



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

## TAXONOMÍA DE DICKSONIACEAE, GLEICHENIACEAE Y MATONIACEAE (FILICALES) DEL JURÁSICO EN LA REGIÓN MIXTECA, MÉXICO

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  
CAROLINA ROJAS CHÁVEZ

DIRECTOR DE TESIS: Dra. MA. PATRICIA VELASCO DE LEÓN



MÉXICO, D. F.

OCTUBRE 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, que me ha apoyado incondicionalmente y me ha dado la oportunidad de concluir una de las muchas etapas que tengo por delante.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en particular a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, instituciones que me brindaron la oportunidad de realizar una carrera profesional.

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

A la Dra. Ma. Patricia Velasco de León por su valioso apoyo, tiempo, comprensión y paciencia en la realización de éste trabajo, así como, por su inigualable ejemplo de trabajo, esfuerzo y tenacidad.

A la M. en C. Sonia Rojas Chávez por el enriquecimiento de este trabajo con sus aportaciones en Botánica y redacción. Además, del apoyo en todas sus formas, brindado a lo largo de toda la carrera, así como, el ejemplo profesional, ético y humano que me ha ofrecido siempre.

A la M. en C. Erica Ortiz Martínez por sus aportaciones en esta tesis y por su apoyo con el manejo del programa NTSYS. Así como por la amistad brindada durante todo este tiempo.

Al Dr. Carlos Castillejos Cruz por sus enseñanzas a lo largo de toda la carrera y por la amistad brindada en todo este tiempo.

A los Maestros en Ciencias Evangelina Galván Mendoza y Carlos Pérez Malvárez por la revisión del manuscrito y por sus acertados comentarios.

A la M. en C. Berenit Mendoza Garfias por facilitarme y asesorarme en el manejo del Microscopio de Barrido Electrónico del Instituto de Biología de la UNAM.

A mi tío Juan Chávez, que ha sido como un padre para mí, me ha enseñado el valor que tiene la familia y ha estado en las buenas y en las malas. Así también, como a mis primos Perla, Dany y Javier, a los que quiero mucho.

A mis cuñados Carlos, Lili y Sergio, que son parte importante de mi familia y con los que he pasado buenos momentos. Gracias por hacer esta familia mucho más grande.

A mi mejor amiga: Nancy, la que me ha apoyado incondicionalmente, con quien he compartido tristezas y alegrías y me ha brindado su amistad en todos estos años. Te quiero mucho.

A mis amigas de la carrera: Alma, Ara, Corderito, Lupita y Cesia, con quienes pase momentos muy divertidos y agradables en las clases y salidas a campo. Y con quienes espero mantener un lazo que nos una por muchos más años. Las quiero mucho.

A mis compañeros de Laboratorio: Dulce, Kareem, Elizabeth e Irán con quienes me divertí mucho en campo y me brindaron su amistad.

Sí no pierdes de vista tu destino,  
todos los momentos de tu vida se convierten  
en una oportunidad para aproximarte a él.  
Artur Golden, en Memorias de una Geisha.

## DEDICATORIA

### Mamá

Te agradezco infinitamente el trabajo y esfuerzo  
que has realizado toda una vida,  
el que nunca te hayas dado por vencida y  
el que nos amaras incondicionalmente.  
Te agradezco la educación y valores que me proporcionaste,  
por que por fin tus esfuerzos dan frutos,  
todo lo que soy y lo que tengo te lo debo a tí. Te quiero mucho.

### Isra

No se como agradecerte todo lo que me has dado,  
el tiempo, esfuerzo, apoyo e incluso regaños,  
que me han servido para salir adelante  
y nunca darme por vencida.  
El que tú tampoco nunca te hayas dado por vencido,  
que lucharas una batalla que no era tuya  
pero que luchaste hasta el final. Te quiero mucho.

## Sony

Te agradezco tu apoyo incondicional,  
el que siempre estés en las buenas y en las malas,  
el enorme corazón que tienes, que mucha gente no ve.  
Te agradezco el gran ejemplo que eres para mí  
y la amistad y confianza que me brindas  
y sobre todo que eres alguien con quien puedo contar siempre.  
Te quiero mucho.

## Mony

Te agradezco la amistad sincera que me has brindado,  
los momentos buenos y malos que hemos compartido,  
que nos han unido aun mas.  
Te agradezco el que seas mi confidente  
y una excelente hermana. Te quiero mucho

## Diana, Diego, Christian y Keyla...

Que este esfuerzo sea el comienzo del ejemplo  
que me comprometo a darles en su futuro,  
no solo académico, sino también ético y espiritual.  
Por que han venido a llenar mi vida de felicidad  
y por que los amo enormemente,  
esto también es por ustedes.

## CONTENIDO

|   | <b>Págs.</b> |
|---|--------------|
| RESUMEN   | 1            |
| I. INTRODUCCIÓN.....                              | 2            |
| II. MARCO TEÓRICO.....                            | 4            |
| 2.1 Vegetación.....                               | 4            |
| 2.2 Paleoclimas.....                              | 5            |
| 2.3 Familia Matoniaceae.....                      | 6            |
| 2.4 Familia Dicksoniaceae.....                    | 7            |
| 2.5 <b>Familia Gleicheniaceae</b> .....           | 9            |
| 2.6 <b>Esporas</b> .....                          | 10           |
| 2.7 Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)..... | 10           |
| III. ANTECEDENTES.....                            | 12           |
| IV. OBJETIVOS.....                                | 14           |
| V. ZONAS DE ESTUDIO.....                          | 15           |
| 5.1 Formación Tecomazúchil.....                   | 16           |
| 5.2 Formación Rosario.....                        | 19           |
| 5.3 <b>Formación Zorrillo</b> .....               | 22           |
| 5.4 <b>Localidad Cañada del ajo</b> .....         | 24           |
| VI. MATERIAL Y MÉTODO.....                        | 25           |
| VII. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....                   | 31           |
| 7.1 <b>Helechos fértiles</b> .....                | 31           |
| 7.2 <b>Helechos estériles</b> .....               | 39           |

|  |     |
|--|-----|
| 7.3 Helechos fértiles y estériles.....   | 48  |
| 7.4 Muestras del Microscopio de Barrido Electrónico.....                           | 59  |
| VIII. CONCLUSIONES.....  | 64  |
| IX. LITERATURA CITADA.....   | 66  |
| X. <b>ÁPENDICE I. Taxonomía de los Filicales</b> .....                             | 74  |
| XI. <b>ÁPENDICE II. Base de datos de los helechos fértiles</b> .....               | 77  |
| XII. <b>ÁPENDICE III. Base de datos de los helechos estériles</b> .....            | 83  |
| XIII. <b>ÁPENDICE IV. Base de datos de los helechos fértiles y estériles</b> ..... | 90  |
| XIV. <b>ÁPENDICE V. Técnicas de preparación de los ejemplares fósiles</b> .....    | 101 |
| XV. <b>ÁPENDICE VI. Taxonomía de los Filicales de la región Mixteca</b> .....      | 103 |

## CONTENIDO DE CUADROS

| <b>No.</b> |  | <b>Págs.</b> |
|------------|--|--------------|
| I          | Principales características morfológicas distinguibles de los géneros de <b>Matoniaceae</b> .....                          | 7            |
| II         | Formaciones continentales Jurásicas contenidas en la Colección de Paleontología.....                                       | 25           |
| III        | Especies reportadas de helechos Jurásicos.....   | 26           |
| IV         | Caracteres cualitativos empleados en la comparación y agrupación de las <b>Otu's</b> .....                                 | 27           |
| V          | Caracteres cuantitativos empleados en la comparación y agrupación de las <b>Otu's</b> .....                                | 28           |
| VI         | Muestras tomadas de los ejemplares de las formaciones de la Mixteca a las que se les aplico algún tipo de técnica.....     | 29           |
| VII        | Ejemplares fértiles y estériles de las formaciones Jurásicas de la Región <b>Mixteca</b> .....                             | 31           |
| VIII       | Especies fértiles y estériles reportadas para las familias del Jurásico.....   | 32           |
| IX         | <b>Variación acumulada para cada uno de los componentes fértiles</b> .....   | 36           |
| X          | <b>Estados de carácter responsables del acomodo de las OTU's fértiles</b> .....  | 36           |
| XI         | Diversidad y abundancia de los helechos fértiles presentes en las formaciones Jurásicas de la Región <b>Mixteca</b> .....  | 38           |
| XII        | <b>Variación acumulada para cada uno de los componentes estériles</b> .....  | 45           |
| XIII       | <b>Estados de carácter responsables del acomodo de las OTU's estériles</b> .....   | 45           |
| XIV        | Diversidad y abundancia de los helechos estériles presentes en las formaciones <b>Jurásicas de la Región Mixteca</b> ..... | 47           |
| XV         | <b>Variación acumulada para cada uno de los componentes fértiles y estériles</b> .....                                     | 54           |
| XVI        | <b>Estados de carácter responsables del acomodo de las OTU's fértiles y estériles</b> .....                                | 54           |
| XVII       | Diversidad y abundancia de los helechos fértiles y estériles presentes en las  |              |
| XVIII      | <b>formaciones Jurásicas de la Región Mixteca</b> .....  | 57           |

