma. y Jiasheng, Hao. (2019). Re-evaluation of the systematic position of the Jurassic–Early Cretaceous fern genus *Coniopteris*: *Cretaceous Research*, 105.
- Cleal, J. C. y Thomas, A. B. (2019). *Introduction to Plant Fossils*. Ney York, U.S.A: Cambridge University Press.
- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. y Fan, J. X. (2019). *The ICS International Chronostratigraphic Chart*. Episodes 36: 199-204.

Delevoryas, T. y Gould, R. E. (1971). An unusual fossil fructification from the Jurassic of Oaxaca, Mexico. *American Journal of Botany*, 58(7), 616-620.

Delevoryas, T y Gould R. E. (1973). Investigations of North American cycadeoids: Williamsonian cones from the Jurassic of Oaxaca, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 15(1), 27-42.

Delevoryas, T. y Pearson, C. P. (1975). Mexiglossa varia Gen. et sp. nov.; a new genus of glossopterid leaves from the Middle Jurassic of Oaxaca, Mexico. *Palaeontographica*, 154, 114-120.

Deng, S. (2002). Ecology of the Early Cretaceous ferns of Northeast China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 119, 93-112.

Deng, S. y Y. Lu. (2006). The Mesozoic dicksoniaceous ferns: characteristics, distribution, origin and evolutionary trend. *Global Plant Letters 1* (1), 9-29.

Erben, H.K. (1956). El Jurásico Medio y el Calloviano de México. XX Congreso Geológico Internacional: México, D.F., Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Fontaine, M. W. (1889). *The Potomac or younger Mesozoic flora*. Washington, U.S.A: Government Printing Office.

Forte, G., Kustatscher, E., Van Konijnenburg-Van Cittert, J., Kerp, H. (2018). Sphenopterid diversity in the Kungurian of Tregiovo (Trento, NE-Italy). *Review of Palaeobotany and Palynology* 252, 64-76.

Frenguelli, J. (1947). El género *Cladophlebis* y sus representantes en Argentina. *Anales del museo de la plata* (n.s) paleontología. Sect. B (2). 1-74.

Guerrero Arévalo I. D. (2014). *Estudio tafonómico de gimnospermas fósiles del Jurásico Medio, en la localidad Barranca de la Mina y Jurásico inferior en la localidad Peña Corolada* (tesis de licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Harris, T. M. (1961). The Yorkshire Jurassic Flora, Thallophyta-Pteridophyta. London: British Museum Natural History.

Heer, O. (1877). Flora fossilis ártica. Die Fossile Flora Der Polarlander. Zürich :F. Schulthess

Herbst, R. (1971). *Revisión de las especies argentinas del género Cladophlebis*. *Ameghiniana*, 8 (3-4), 265-281.

Jarzinka, A. (2016). Fossil flora of Middle Jurassic Grojec clays (southern Poland). Raciborski's original material reinvestigated and supplemented. II. Pteridophyta. Osmundales. *Acta Palaeobotanica*, 56(2), 183–221.

Jones, A. J., y Jersey, J. N. (1947). The flora of the Ipswich coal measures-Morphology and floral succession. With an appendix on "Some fossil plants from the Bundamba Series". Papers of the Department of Geology, *University of Queensland* 3(3) 88.

Lozano Carmona, D.E. (2012). *Paleoclima y flora fósil de Rio Ñumi, Formación Zorrillo-Taberna indiferenciada, Oaxaca* (tesis de licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Lozano Carmona, D.E (2017). *Distribución y taxonomía de Ginkgoales (Engler, 1897) y grupos afines del jurásico del sur de México* (tesis de maestría). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México

Lozano Carmona D. E; Velasco de León M. P; Morán Zenteno D. J. y Rodríguez de la Rosa R. A. (2015) Propuesta del escenario jurásico de una nueva localidad fosilífera en San Juan Mixtepec, sureste de México. XIV Congreso Nacional de Paleontología, México, Coahuila., p. 44.

Martínez Paniagua O, D. (2015). *Estudio taxonómico y diversidad de la paleoflora del Jurásico Medio en la región de Olinalá (Grupo Tecocoyunca), Guerrero* (tesis de licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

McElwain J. (2018). *Paleobotany and Global Change: Important Lessons for Species to Biomes from Vegetation Responses to Past Global Change*. Annual Review of Plant Biology, 69, 761-787.