## CONTENIDO DE FIGURAS

| <b>No.</b> |   | <b>Págs.</b> |
|------------|---|--------------|
| 1          | Estados de México que contienen floras jurásicas.....   | 5            |
| 2          | Área del Terreno Mixteco <b>perteneciente a México</b> .....  | 15           |
| 3          | Mapa del Terreno Mixteco durante <b>el Jurásico</b> .....   | 16           |
| 4          | Ubicación de las localidades en estudio pertenecientes a los estados de Puebla y Oaxaca. ....   | 17           |
| 5          | Formación Tecomazúchil.....   | 18           |
| 6          | Columna estratigráfica de la Formación Rosario en la localidad de Rosario Nuevo, <b>Oaxaca</b> .....  | 21           |
| 7          | Columna estratigráfica de <b>las Formación Zorrillo</b> .....   | 23           |
| 8          | <b>Localidad Río Numi, Oaxaca</b> .....   | 24           |
| 9          | <b>Microscopio de Barrido Electrónico</b> .....   | 30           |
| 10         | Fenograma de los helechos fértiles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía.....   | 34           |
| 11         | Gráfica del análisis de Componentes Principales de los ejemplares fértiles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en <b>la bibliografía</b> .....                   | 35           |
| 12         | Gráfica de la diversidad y abundancia de los helechos fértiles presentes en las <b>formaciones Jurásicas de la región Mixteca</b> .....   | 39           |
| 13         | Fenograma de los helechos estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía .....   | 41           |
| 14         | Gráfica del análisis de Componentes Principales de los ejemplares estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en <b>la bibliografía</b> .....                  | 43           |
| 15         | Ampliación de la gráfica del análisis de Componentes Principales de los ejemplares estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las <b>especies reportadas en la bibliografía</b> ..... | 44           |
| 16         | Gráfica de la diversidad y abundancia de los helechos estériles presentes en las formaciones Jurásicas de la región Mixteca.....  | 48           |

|    |  |    |
|----|--|----|
| 17 | Fenograma de los helechos fértiles y estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía.....  | 51 |
| 18 | Gráfica del análisis de Componentes Principales de los ejemplares fértiles y estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies <b>reportadas en la bibliografía</b> .....                  | 52 |
| 19 | Ampliación de la gráfica del análisis de Componentes Principales de los ejemplares fértiles y estériles de las formaciones Jurásicas de la región <b>Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía</b> ..... | 53 |
| 20 | Gráfica de la diversidad y abundancia de los helechos fértiles y estériles presentes <b>en las formaciones Jurásicas de la región Mixteca</b> .....  | 58 |
| 21 | Ejemplar CFZ-T24, muestra 1.....   | 59 |
| 22 | Ejemplar CFZ-Tz149, muestra 2.....   | 60 |
| 23 | Ejemplar CFZ-Tz114, muestra 3.....   | 60 |
| 24 | Ejemplar CFZ-R32, muestra 4, <i>Gonatosorus nathorstii</i> .....   | 61 |
| 25 | Ejemplar CFZ-R32, muestra 5, <i>Gonatosorus nathorstii</i> .....   | 62 |
| 26 | Ejemplares CFZ-Tz151(-) y CFZ-R32, muestras 6 y 7, <i>Gonatosorus nathorstii</i> ...   | 63 |

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en el estudio taxonómico de 71 ejemplares de helechos fósiles de tres formaciones Jurásicas de México (Tecomazúchil, Rosario y Zorrillo) y una localidad (Cañada del ajo), de los cuales 23 son fértiles y 48 estériles. Con el objetivo de identificar los ejemplares, se analizaron 27 especies ya registradas para el Jurásico de México, Estados Unidos, Colombia e Inglaterra, obteniendo así 98 OTU's. Se realizaron tres bases de datos multiestado (fértiles, estériles y ambos) con 46 estados de carácter (cualitativos y cuantitativos) a las que se les aplicó un análisis de Agrupamiento (Coeficiente de Similitud) y otro de Componentes principales (Coeficiente de Correlación) utilizando el programa NTSYS. Como resultados del primer análisis, se obtuvo un fenograma de ambos tipos de helechos el cual generó 16 grupos, de los cuales cuatro pertenecen a las especies *Gonatosorus nathorstii*, *Cladophlebis exiliformis*, *Piazopteris branneri* y *Sphenopteris geopperti*. Los 12 grupos restantes no presentan semejanza con ninguna especie reportada, por lo que son considerados como morfoespecies nuevas, además, se obtuvo un coeficiente cofenético de 0.97529. En el segundo análisis la variación acumulada es del 53.2294% para el cuarto componente, siendo los estados los principales estados de carácter responsables del acomodo **de las OTU's**. También, se analizaron los estados de 5 ejemplares fértiles, de los cuales se obtuvo 7 muestras que se observaron en el Microscopio de Luz y el Microscopio de Barrido Electrónico, resultando la observación de tres esporas. Con todo esto se concluye que la morfoespecie 3 está relacionada con la familia Gleicheniaceae, por el parecido morfológico de sus esporas. Asimismo, hay 12 morfoespecies nuevas para la región Mixteca, de las cuales por lo menos ocho presentan caracteres fértiles, que son importantes en la determinación taxonómica. Estas morfoespecies, incrementan la diversidad de la Formación Tecomazúchil y la abundancia de la localidad Cañada del ajo.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante el periodo Jurásico en México, el registro fósil más abundante de la flora se haya en los depósitos continentales que afloran principalmente en la parte suroriental del país, donde existieron plantas bien desarrolladas durante el Jurásico Temprano y Medio. Entre las mejor conservadas destacan las plantas de las formaciones continentales que se encuentran en el Estado de Oaxaca. Siendo el grupo de los helechos uno de los más abundantes (Adame, 2007).

Los primeros registros de Pteridophyta se tienen desde el Devónico y alcanzaron un gran desarrollo durante el Carbonífero, pero en el Mesozoico estuvieron ampliamente distribuidos, por lo que, probablemente eran la vegetación herbácea dominante en el Jurásico, ya que su registro fósil es muy abundante (Adame, 2007).

Una propuesta general sobre la ecología de los helechos durante el Mesozoico es que crecieron en ambientes relativamente cálidos y húmedos, que van desde pantanos a orillas de los ríos hasta la formación del sotobosque en la vegetación de los bosques que más tarde pudieron originar yacimientos de carbón. Los helechos hicieron su primera aparición en bosques abiertos de coníferas en el Mesozoico, en el que se debe haber formado un sotobosque (Thomas, 1985). Vakhrameev (1991) menciona que estas plantas son afines a la humedad, sin embargo, ésta imagen es demasiado general, especialmente durante el Jurásico Tardío y Cretácico Temprano que fueron más calidos y áridos. Se han encontrado evidencias de que las Pteridophyta eran capaces de adaptarse a estas condiciones cambiantes y algunas especies se han conservado sólo o principalmente como fusaina, lo que indica, no sólo que los incendios se habían producido con frecuencia en esa época, si no que también, se habían desarrollado relacionados a tales presiones ambientes (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002).

Las Pteridophyta comprenden cuatro órdenes, el mayor de los cuales, es el de los filicales (apéndice I), que incluye a los helechos (Weir *et al.*, 1983). Su morfología general consiste en un esporofito que consta de un rizoma (tallo subterráneo) que produce raíces adventicias y grandes hojas llamadas frondas, conformadas por un estípite y un raquis que esta en contacto con la lámina. Sus láminas por lo general están divididas y varían considerablemente en tamaño y forma. La reproducción de los helechos puede ser de manera vegetativa, mediante la formación de yemas o por la separación de extremos del

rizoma, o bien de manera sexual, con la producción de esporas en la cara abaxial de la lámina, las cuales son las más altamente evolucionadas y las más exitosas de las plantas de esporificación libre. Sobre cada esporofilo (lámina portadora de esporas) se desarrollan numerosos esporangios que pueden estar reunidos en grupos bien limitados llamados soros (helechos leptosporangiados) o fusionados para formar sinangios (helechos eusporangiados), éstos últimos los más primitivos (Fullers *et al.*, 1974; Weir *et al.*, 1983; Cronquist, 1986).

## I. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Vegetación

La flora del Jurásico estuvo constituida principalmente por gimnospermas: cicadofitas y coniferofitas, las primeras fueron las más abundantes (Adame, 2007). Sin embargo, en el grupo de los helechos, la familia Osmundaceae constituye un importante componente. Tiene representantes fértiles, como el género *Todites* y estériles, que se agrupan con más de 150 especies en el forma-género *Cladophlebis*.

Las familias Matoniaceae y Dipteridaceae alcanzaron su máximo desarrollo durante el Jurásico Temprano, en contraste con las floras actuales, en las que estas familias están restringidas a la región tropical de Indomalasia. La familia Dicksoniaceae (*Coniopteris*, esta presente en Oaxaca) aparece durante el Jurásico Temprano (Liásico) y alcanza rápidamente su máximo desarrollo en el Jurásico Medio. En la actualidad, tanto ésta familia como Cyatheaceae, tienen especies arborescentes. Los representantes de la familia Marattiaceae declinaron al final del Triásico y son poco frecuentes en el Jurásico. En la actualidad, los taxa vivientes son arborescentes y comunes en regiones tropicales (Silva-Pineda, 1978a).

Las floras fósiles de México, pertenecientes al Jurásico Temprano y Medio, son probablemente las mejor preservadas y se ubican en los estados de Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas y Veracruz. Cabe mencionar que de todos estos estados, Oaxaca contiene la flora fósil más abundante y mejor preservada, es por ello que es la zona más estudiada (Fig. 1) (Imlay, 1953; Silva-Pineda, 1978a; González-Gallardo, 1987; Díaz-Pedrosa, 1994; Weber y Ceballos-Ferriz, 1994; Silva-Pineda y Buitrón, 2000), aunque los materiales mejor conocidos provienen de varias localidades de la Mixteca Alta de Oaxaca (Wieland, 1914-1916; Person y Delevoryas, 1982; Silva-Pineda, 1984), donde destacan las formaciones Rosario, Zorrillo y Simón (Delevoryas, 1968; Person, 1976; Silva-Pineda, 1978a, 1984; Person y Delevoryas, 1982).

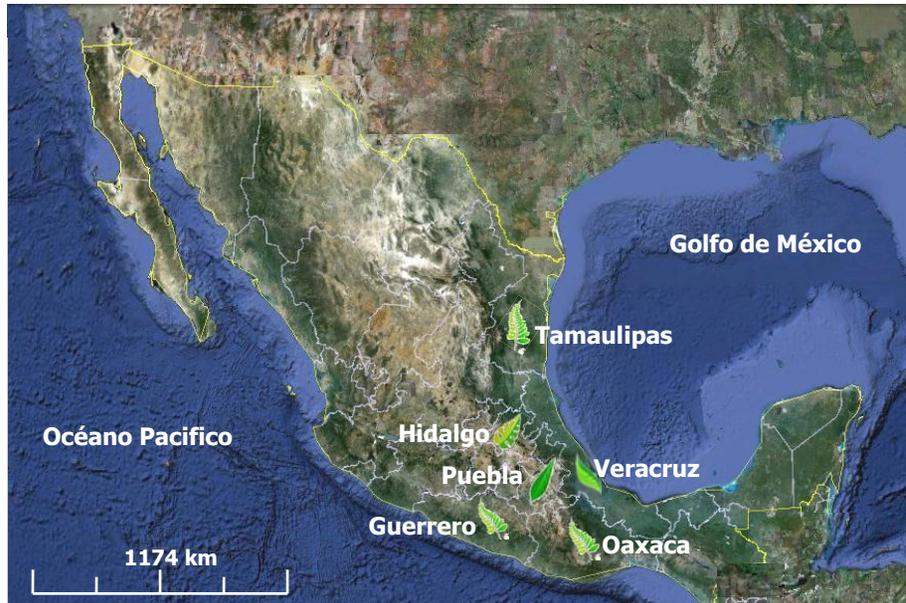


Figura 1. Estados de México que contienen floras jurásicas (tomado y modificado de Aguilar, 2004).

## 2.2 Paleoclimas

Para poder interpretar climas antiguos, el método más confiable es por medio de plantas fósiles (Dorf, 1970; Ash, 1972), ya que la distribución de éstas, más que la de cualquier otro organismo, esta controlada por las condiciones climáticas. Las plantas fósiles reflejan el clima donde vivieron, como las modernas reflejan el clima donde actualmente se encuentran.

Se ha usado la morfología de las plantas en estudios paleoclimáticos. Algunos de los caracteres morfológicos más empleados para conocer las condiciones climáticas del Mesozoico y Paleozoico, son las frondas de helechos, los troncos de coníferas y equisetos; los tamaños más grandes denotan climas calientes (Dorf, 1970).

Dobruskina (1994) menciona que después de la recuperación de los dramáticos cambios climáticos y extinciones en masa durante el Permo/Triásico, el clima del Triásico Temprano-Medio pudo haber carecido de zonalidad climática y haber sido más o menos uniformemente calido. Mientras que el Triásico Tardío y Jurásico Temprano-Medio, estuvieron marcados por una gran cantidad de humedad, que formo una zonalidad climática. En general, se pude reconocer un clima templado-cálido, subtropical y un cinturón tropical durante el resto del Mesozoico (Vakhrameev, 1991).

Willis y McElwain (2001) plantean que en el Jurásico la composición y distribución de la vegetación fue muy alterada. Cordaitales, gigantopteridales y glosopteridales fueron remplazadas por cicadas, bennettitales, ginkgos y coníferas y por primera vez la flora global presentaba formas similares a las actuales, con lo cual, propusieron que el clima no fue uniforme y que éste tuvo variaciones en cinco diferentes biomas (de temperatura fría, de temperatura calida, húmedo en invierno, desértico subtropical y húmedo en verano "tropical") en el Jurásico Temprano.

Hacia el principio del Jurásico Tardío continuo el calentamiento, presentándose una aridez del clima y durante el Cretácico Temprano predominaron extensas zonas áridas tanto en el hemisferio norte como en el sur (Vakhrameev, 1991).

Según Delevoryas (1969), la ausencia de ginkgofitas y la escasez de coníferas en las floras jurásicas de México, se debe probablemente a que el clima durante el Jurásico en ésta región era más calida que en aquellas zonas en las que éstas plantas abundaron. Sin embargo, los trabajos de Velasco de León (*et al.*, 2007) y Ángeles (2009) registran abundancia de coníferas de la familia Cheirolepidaceae en las formaciones Tecomazúchil y Conglomerado Cualac.

### **2.3 Familia Matoniaceae**

Esta familia fue muy común en el Mesozoico. Se han reconocido ocho géneros, basándose en la morfología de las hojas y las características de los soros (cuadro I). Se remonta al Triásico Medio, no tuvo gran éxito en Gondwana, pero a partir del Triásico Tardío (Cárnico) en Laurasia, apareció representada por el género *Phlebopteris* (Weber, 2008). Se disperso durante el Jurásico y Cretácico Temprano, ambos en el hemisferio norte y sur. El último registro encontrado fue en Europa a finales del Cretácico Temprano (Givulescu *et al.*, 1986), y para el norte de América en el Cretácico Tardío (Hall, 1965). La familia desapareció del hemisferio norte durante el Cretácico Tardío, probablemente por causas de cambio climático, por lo que, es prácticamente desconocida durante el Cretácico Tardío y Neógeno, por lo cual no se conoce exactamente cuando comenzó a restringirse en el Archipiélago de Malasia (Van Konijnenburg-Van Cittert, 1993).

Matoniaceae es más abundante en el registro fósil que en la actualidad, especialmente en el Mesozoico donde hay reportados de 11 a 15 géneros (Tidwell y Ash, 1994) y al igual

que Hymenophyllaceae y Gleicheniaceae, pertenecen a los más antiguos helechos leptosporangiados sobrevivientes hasta el presente (Weber, 2008). Matoniaceae tiene dos géneros actuales *Matonia* y *Phanerosorus*, con pocas especies confinadas a algunas islas de Malasia entre Indochina y Australia (Corsin y Waterlot, 1977; Yoro y Kato, 1987).

Los primeros registros de esta familia en México se tienen desde el siglo XIX, restringiéndose a México sólo con dos géneros *Phlebopteris* y *Piazopteris* (Weber, 2008).

Cuadro I. Principales características morfológicas distinguibles de los géneros de Matoniaceae (tomado de Van Konijnenburg-Van Cittert, 1993).

| <b>Género</b>       | <b>Tipo de fronda</b> | <b>Forma del soro</b> | <b>Indusio</b>        | <b>Forma del esporangio</b> |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| <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                      |

Esta familia presenta una gran adaptación a diferentes tipos de ambientes, ya que *Piazopteris* se desarrollo en climas secos tropicales y subtropicales durante el Jurásico y Cretácico, mientras que, *Phlebopteris* en este mismo tiempo creció en climas muy húmedos (Van Konijnenburg-Van Citter, 2002).