Morales-Lara A. y Silva-Pineda A. (1996). Flórula jurásica de una nueva localidad en la región de San Miguelito, Oaxaca. *boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 52 (3-4), 31-41.

Ôishi, S. (1940). The Mesozoic Floras of Japan. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University*. Ser. 4, Geology and mineralogy, 5(2-4), 123-480.

Ortiz-Martínez, E. L, M. P. Velasco de León y A. Silva-Pineda. (2007). Nuevos reportes de filicales en Ayuquila (Jurásico Medio), Oaxaca. En: III Simposio Argentino Jurásico, Libros de Resúmenes. Mendoza

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 Ciencias Geológicas* 20 (10), 150-158.

Ortiz-Martínez, E. L. (2014). *Estudio paleoecológico del Jurásico Inferior y Medio de la zona norte de Oaxaca* (Tesis de doctorado). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Pearson, C. P. y Delevoryas, T. (1982). The Middle Jurassic of Oaxaca, Mexico. *Palaeontographica*, 180, 82-119.

Rasband, W.S. (1997-2018). ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij/>.

Rojas Chávez C. (2010). *Taxonomía de Dicksoniaceae, Gleicheniaceae y Matoniaceae (Filicales) del Jurásico en la región Mixteca, México* (Tesis de licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico.

Saporta G, (1873). *Paleontologie Francaise on Description des Fossiles de la France. Plantes Jurassitjues, I, Equisetacces, Characees, Fougiers*: 506 p., Paris

Sandoval, J., y Westermann, G. (1986). The Bajocian (Jurassic) ammonite fauna of Oaxaca, Mexico. *Journal of Paleontology*, 60 (6),1220-1271.

Schimper, W.P. (1874). *Traite de Paleontologie vegetale ou la flore du monde primitif dans ses rapports avec les formations geologiques et la flore du monde actuel*. 966 pp.; Vol. III. Paris.

Schopf, J.M. (1975). Modes of fossil preservation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 20(1-2), 27-53.

Seward, A. C., M. A., F.R.S. (1963). *Fossil Plants: A text-Book for students of botany and Geology*, Cambridge University Press, London, Volume II, pp: 608

Seward, A. C.,(1894). *Catalogue of the Mesozoic plants in the Department of Geology British Museum (Natural History). The Wealden flora: Part I. Thallophyta - Pteridophyta. Plates I – XI*. London, Printed by order of the Trustees

Silva-Pineda, A. (1969). Plantas fósiles del Jurásico Medio de Tecomatlán, Puebla. *Paleontología Mexicana, Instituto de Geología*, 27(1), 1-76.

Silva-Pineda, A. (1970). *Plantas fósiles del Jurásico Medio de la región de Tezoatlán, Oaxaca*. México. Sociedad Geológica Mexicana, Libro Guía México-Oaxaca.

Silva-Pineda A. (1978), *Paleobotánica del Jurásico de México*. Instituto de Geología, UNAM: *Paleontología Mexicana* 44 (1), 1-17