## **2.4 Familia Dicksoniaceae**

Ésta familia fue incluida algún tiempo en la familia Cyatheaceae, pero otros autores (Tidwell y Ash, 1994) la separaron debido a que Dicksoniaceae presenta soros marginales y difieren con los soros subcostulares de Cyatheaceae. El registro de Dicksoniaceae aparece en el Triásico Tardío y es especialmente abundante en el Jurásico y Cretácico Temprano en los cuales se hallan registros de hojas de muchas especies, particularmente de *Coniopteris* en todo el

mundo. Éste género, al igual que *Eboracia*, *Kylikopteris* y *Dicksonia* han sido encontrados en arcillas, areniscas y limolitas, por lo cual probablemente estas taxa prefieren un hábitat cálido y húmedo (Vakhrameev, 1991). Éstos géneros junto con *Gonatosorus* y *Acanthopteris* pertenecientes a la misma familia, son considerados como el grupo de helechos fósiles dominantes de la flora del Mesozoico (Deng y Lu, 2006).

Los helechos dicksoniaceos estuvieron ampliamente distribuidos en zonas templadas en todo el mundo, incluso en el Ártico y Antártico. Sin embargo ésta familia se distribuyó más en el hemisferio norte, particularmente en Eurasia (Deng, 2002). Aunque *Coniopteris arguta*, *C. cf. hymenophylloides* e incluso *Gonatosorus*, han sido reportados para el sureste de México (Silva-Pineda, 1970 y 1978b). Posteriormente, en el Jurásico Tardío, la flora fue grandemente reducida debido a que el clima cambió de cálido-húmedo a árido, al limitar su distribución a algunas áreas, como Siberia y el noreste de China (Deng y Lu, 2006).

Los helechos dicksoniaceos del Mesozoico, fueron usualmente plantas herbáceas con frondas pinnadas, bipinnadas y en ocasiones tripinnadas, de tamaños regulares, algunas de 50-100 cm de alto y otras no mayores de 20 cm, especialmente en las especies del Jurásico Temprano. Las pinnulas presentan formas esfenopteroides y algunas formas pecopteroides (Deng, 2002). Generalmente, Dicksoniaceae era monomórfica, aunque en algunos casos la pinna fértil iniciaba en la parte superior de la fronda o solamente algunas de las pinnulas o pinnas eran fértiles, es decir, eran helechos dimórficos (Deng y Lu, 2006).

Los primeros helechos de ésta familia eran plantas pequeñas y frágiles. El pequeño tamaño, raquis delgado, frondas y pinnulas pequeñas, son formas características de los fósiles de *Coniopteris* de principios del Jurásico Temprano, lo que indica que éste tipo de helechos eran plantas frágiles con una limitada habilidad competitiva (Deng y Lu, 2006). Gradualmente, ésta familia comenzó a proliferar y hacia el final del Jurásico Temprano, algunas especies comenzaron a parecerse a *Coniopteris hymenophylloides*, que aparecieron con un tamaño grande y crecimiento rápido en el Jurásico Medio (Wu *et al.*, 1980; Ye *et al.*, 1986). En esta segunda etapa, la presencia de grandes soros (que pueden generar un gran número de esporas) indica una respuesta adaptativa a su alta habilidad competitiva (Deng y Lu, 2006).

Las especies actuales de Dicksoniaceae son cerca de 40, repartidas en cinco o seis géneros, lo cual representa una pequeña fracción, comparado con las más de 10 000 especies de helechos modernos. Esta familia actualmente está representada por helechos

arborescentes que se distribuyen en las selvas tropicales y templadas del hemisferio sur, pero algunos pueden llegar a distribuirse en zonas frías, como en el sur de Nueva Zelanda (Tryon y Tryon, 1982). Algunos autores creen que la mayoría de estos fósiles eran helechos arborescentes y así ocuparon más o menos los mismos hábitats como en los que viven hoy (Vakhrameev, 1991; Tidwell y Nishida, 1993). Sin embargo, durante el Triásico Tardío y el Jurásico no se ha encontrado ninguna prueba que respalde lo anterior (Deng, 2002; Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002).

## **2.5 Familia Gleicheniaceae**

Actualmente Gleicheniaceae crece generalmente en lugares abiertos y soleados, pero con los rizomas incrustado en el suelo húmedo. En los trópicos, pueden cubrir vastas zonas casi inexpugnables y por ello se consideran una maleza difícil en los campos agrícolas en esas zonas (Smith, 1995).

La familia se remonta al Pérmico (Rothwell, 1996). Los representantes más antiguos son *Chansithea* del Carbonífero Tardío de China y del Pérmico del sur de Korea (Andrews y Boureau, 1970; Rege, 1921) y *Sizea* del Pérmico de China (Yao *et al.*, 1991). Durante el Pérmico-Triásico los miembros de ésta familia pudieron haber estado muy bien adaptados al clima húmedo, en condiciones más calidas que en las que prevalecieron la mayoría de los helechos. No hay evidencia alguna de que cualquiera de éstos fósiles hayan vivido bajo circunstancias diferentes (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002). Durante el Mesozoico, la familia Gleicheniaceae se extendió del Triásico Temprano hasta el Cretácico. El género *Gleichenites* pudiera ser representativo de la familia solamente en el Triásico Temprano-Medio en la flora de Argentina (Herbst, 1972). Esta familia no es común en la mayoría de los conjuntos jurásicos, por ejemplo, están ausentes en la famosa flora de Yorkshire del Jurásico y sólo unos pocos ejemplares de origen gleicheniaceus se han encontrado en Irán (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002).

Los géneros *Gleichenia* y *Gleichenites* son usados por algunos autores indistintamente para el mismo material Mesozoico y son representativos de ésta familia por sus patrones pseudodicotómicos presentes en las frondas modernas. Los soros no presentan indusio y sus esporangios generalmente tienen un sólo anillo y un anulus oblicuo (Tidwell y Ash, 1994).

La familia Gleicheniaceae se distribuyó en rodales muy densos, como actualmente lo hace *Gleichenia*, sus hojas duras fueron transportadas a distancias considerables antes de su deposición (Skog y Dilcher, 1994). Crabtree (1988) menciona que los helechos, especialmente los de ésta familia, parecen ser característicos de las diferentes camas de ceniza del Cretácico Medio, lo que indica que los componentes permitieron una sucesión temprana de la vegetación. Pudo haber estado adaptada a condiciones de estrés, como por ejemplo, a la presencia de fuego, como lo hacen sus representantes actuales (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002).

## **2.6 Esporas**

Comúnmente, se reconocen dos tipos de esporas, triletes y monoletes. Las primeras presentan simetría radial con apertura (lesura) trirrasgada o frecuentemente tetraédrica. Estas esporas, son consideradas como los tipos más primitivos, debido a que se encuentran en los registros fósiles más antiguos (Chaloner, 1970; Gensel, 1980). Las segundas, son las esporas monoletes, que presentan simetría bilateral con apertura lineal. Actualmente, éste tipo es el más abundante, debido a que predomina en grandes géneros como *Asplenium* y *Cyclosorus* y en la familia Polypodiaceae (Tryon y Lugardon, 1990).

Básicamente, la espora está diferenciada en tres partes, exospora, perispora y endospora. La exospora, es la capa más externa de la espora, está formada principalmente de esporopoleína y es la capa en la que se comienza a diferenciar la lesura. La perispora, forma la superficie externa y posteriormente la ornamentación de la espora. Finalmente, la endospora es la capa más interna de la espora y presenta una pared de celulosa entre la exospora y las células del plasmalema. Estas dos últimas capas, son homólogas respectivamente a la intina y exina del polen (Saenz, 1978; Tryon y Lugardon, 1990).

## **2.7 Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)**

Desde 1965, el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) ha permitido observar la cubierta externa de una gran variedad de material orgánico e inorgánico de forma tridimensional. El MEB es un instrumento fundamental para el estudio morfológico de superficies, debido a la amplia profundidad del foco y su alta resolución, además de una amplitud en la capacidad de

aumento de x10 a x100 000. Asimismo, puede estar equipado con diversos detectores que le permiten obtener imágenes de alta resolución, topografía de las superficies o realizar diversos análisis e imágenes de distribución de elementos en superficies pulidas (Saenz, 1978; [cabierta.uchile.cl/revista/28/articulos/pdf/edu3.pdf](http://cabierta.uchile.cl/revista/28/articulos/pdf/edu3.pdf)).

El objetivo principal del microscopio es la observación meticulosa de superficies mediante la incidencia sobre ellas de un haz de electrones, que es acelerada y condensada por unas lentes electromagnéticas en una haz de 50 a 250 Å de diámetro, que a través del vacío, incide sobre la superficie del objeto barriéndola o rastreándola. Como los ejemplares biológicos no tienen una alta reflectividad electrónica, las superficies son recubiertas o sombreadas por una fina capa de un metal evaporado, como oro-paladio o platino. Con el MEB, lo que se observa son únicamente los detalles de la superficie, es decir, de la estructura u ornamentación del material (Saenz, 1978).

Las aplicaciones del MEB son muy diversas y van desde la industria petroquímica o la metalurgia hasta la medicina forense. Dentro del área de la paleobotánica, su uso permite proporcionar datos como textura, tamaño y forma de diversas estructuras lo que genera mayor información acerca de los organismos fosilizados ([cabierta.uchile.cl/revista/28/articulos/pdf/edu3.pdf](http://cabierta.uchile.cl/revista/28/articulos/pdf/edu3.pdf)).

### III. ANTECEDENTES

Se han realizado varios trabajos de la flora fósil de México, específicamente para Oaxaca, entre los cuales están los de Aguilera en 1870 (Wieland, 1914-1916) y Ward (1889) quienes citaron algunas especies de plantas, que lamentablemente se perdieron. Posteriormente Wieland (1914-1916) recolectó y estudió las plantas fósiles de la Mixteca Alta y publicó diversos artículos de 1909 hasta 1914. De la misma forma, Delevoryas realizó varios artículos de la Paleoflora de Oaxaca (Delevoryas y Gould, 1971, 1973; Delevoryas y Person, 1975). Mientras que Person (1976) trabajó con las plantas Jurásicas de Oaxaca en su tesis Doctoral. Silva-Pineda (1978a) describió la flora Jurásica dominante, así como las formaciones presentes en Oaxaca y su flora principal; la misma autora (1978b) realizó una descripción morfológica de la vegetación presente en el sur de Puebla y noreste de Oaxaca, tal como lo hizo unos años después en la Revisión taxonómica y tipificación de plantas jurásicas colectadas y estudiadas por Wieland (1914) en la región del Consuelo Oaxaca (1984). Arambarri y Silva-Pineda (1987) describieron plantas megafósiles del sureste de Santa María Yucuquimi, Oaxaca. Silva-Pineda (1990) estudió las plantas fósiles del Jurásico Medio de nuevas localidades de la región de Chalcatongo, Oaxaca. Posteriormente, la misma autora junto con Morales-Lara (1996), trabajaron en la región de San Miguelito, reportando la flórua jurásica.

Otros trabajos realizados más específicamente para la Formación Tecomazúchil, fueron los realizados por Mendoza-Rosales (2002), quien reportó fauna del Jurásico Medio en estratos contiguos a las plantas. Ortiz-Martínez y colaboradores (2007) realizaron una descripción morfológica de tres tipos diferentes de helechos, asemejándolos con dos especies reportadas para la zona, concluyeron que la diversidad de Tecomazúchil es mayor a la reportada; Silva-Pineda (*et al.*, 2007) realizaron en tres formaciones de Oaxaca y Puebla (incluida la Formación Tecomazúchil) la cuantificación del grado de fragmentación, la identificación de los taxa y midieron la frecuencia de los géneros presentes, además de los aspectos litológicos. Velasco de León (*et al.*, 2007) estudiaron la presencia de *Brachyphyllum?* en la Formación Tecomazúchil del Jurásico Medio de México, donde realizaron la descripción morfológica de ramas de coniferales, cuyos caracteres les permitieron inferir que se trata de una especie nueva de *Brachyphyllum* reportada para la

Formación, tal como lo hizo Ángeles (2009), quien además incluyó tres formaciones más, aparte de la anterior.

La Formación Rosario fue mencionada en la literatura por primera vez como capas con plantas (Burckhardt, 1930). Posteriormente, a estas rocas se le denominó con el término de Facies Sur, que después, recibieron el nombre de Formación Rosario y se les incluyó en el Grupo Consuelo, junto con el Conglomerado Cualac (Erben, 1954 y 1956a). Sin embargo, Martínez-Bermúdez (1957) menciona que el Conglomerado Prieto mencionado por Erben (1956a) dentro de la Formación Rosario sería más correcto considerarlo como miembro inferior del Conglomerado Cualac.

A pesar de que existen diversos trabajos sobre la flora de las formaciones Jurásicas, ninguno de ellos se enfoca principalmente a la pteridoflora, vegetación dominante durante el Mesozoico. Con base en lo anterior, se realizó un análisis de la pteridoflora de las formaciones Jurásicas del sureste y noreste de México y se cotejó con bibliografía de especies reportadas de helechos. Además se analizó la riqueza de esta zona.

Cabe mencionar, que dada la existente disyuntiva para designar al Grupo Tecocoyunca como tal o como Formación y puesto que la localidad Cañada del ajo (área de estudio) se encuentra dentro de éste, en este estudio se le designa solamente como localidad Cañada del ajo.

### **III. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

- Identificar los helechos fósiles de las formaciones Rosario, Tecomazúchil y Zorrillo, así como los de la localidad Cañada del ajo pertenecientes a la región Mixteca.

#### **Objetivos particulares**

- Realizar dos tipos de análisis (Agrupamiento y Componentes Principales) que permitan agrupar los ejemplares de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca con las especies reportadas para las familias Matoniaceae, Dicksoniaceae y Gleicheniaceae del Jurásico.
- Analizar la diversidad de dichas formaciones Jurásicas de la región Mixteca y la abundancia de los individuos por morfoespecie presentes en dichas formaciones.
- Describir la morfología de las morfoespecies presentes en las formaciones Jurásicas de la región Mixteca.

### III. ZONAS DE ESTUDIO

Las zonas de estudio se localizan dentro de la región Mixteca (Fig. 2), que se extiende a la porción oriental y noreste del estado de Guerrero, a la parte sur de Puebla y al noroeste y oeste de Oaxaca (Dávalos, 2006). Esta región, esta conformada por un basamento metamórfico del Paleozoico y a su vez cubierto por una secuencia de rocas sedimentarias marinas del Carbonífero-Pensilvánico y por rocas volcánicas con edades del Paleozoico al Jurásico Medio (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1994).



Figura 2. Área del terreno Mixteco perteneciente a México (tomado y modificado de Dávalos, 2006).

Son cuatro las formaciones Jurásicas en estudio, se ubican en los estados de Puebla y Oaxaca. En el modelo paleogeográfico del Terreno Mixteco (Fig. 3), realizado por Morán-Zenteno y colaboradores (1993), se ilustra la distribución que pudieron haber tenido las localidades en estudio, las cuales son Cañada del ajo (Grupo Tecocoyunca), Ayuquila (Formación Tecomazúchil), Río Numi (Formación Zorrillo) y Rosario Nuevo (Formación Rosario) durante el Jurásico (Bajociano-Batoniano).

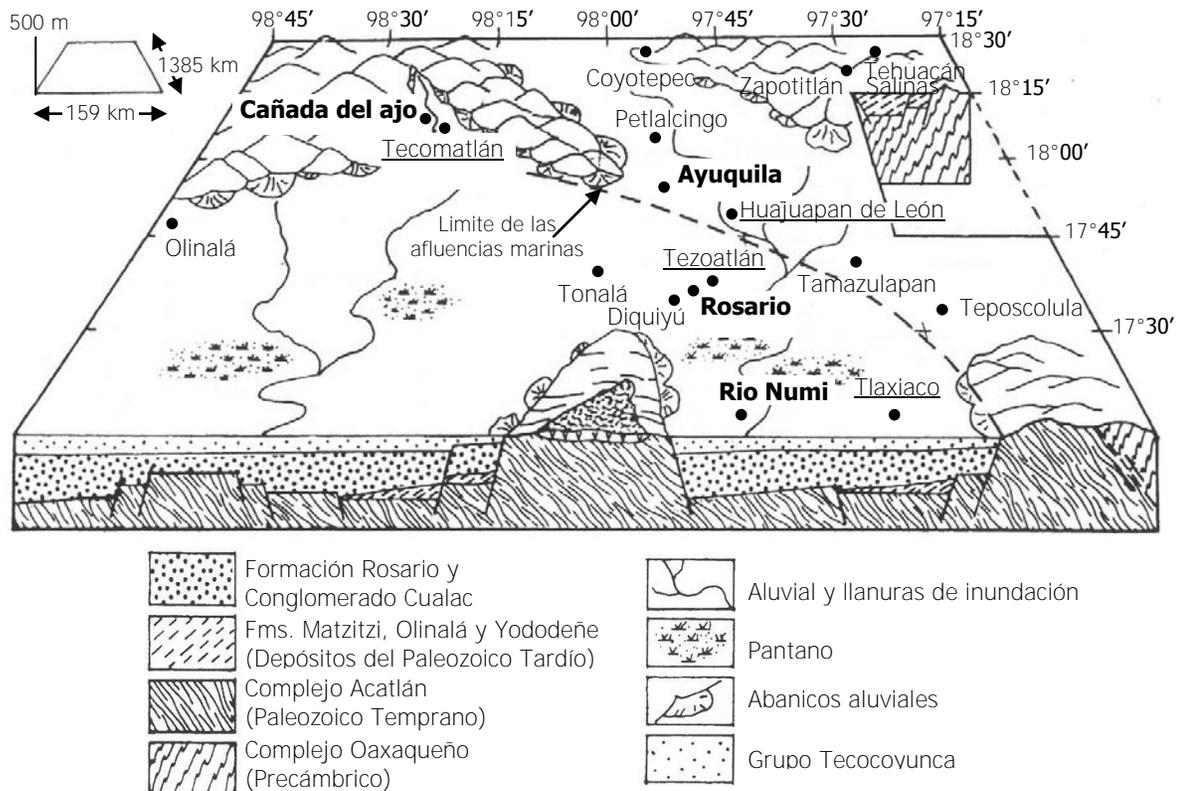


Figura 3. Mapa del Terreno Mixteco durante el Jurásico. Se marcan con negritas las localidades en estudio y subrayados los municipios a los que pertenecen (tomado y modificado de Morán-Zenteno *et al.*, 1993).