- Silva-Pineda, A. (1984). Revisión taxonómica y tipificación de las plantas jurásicas colectadas y estudiadas por Wieland (1914) en la región de El Consuelo Oaxaca: *Paleontología Mexicana, Instituto de Geología*, 49, 103.
- Silva-Pineda, A y Blanca E. Buitrón S. (1998). *Paleontología de México. Plantas vasculares fósiles*. México. UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Silva-Pineda, A., Velasco de León M. P., y Rodríguez Becerra R. (2007). Tafonomía de plantas jurásicas de Oaxaca y Puebla, México, en III Simposio Argentino Jurásico y sus límites, Libro de Resúmenes. Mendoza, Argentina.
- Silva-Pineda, A., Velasco de León, P., Arellano Gil, J., Grimaldo Avalos, J.R. (2011). Una Nueva especie de Weltrichia del Jurásico Medio de la Formación Tecomazúchil, Oaxaca, México: *Geobios*, 44, 519-525.
- Skong J. E. y Dilcher D. L. (1994). Lower vascular plants of the Dakota Formation in Kansas and Nebraska, USA. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 80, 1-18.
- Sternberg G. K. (1825). Versuch einer geognostischen botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt. Vol 1, pt 4.
- Taylor, N, T., Taylor, L, E. y Krings, M. (2009). *Paleobotany The Biology and Evolution of Fossil Plants*. U.S.A. New York. Academic Press.
- Tidwell, W.D., Ash, S.R. (1994). A review of selected Triassic to Early Cretaceous ferns. *Journal of Plant Research*, 107, 417-442.
- Van Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A. (1989). Dicksoniaceae spores in situ from the Jurassic of Yorkshire, England. *Review of Palaeobotany and Palynology* 61, 273-301.
- Van Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A. (1993). A review of the Matoniaceae based on in situ spores *Review of Palaeobotany and Palynology* 78, 235-267.
- Van Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A. (2002). Ecology of some Late Triassic to Early Cretaceous ferns in Eurasia. *Review of Palaeobotany and Palynology* 119, 113-124.
- Velasco de León, M.P., A., Silva-Pineda y D., Flores-Camargo, (2007), La presencia de *Brachyphyllum?* en la Formación Tecomazuchil del Jurásico Medio de México, en III Simposio Argentino Jurásico y sus límites, Libro de Resúmenes. Mendoza, Argentina
- Vera, E. and Passalia, M. (2012). *Korallipteris*, a new genus for Mesozoic *Gleichenia*-like fern fronds. *Geobios* 45, 421–428.
- Villar de Seoane L, M. (1995). *Estudio anatómico y ultraestructural comparado de Pteridófitas (frondes) y Gimnospermas (hojas) actuales y fósiles de la Formación*

*Baqueró, provincia de Santa Cruz, Argentina* (tesis de doctorado). Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Weber, R. (2008), *Phlebopteris* (Matoniaceae) en el Triásico y Jurásico de México, in Weber, Reinhard, ed., *Plantas triásicas y jurásicas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Boletín 115, Parte 2. 85-115.

Wieland, G. R. (1914-1916). La flora Liasica de la Mixteca Alta. *Boletín del Instituto Geológico de México* 31, 1-165.

Willis, K. J. y McElwain J. C. (2002). *The evolution of plants*. Oxford: Oxford University Press.

Xin, C., Wang, L., Du, B., Zhang, Y. y Wang, J. (2018). Cuticles and Spores in Situ of *Coniopteris hymenophylloides* from the Middle Jurassic in Gansu, Northwestern China. *Acta Geológica Sinica*, 92 (3), 904-914.

Zeiller, R. (1903). *Flore fossile des gîtes de charbon du Tonkin*, Paris: Impr. Nationale.

#### **XIV. Anexo**

##### **Cuadro de listado de fósiles de la localidad de San Juan Mixtepec.**

El siguiente cuadro se hizo a partir de la base de datos de la localidad San Juan Mixtepec, antes de la salida de campo del 15 de Febrero del 2019, se contaban con 245 ejemplares fósiles, en esta tesis se amplió esta cifra a 261 ejemplares.

Número de ejemplares	Ejemplar	Orden	Familia	Género	Especie	Fecha de Colecta	Fronda-Hoja /Foliolo	Madera (tronco/corteza/rama/raíz/entrenudo)	Estructura Reproductiva (Cono/ Semilla)	Tipo de Roca
1	M1(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>sp.</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
2	M1(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>sp.</i>		Hoja compuesta	~	~	arenisca de grano fino
3	M2(1)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita
4	M3(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>Z. cf. tribulosus</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
5	M4(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
6	M5(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
7	M5(2)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
8	M6(1)	Bennettitales		<i>Anozamites</i>	<i>A. cf. minor</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
9	M6(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>sp.</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
10	M6(3)						~	~	Cono	Arenisca de grano fino
11	M7(1)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>oaxacensis</i>		~	~	Cono	Arenisca de grano fino
12	M8(1)						~	~	Semilla	Limolita/arenisca fina
13	M8(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Foliolo	~	~	Limolita/arenisca fina
14	M8(3)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
15	M8(4)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
16	M8(5)						~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
17	M8(6)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
18	M8(7)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.1</i>		Foliolo	~	~	Limolita/arenisca fina
19	M8(8)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.2</i>		Foliolo	~	~	Limolita/arenisca fina
20	M8(9)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.1</i>		Foliolo	~	~	Limolita/arenisca fina
21	M8(10)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.3</i>		Foliolo	~	~	Limolita/arenisca fina
22	M8(11)						~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
23	M8(12)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>Z. cf. lucerensis</i>		Foliolo	~	~	Limolita/arenisca fina
24	M8(13)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.2</i>		Foliolo	~	~	Limolita/arenisca fina
25	M8(14)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>sp1</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina

26	M8(15)						~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
27	M8(16)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>Z. cf. lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
28	M8(17)						~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
29	M8(18)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
30	M8(19)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
31	M8(20)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
32	M8(21)							~	Cono	Limolita/arenisca fina
33	M8(22)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
34	M8(23)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
35	M8(24)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
36	M8(25)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
37	M8(26)	Bennettiales		<i>Anomozamites</i>	<i>intermedium</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
38	M8(27)						~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
39	M8(28)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>tribulosus</i>		foliolo	~	~	Limolita/arenisca fina
40	M8(29)						~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
41	M8(30)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
42	M8(31)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
43	M8(32)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
44	M8(33)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.2</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
45	M8(34)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
46	M8(35)						~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
47	M8(36)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.3</i>		foliolo	~	~	Limolita/arenisca fina
48	M8(37)	Bennettiales		<i>Weltrichia</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
49	M8(38)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
50	M8(39)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
51	M8(40)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
52	M8(41)						~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
53	M8(42)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.2</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina

54	M8(43)						~	~	Semilla	Limolita/arenisca fina
55	M8(44)						~	~	Cono	Limolita/arenisca fina
56	M8(45)	Incertae sedis		<i>Trigonocarpus</i>	<i>oaxacensis</i>		~	~	Semilla	Limolita/arenisca fina
57	M8(46)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Limolita/arenisca fina
58	M8(47)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
59	M8(48)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
60	M8(49)	Bennettiales		~	~		~	base de hojas compuestas	~	Arenisca de grano fino
61	M8(50)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.2</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
62	M8(51)	Bennettiales		~	~		~	base de hoja compuesta	~	Arenisca de grano fino
63	M8(52)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>sp. cf. tribulosus</i>		foliolo	~	~	Arenisca de grano fino
64	M8(53)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
65	M8(54)	Bennettiales		<i>Weltrichia?</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Arenisca de grano fino
66	M8(55)								Cono	Arenisca de grano fino
67	M8(56)			<i>Weltrichia?</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Arenisca de grano fino
68	M8(57)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>Z. cf. lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
69	M8(58)	Bennettiales		~	~		~	base de hoja compuesta	~	Arenisca de grano fino
70	M8(59)			<i>Williamsoniella</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Arenisca de grano fino
71	M9(1)			<i>Williamsoniella</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Arenisca de grano fino
72	M10 (1)	Bennettiales		<i>Williamsonia</i>	<i>oaxacensis</i>		~	~	Cono	Arenisca fina/Limolita
73	M10 (2)	Bennettiales		<i>Weltrichia</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Arenisca fina/Limolita
74	M10 (3)	Bennettiales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.3</i>		foliolo	~	~	Arenisca fina/Limolita
75	M10 (4)	Bennettiales		<i>Weltrichia</i>	<i>sp</i>		~	~	~	Arenisca fina/Limolita
76	M10 (5)	Bennettiales		<i>Weltrichia?</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Arenisca fina/Limolita
77	M10 (6)	Bennettiales		<i>Williamsoniella</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Arenisca fina/Limolita
78	M10(7)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca fina/Limolita
79	M10(8)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>sp.1</i>		foliolo	~	~	Arenisca fina/Limolita
80	M10(9)	Bennettiales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>		foliolo	~	~	Arenisca fina/Limolita
81	M10(10)	Bennettiales		<i>Weltrichia</i>	<i>sp.</i>		~	~	Cono	Arenisca fina/Limolita