### 5.1 Formación Tecomazúchil

La Formación Tecomazúchil se ubica en la localidad de San José Ayuquila, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca (Fig. 4), se localiza en las coordenadas **17° 57' 1" N y 97° 57' 28.5" W** y a una altitud de 1548 m. Se le asigna una edad Jurásica Media, ya que se relaciona con el Grupo Tecocoyunca, aunque la parte inferior es correlativa probablemente con el Conglomerado Cualac. En la parte superior descansa la Caliza Chimeco de Oxfordiano, en contacto transicional (Silva-Pineda, 1978a).

El nombre de Tecomazúchil se refiere a una secuencia conglomerática que cubre discordantemente al basamento metamórfico y que tiene un contacto transicional en la región de Santa Cruz-Textcalapa con la Formación Chimeco de edad oxfordiana que la

subyace (Carrasco-Ramírez, 1981). En el área de Ayuquila, la Formación Tecomazúchil en su parte inferior muestra una secuencia adicional de capas clásticas ricas en flora fósil con lo cual alcanza un espesor máximo de 705 m (comunicación personal Grimaldo).

El Conglomerado Cualac se distingue por su aspecto masivo y por consistir principalmente de fragmentos de cuarzo blanco y derivados del basamento adyacente. La sección expuesta por debajo de este conglomerado masivo, consiste de capas pséfitas comparables, pero más delgadas y con numerosas intercalaciones de limolitas y areniscas de color verde. Inmediatamente al sur de Texcalapa, la flora fósil abunda en las areniscas verdes (Carrasco-Ramírez, 1981).

La parte superior de la Formación Tecomazúchil y por encima del conglomerado cuarzoso es francamente arenosa; las capas superiores son areniscas amarillentas, algo calcárea, en estratos delgados con espesores máximos de unos 40 cm. Hacia abajo, estas capas están sustituidas por una secuencia de areniscas arcósicas color rosa y verde con interestratos de limolitas verdes, moradas, grises y amarillentas. Grimaldo (2010) registra un espesor máximo en la localidad de estudio de 65 m (Fig. 5).

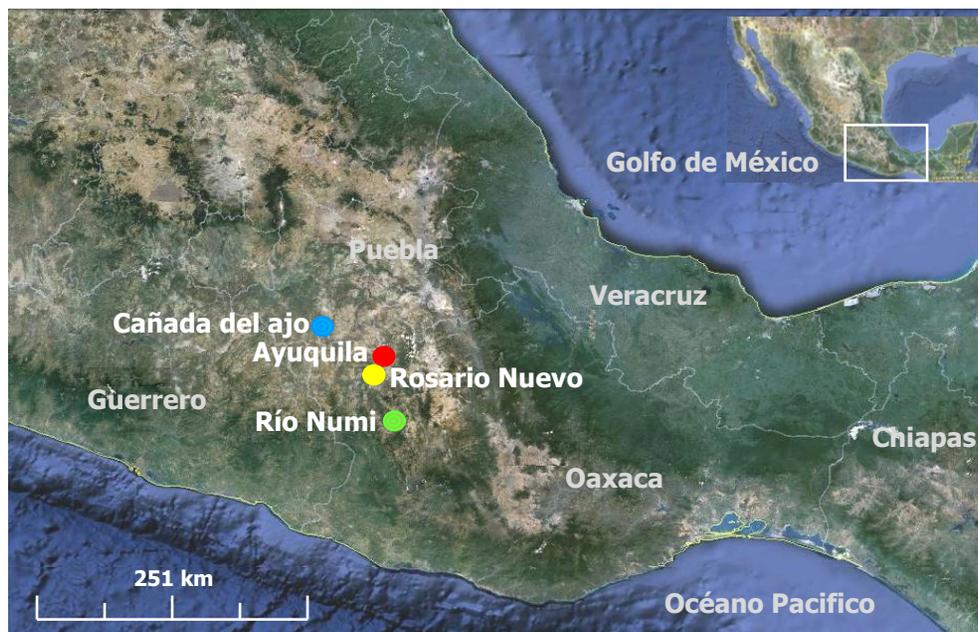


Figura 4. Ubicación de las localidades en estudio pertenecientes a los estados de Puebla y Oaxaca.

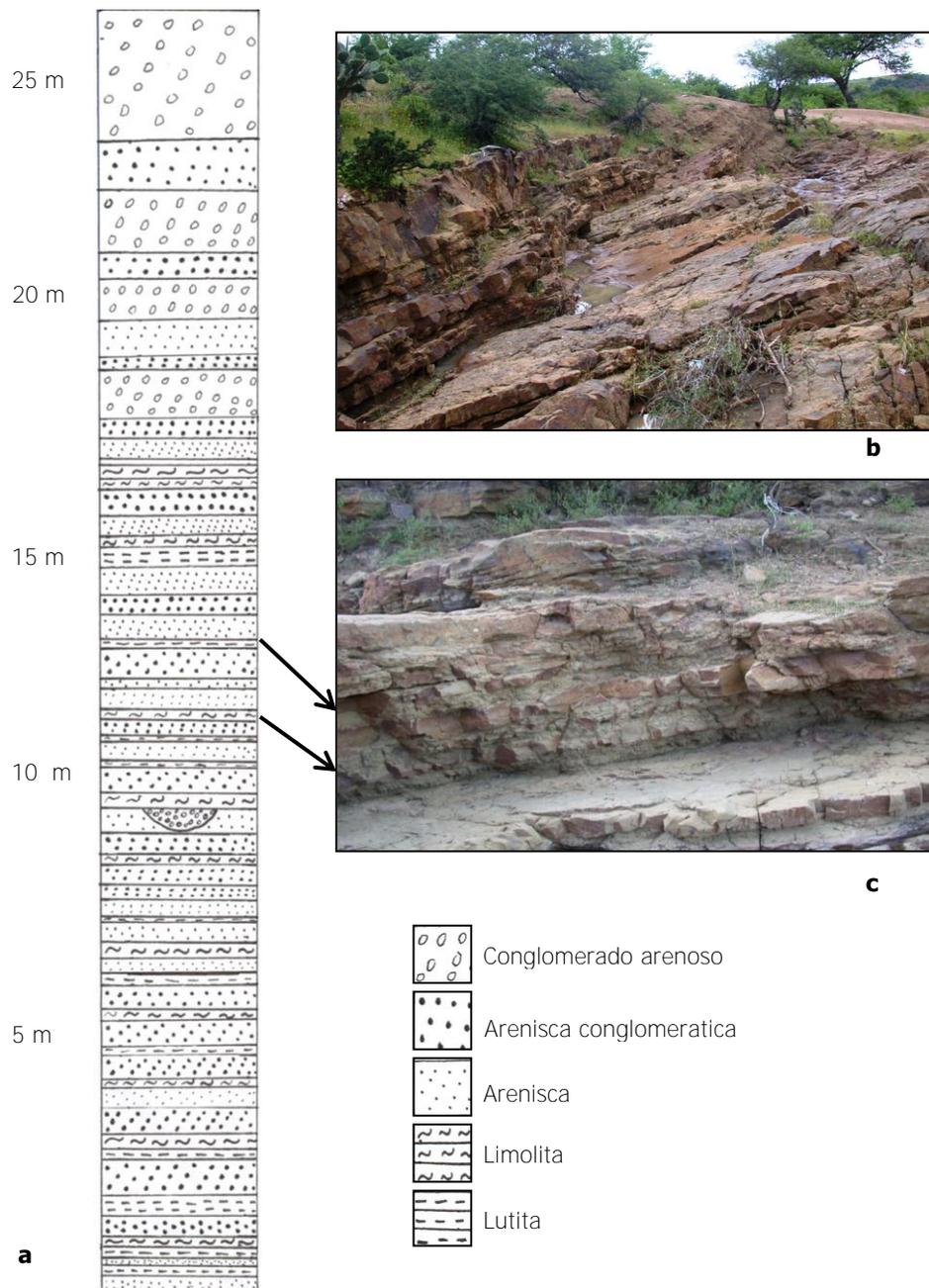


Figura 5. Formación Tecamazúchil. a. Columna estratigráfica. b. Inclinación de los estratos. c. Estratos de los cuales se colecto el material en estudio (Modificado de Grimaldo, comunicación personal).