82	M10(11)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>sp.1</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca fina/Limolita
83	M10(12)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca fina/Limolita
84	M10(13)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca fina/Limolita
85	M10(14)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>sp.</i>		~	~	Cono	Arenisca fina/Limolita
86	M10(15)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>sp.3</i>		foliolo	~	~	Arenisca fina/Limolita
87	M10(16)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca fina/Limolita
88	M10(17)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>sp.</i>		~	~	Cono	Arenisca fina/Limolita
89	M10(18)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca fina/Limolita
90	M10(19)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>sp.1</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca fina/Limolita
91	M10(20)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca fina/Limolita
92	M10(21)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>					Bracteas	Arenisca fina/Limolita
93	M11	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca fina/Limolita
94	M12(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>		hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
95	M12(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
96	M12(3)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
97	M12(4)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
98	M12(5)	Filicales					Fronda incompleta	~	~	Arenisca de grano fino
99	M12(6)	Czekanowskiales		<i>Czekanowskia</i>	<i>sp.1</i>		Hoja	~	~	Arenisca de grano fino
100	M12(7)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
101	M12(8)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
102	M12(9)	Bennettitales		<i>Cycadolepis</i>	<i>mexicana</i>		~	~	Escama	Arenisca de grano fino
103	M12(10)	Coniferales?		<i>Pelourdea</i>	<i>sp.</i>		Hoja compuesta	~	~	limolita
104	M12(11)	Coniferales?		<i>Pelourdea</i>	<i>sp.</i>		hoja compuesta	~	~	limolita
105	M12(12)	Czekanowskiales		<i>Czekanowskia</i>	<i>sp.1</i>		Hoja	~	~	Arenisca de grano fino
106	M13(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
107	M13(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
108	M13(3)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
109	M13(4)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino

110	M14	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
111	M15(1)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Arenisca de grano fino
112	M15(2)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>sp</i>		~	~	Cono	Arenisca de grano fino
113	M16(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
114	M16(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
115	M16(3)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
116	M16(4)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>sp</i>				Cono	
117	M16(5)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>tribulosus</i>		Foliolo	~	~	Arenisca de grano fino
118	M17	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
119	M18	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
120	M19	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>		Hoja compuesta	~	~	Lutita
121	M20	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>		Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
122	M21(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>		Foliolo	~	~	Arenisca de grano fino
123	M21(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>		Foliolo	~	~	Arenisca de grano fino
124	M22	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>oaxacensis</i>		~	~	Cono	Arenisca de grano fino
125	M23	Equisetales		<i>Equisetites?</i>	<i>sp</i>		~	entrenado	~	Arenisca de grano fino
126	M24	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>sp</i>	20/02/2015				Arenisca de grano fino
127	M25	Bennettitales		<i>Weltrichia?</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
128	M26	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
129	M27	Bennettitales		<i>Weltrichia?</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
130	M28	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
131	M29	Filicales		<i>Piazopteris</i>	<i>branneri</i>	20/02/2015	Fronda incompleta	~	~	Lutita carbonosa
132	M30	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>Z. cf. lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Lutita carbonosa
133	M31	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Lutita carbonosa
134	M32(1)	Filicales	Incertae sedis	<i>Sphenopteris</i>	<i>Geoppertii</i>	20/02/2015	Frondas	~	~	Arenisca de grano fino
135	M32(2)	Filicales	Incertae sedis	<i>Sphenopteris</i>	<i>Geoppertii</i>	20/02/2015	Frondas			Arenisca de grano fino
136	M32(3)	Filicales	Incertae sedis	<i>Sphenopteris</i>	<i>Geoppertii</i>	20/02/2015	Pínula			Arenisca de grano fino
137	M32(4)	Filicales	Incertae sedis	<i>Sphenopteris</i>	<i>Geoppertii</i>	20/02/2015	Raquis			Arenisca de grano fino

138	M33	Pinales	Cheirolepidaceae	<i>Brachyphyllum</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hojas	Rama	~	Lutita carbonosa
139	M34(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
140	M34(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
141	M35(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>tribulosus</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
142	M35(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
143	M36	Coniferales?		<i>Pelourdea</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
144	M37	Czekanowskiales		<i>Czekanowskia</i>	<i>sp 1</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
145	M38	Incertae sedis		<i>Taeniopteris</i>	<i>sp</i>	20/02/2015		~	~	Arenisca de grano fino
146	M39(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
147	M39(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
148	M39(3)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>Z. cf. feneonis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
149	M39(4)	Coniferales?		<i>Pelourdea</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja simple	~	~	Arenisca de grano fino
150	M40	Bennettitales		<i>Pterophyllum</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
151	M41	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>feneonis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
152	M42	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
153	M43	Ginkgoales		<i>Ginkgoitocladas?</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	~	Brotes cortos	~	Arenisca de grano fino
154	M44	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>Z. cf. feneonis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
155	M45(1)	Bennettitales		<i>Weltrichia?</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
156	M45(2)	Bennettitales		<i>Weltrichia?</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
157	M46	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015			Cono	Arenisca de grano fino
158	M47(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>tribulosus</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
159	M47(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
160	M48	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
161	M49	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
162	M50	Bennettitales		<i>Anomozamites</i>	<i>A. cf. minor</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
163	M51	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
164	M52					20/02/2015	~	~	Semilla/capsula	Arenisca de grano fino
165	M53(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerenis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino

166	M53(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
167	M53(3)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
168	M53(4)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
169	M53(5)	Incertae sedis		<i>Taeniopteris?</i>	<i>sp</i>	20/02/2015		~	~	Arenisca de grano fino
170	M53(6)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
171	M54(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
172	M54(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Limolita
173	M55(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>feneonis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Limolita
174	M55(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>sp</i>	20/02/2015		~	~	Limolita
175	M56(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>tribulosus</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
176	M56(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>feneonis</i>	20/02/2015	Foliolo	~	~	Arenisca de grano fino
177	M57(1)	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
178	M57(2)	Coniferales?		<i>Pelourdea</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja simple	~	~	Arenisca de grano fino
179	M57(3)	Bennettitales		<i>Zamites</i>		20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
180	M58(1)	Pinales		<i>araucarites?</i>		20/02/2015	~	~	Semilla	Arenisca grano medio
181	M58(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca grano medio
182	M59(1)	Filicales	Dicksoniaceae	<i>Coniopteris</i>	<i>C. cf. hymenophylloides</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca grano medio
183	M59(2)	Filicales	fosiltaxon			20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca grano medio
184	M59(2.1)	Filicales	fosiltaxon			20/02/2015	Hoja compuesta			Arenisca grano medio
185	M59(3)	Coniferales?		<i>Pelourdea</i>		20/02/2015	Hoja simple	~	~	Arenisca de grano fino
186	M59(4)	Bennettitales		<i>Zamites</i>		20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
187	M60	Bennettitales				20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
188	M61(1)	Czekanowskiales	Czekanowskiaceae	<i>Czekanowskia</i>	<i>sp 1</i>	20/02/2015	Hojas aciculares lacinias	~	~	Arenisca de grano fino
189	M61(2)	Pinales	Araucariaceae			20/02/2015	Hoja	~	~	Arenisca de grano fino
190	M61(3)	Filicales	insertasedis	<i>Sphenopteris</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
191	M62(1)	Filicales	fosiltaxon			20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
192	M62(2)	Filicales	fosiltaxon			21/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino

193	M63	Filicales	insertasedis	<i>Sphenopteris</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
194	M64	Filicales				20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
195	M65	Filicales				20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
196	M66(1)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
197	M66(2)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
198	M66(3)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
199	M66(4)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
200	M66(5)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
201	M66(6)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
202	M67(1)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
203	M67(2)			<i>Williamsoniella</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
204	M68			<i>cycadolepis</i>		20/02/2015	~	~	Escama	Arenisca de grano fino
205	M69	Czekanowskiales	Czekanowskiaceae	<i>Czekanowskia</i>	<i>sp 1</i>	20/02/2015	Hojas aciculares laciniadas	~	~	Arenisca de grano fino
206	M70	Filicales				20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
207	M71	Bennettitales		<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
208	M72	Bennettitales		<i>Zamites</i>		20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca de grano fino
209	M73(1)					20/02/2015	~	~	Cono	Limolita
210	M73(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>		20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Limolita
211	M74(1)	Bennettitales		<i>Welltrichia ?</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
212	M74(2)	Bennettitales		<i>Welltrichia ?</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
213	M74(3)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
214	M75(1)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
215	M75(2)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca de grano fino
216	M76	Coniferales?		<i>Pelourdea</i>	<i>sp</i>	20/02/2015	Hoja simple	~	~	Arenisca grano medio
217	M77(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>		20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	limolita
218	M77(2)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	limolita
219	M78(1)	Filicales				20/02/2015	Fronda	~	~	limolita
220	M78(2)	Bennettitales	Cycadeoidaceae	<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	limolita