## 5.2 Formación Rosario

La Formación Rosario se encuentra al suroeste de Tezoatlán, Oaxaca, en las localidades de Rancho Juárez y Rosario Nuevo, ésta última es el área de estudio (Fig. 4). Presenta las **coordenadas 17° 36' 10.7" N y 97° 51' 26.6" W y una altitud de 1832 m**. Erben (1956a) menciona que se caracteriza por presentar arenisca gris, café rojiza y café amarillenta de grano fino o medio; de estratificación delgada y media; limonita, lutita y lodolita negra, carbonosa con mantos de carbón y algunas contienen restos abundantes de plantas (Fig. 6).

La sobreyace el Grupo Tecocoyunca, constituida en su base por las formaciones Cuarcítica Cualac y la Zorrillo (Jiménez-Rentería y Rueda-Gaxiola, 2002). Por su litología, esta Formación indica un ambiente de depósito de tipo fluvial con llanuras de inundación (Morán-Zenteno, 1987). Sin embargo, Aramberri-Reyna y Silva-Pineda (1987) sugieren que el análisis de la tafoflora de la Formación Rosario indica la presencia de una abundante vegetación en un clima cálido y húmedo, lo que propone un área pantanosa cercana a la costa por la presencia de fauna marina asociada. Schulze-Schreiber (1988), con base en la petrología y contenido fosilífero de esta Formación, interpreta un ambiente de depósito en medios palustres, con intervalos de circulación de corrientes que forman llanuras de inundación. En éste mismo año, se menciona que el paleoambiente correspondió a facies epicontinentales, relacionadas a la fase de relleno del Aulacógeno de Huayacocotla (PEMEX, 1988).

Erben (1956a), incluyó el Grupo Consuelo al Conglomerado Cualac y la Formación Rosario, por la posición estratigráfica que presentan. Sin embargo, Alencaster de Cserna (1963) menciona que esta inclusión, no es natural, pues la Formación Rosario contiene elementos volcánicos, que reflejan una historia sedimentaria específica, mientras que el Conglomerado Cualac es muy diferente litológicamente y es transgresivo por encima de la Formación Rosario y por debajo del Complejo Basal Metamórfico, con lo que concluye que la Formación Rosario y el Conglomerado Cualac son dos unidades naturales diferentes. Así mismo, Benavides (1978) y Flores de Dios y Buitrón (1982), confirman que el Conglomerado Cualac es una unidad natural diferente de la Formación Rosario.

Es difícil establecer una correlación, sin embargo, dada la naturaleza de sus constituyentes volcánicos podría correlacionarse con la Formación Etlaltongo de la región de Nochixtlán, y tal vez con las partes inferiores de la Formación Tecomazúchil (Schulze-Schreiber, 1988).

El espesor de esta Formación varía de 100 a 250 m (Moran-Zenteno *et al.*, 1993), mientras que algunos trabajos de PEMEX (1988) mencionan que puede variar de 50 a 500 m e incluso puede llegar a presentarse un máximo de 1027 m en algunos lugares.

La edad de esta Formación no se conoce exactamente, pero por relaciones litoestratigráficas, se le ha asignado a la parte baja una edad Toarciana y la parte superior aproximadamente Aaleniana Temprana (Erben, 1956b; Morán-Zenteno *et al.*, 1993 y Böenhel, 1999). Mientras que otros autores mencionan que la parte inferior de esta unidad corresponde al Jurásico Temprano (Toarciano) y la parte superior al Jurásico Medio y correlaciona su flora con la de Yorkshire de Inglaterra perteneciente al Bajociano (Silva-Pineda y Buitrón, 1998).

Los primeros reportes de flora en la Formación Rosario, los realizó Burckhardt (1930), quien reportó la presencia de *Otozamites*, *Pterophyllum*, *Williamsonia* y *Ptilophyllum*. Posteriormente, Aramberri-Reyna y Silva-Pineda (1987) mencionaron que esta Formación está constituida principalmente por Cycadofitas (Bennettitales y Cycadales), Sphenofitas, Coniferofitas (*Pelourdea*) y Helechos (*Coniopteris*). Silva-Pineda y Buitrón (1998) registraron, además de los géneros antes mencionados, gran abundancia de *Stangerites*, *Taenopteris*, *Trigonocarpus*, *Rhabdocarpus*, *Caytoniales*, *Sagenopteris*, *Noeggerathiopsis*, *Pelourdea*, *Araucarioxylon*, *Cycadolepsis*, *Cladophlebis*, *Dicksonia* y *Piazopteris*. Finalmente Aguilar (2004) reporta para la localidad de Rosario Nuevo la presencia de 12 taxa compuestas por equisetos, *Gonatosorus nathorstii*, *Sagenopteris*, *Otozamites hespera*, *Pterophyllum* sp., *Ptilophyllum acutifolium*, *Zamites lucrensis*, *Z. oaxacensis*, las fructificaciones de *Williamsonia* cf., *W. netzahualcoyotlii* y *Pelourdea* sp.

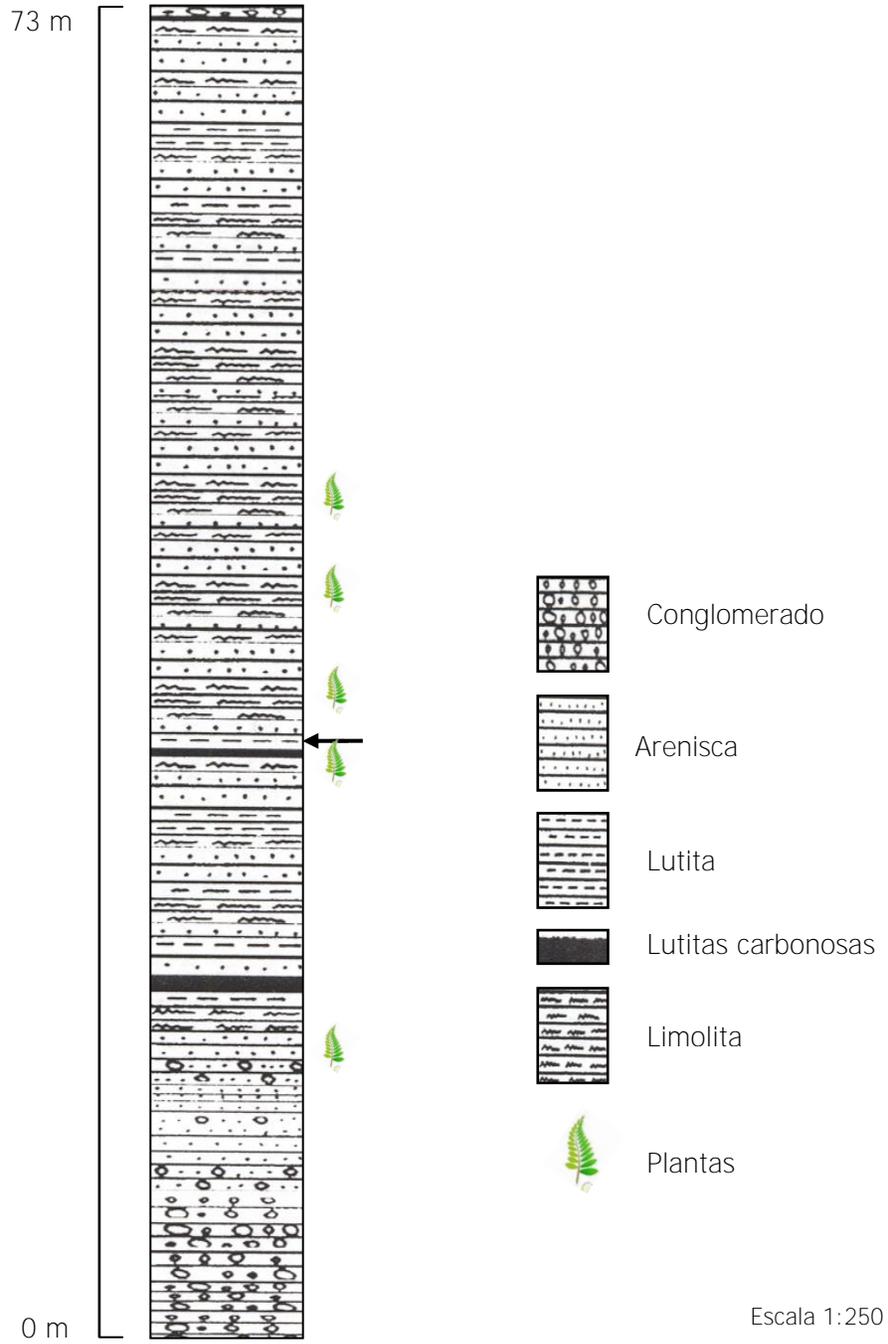


Figura 6. Columna estratigráfica de la Formación Rosario, en la localidad de Rosario Nuevo, Oaxaca. La flecha indica el estrato del que fueron colectados los ejemplares (tomado y modificado de Aguilar, 2004).