221	M78(3)	Bennettitales	Cycadeoidaceae	<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	limolita
222	M78(4)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano medio
223	M78(5)	Filicales	fosiltaxon							
224	M79(1)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano medio
225	M79(2)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano medio
226	M80(1)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano medio
227	M80(2)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano medio
228	M80(3)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano medio
229	M81(1)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano medio
230	M81(2)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano medio
231	M81(3)	Bennettitales		<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>	20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca grano medio
232	M82	Indeterminado				20/02/2015				Arenisca grano medio
233	M83	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano medio
234	M84	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano fino
235	M85(1)	Bennettitales		<i>Zamites</i>		20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca grano fino
236	M85(2)	Bennettitales		<i>Zamites</i>		20/02/2015	Hoja compuesta	~	~	Arenisca grano fino
237	M85(3)					20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano fino
238	M85(4)	Bennettitales		<i>Welltrichia</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano fino
239	M86	Bennettitales		<i>Williamsoniella</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano fino
240	M87	Bennettitales		<i>Williamsonia?</i>		20/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano fino
241	M88	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		21/02/2015	~	~	Cono	Arenisca grano fino
242	M89	muestra de conglomerado								
243	M90	muestra de metamorfo								
244	M91(1)	Bennettitales	Cycadeoidaceae	<i>Williamsonia</i>					Bracteas	
245	M91(2)	Bennettitales	Cycadeoidaceae	<i>Williamsonia</i>					Bracteas	
246	M92	Filicales	Incertae sedis	<i>Sphenopteris</i>	<i>sp</i>	15/02/2019				Arenisca grano fino
247	M93	Filicales	Incertae sedis	<i>Koralipteris</i>	<i>sp</i>	15/02/2019				Arenisca grano fino
248	M94	Filicales	Incertae sedis	<i>Cladophlebis ?</i>	<i>sp</i>	15/02/2019				Arenisca grano fino

249	M95	Filicales	fosiltaxon			15/02/2019				Arenisca grano fino
250	M96	Filicales	Incertae sedis	<i>Koralipteris</i>	<i>sp</i>	15/02/2019				Arenisca grano fino
251	M97(1)	Filicales	Incertae sedis	<i>Koralipteris</i>		15/02/2019				Arenisca grano fino
252	M97(2)	Filicales	Incertae sedis	<i>Koralipteris</i>		15/02/2019				Arenisca grano fino
253	M97(3)	Filicales	Incertae sedis	<i>Sphenopteris</i>		15/02/2019				Arenisca grano fino
254	M98	Filicales	Incertae sedis	<i>Koralipteris</i>	<i>sp</i>	15/02/2019				Arenisca grano fino
255	M99(1)	Bennettitales	Cycadeoidaceae			15/02/2019				Arenisca grano fino
256	M99(2)	Bennettitales	Cycadeoidaceae			15/02/2019				Arenisca grano fino
257	M99(3)	Filicales	Incertae sedis	<i>Koralipteris</i>	<i>sp</i>	15/02/2019				Arenisca grano fino
258	M99(4)	Filicales	Incertae sedis	<i>Koralipteris</i>	<i>sp</i>	15/02/2019				Arenisca grano fino
259	M99(5)	Bennettitales		<i>Williamsonia</i>		15/02/2019			Cono	Arenisca grano fino
260	M100	Filicales	Incertae sedis	<i>Koralipteris</i>	<i>sp</i>	15/02/2019				Arenisca grano fino
261	M101	Filicales	Incertae sedis	<i>Koralipteris</i>	<i>sp</i>	15/02/2019				Arenisca grano fino

Cuadro 6. Base de datos de la localidad San Juan Mixtepec