### **5.3 Formación Zorrillo**

La Formación Zorrillo se localiza en el municipio de Tlaxiaco, Oaxaca, en la localidad de Río Numi (Fig. 4), presenta las coordenadas **17° 18' 15.9" N y 97° 42' 48.7" W** y una altitud de 2034 m.

Ésta Formación debe su nombre a la Loma del Zorrillo y tiene una edad Bajociana temprana (Erben, 1956a). Esta constituida predominantemente de areniscas de grano fino y medio de limolitas y a veces de una estratificación cruzada. La estratificación de éstas rocas es más bien delgada. Además ésta Formación contiene limolitas grises amarillentas y finas que contienen numerosos restos de plantas terrestres, así como lutitas carbonosas y mantos de carbón (Fig. 7). En algunos niveles existen intercalaciones concrecionarias calcáreo-hematíticas hasta calcáreo-limoníticas que contienen superficies muy irregulares. En la parte superior aumenta el contenido en limolitas grises de estratificación muy delgada y sobre todo en lutitas y limolitas que contienen concreciones calcáreo-hematíticas de color rojo vino.

La Formación Zorrillo, designa a las rocas que afloran muy cerca de la rivera del Río Numí (Fig. 8) y se hace extensivo a los cuerpos litológicos y estratigráficamente similares que se encuentran fuera de esta zona. El contacto inferior es transicional con el Conglomerado Cualac y el superior también es transicional con al Formación Simón. El espesor total es variable, sin embargo, un promedio obtenido de la información superficial y del subsuelo es de 300 m (Carrasco-Ramírez, 1981).

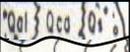
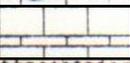
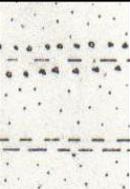
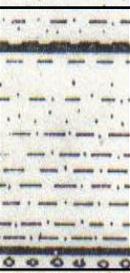
|  |   |  |  |               |   |  |
|--|---|--|--|---------------|---|--|
| C<br>E<br>N<br>O<br>Z<br>O<br>I<br>C<br>O      | C<br>U<br>A<br>T<br>E<br>R<br>N<br>A<br>R<br>I<br>O | P<br>L<br>E<br>I<br>S<br>T<br>O<br>C<br>E<br>N<br>O<br>&<br>R<br>E<br>C<br>I<br>E<br>N<br>T<br>E | Q  | 0-20          |    | <b>Qal</b> Aluvion, <b>Qca</b> Coliche; <b>Qs</b> Suelo  |
|  |   |  | DISCORDANCIA   |               |   |  |
|  |   |  | Ts- IGNEAS<br>INDIFEREN-<br>CIADAS<br>Tsoy-Fm,<br>ANDESITA<br>YUCUDAAC<br>Tsi-ANDESITA<br>INTRUSIVA<br>YUNI            | 0<br>a<br>500 |    | <b>Ts (indiferenciado):</b> Derrames lávicos de probable composición andesítica. Tobos probablemente de composición andesítica.<br><b>Andesita Yucudaac:</b> Miembro de derrames lávicos de andesita glomeroporfídico de dos piroxenos. De color principalmente gris y textura afanítica.<br><b>Andesita Intrusiva Yuni:</b> Andesita de olivino, microporfídico, que forma diques y diquestratos. |
|  |   |  | DISCORDANCIA   |               |   |  |
|  |   |  | E<br>O<br>C<br>E<br>N<br>O   |               |   |  |
|  |   |  | CONCLOMERADO<br>ALLENDE  | 0<br>a<br>150 |    | <b>Conglomerado Allende:</b> Conglomerado de calcolitita y soderonito, bien consolidado y estratificado masivamente. En las partes bajas hay areniscas bien consolidadas y de color rojizo.  |
|  |   |  | DISCORDANCIA   |               |   |  |
|  |   |  | O<br>X<br>F<br>O<br>R<br>D<br>I<br>A<br>N<br>O   |               |   |  |
|  |   |  | CALIZA CON<br>"Cidarís"  | 0<br>a<br>100 |    | <b>Caliza con "Cidarís":</b> Intramicrita café clara fosilífera, estratificada en capas delgadas y gruesas.  |
|  |   |  | DISCORDANCIA   |               |   |  |
| J<br>U<br>R<br>Á<br>S<br>I<br>C<br>O           | S<br>U<br>P<br>E<br>R<br>I<br>O<br>R                | C<br>A<br>L<br>O<br>V<br>I<br>A<br>N<br>O  | FORMACIÓN<br>YUCUÑUTI  | 0<br>a<br>200 |    | <b>Formación Yucunuti:</b> Coquinas de pelecipodos, forman estratos delgados. Arenisca y limolitas fosilíferas, estratificado en capas delgadas. Caliza fosilífera con estratificación delgada.  |
|  |   |  | DISCORDANCIA   |               |   |  |
|  |   |  | S<br>U<br>P<br>E<br>R<br>I<br>O<br>R   |               |   |  |
|  |   |  | FORMACIÓN<br>OTATERA   | 0<br>a<br>200 |   | <b>Formación Otatera:</b> Coquina de pelecipodos de estratos delgados. Areniscas de finas a medias, cuarzoarenitas arcóscicas y estratificadas en capas delgadas o medianas.   |
|  |   |  | DISCORDANCIA   |               |   |  |
|  |   |  | M<br>E<br>D<br>I<br>O  |               |   |  |
|  |   |  | FORMACIÓN<br>SIMON   | 0<br>a<br>300 |  | <b>Formación Simón:</b> Areniscas de color claro, cuarzoarenita, subarcóscicas, con diastratificación y en estratos medianos y gruesos. Limolitas que intemperizan a colores vivos en estratos delgados.   |
|  |   |  | DISCORDANCIA   |               |   |  |
|  |   |  | I<br>N<br>F<br>E<br>R<br>I<br>O<br>R   |               |   |  |
|  |   |  | FORMACIONES<br>INDIFERENCIADAS<br>ZORRILLO-<br>TABERNA   | 0<br>a<br>300 |  | <b>Formaciones indiferenciadas Zorrillo-Taberna:</b> Limolitas y areniscas subarcóscicas con plantas fósiles, dos zonas de carbón, una inferior y otra superior, con nódulos calcáreo hematíticos y estratificación delgada.   |
| DISCORDANCIA                                   |   |  |  |               |   |  |
| A<br>L<br>E<br>N<br>I<br>A<br>N<br>O           |   |  |  |               |   |  |
| CONCLOMERADO<br>CUALAC?                        | 0<br>a<br>120                                       |               | <b>Conglomerado Cualac:</b> Brecha sucia de gujarros y matatenas, con líticos de esquistos. Estratificada masivamente. |               |   |  |
| DISCORDANCIA                                   |   |  |  |               |   |  |
| P<br>A<br>L<br>E<br>O<br>Z<br>O<br>I<br>C<br>O | C<br>A<br>M<br>B<br>R<br>I<br>C<br>O                | D<br>E<br>V<br>O<br>N<br>I<br>C<br>O   | COMPLEJO<br>ACATALN  | ?             |  | <b>Complejo Acatlan:</b> Esquistos filaníticos de cuarzo y muscovita, con textura foliada.   |

Figura 7. Columna estratigráfica de la Formación Zorrillo (tomada y modificada de Carrasco-Ramírez, 1981).



Figura 8. Localidad Río Numi, Oaxaca. Estratos de lutita carbonosa de los cuales fueron colectados los ejemplares de la Formación Zorrillo.

#### **5.4 Localidad Cañada del ajo**

Ésta localidad se ubica en el municipio de Tecamatlán, Puebla (Fig. 4) y presenta las coordenadas  $18^{\circ} 05' 30''$  N y  $98^{\circ} 87'$  W. Los primeros reportes para el Grupo Tecocoyunca, son los reportados por Burckhardt (1927), quien estudio areniscas, limolitas, lutitas y margas en los alrededores de Tecocoyunca. Después, en 1933 Jenny diferencio a estos en unidades Tardío y Temprano. Posteriormente, Guzmán (1950) distinguió también dos unidades denominándolas serie Temprano y Tardío y las definió como Capas Tecocoyunca y asignándolas al Jurásico Medio. Erben (1956a) las eleva al rango de Grupo, dado que este conjunto de roca presenta un espesor muy grande, por lo que propone llamarlo Grupo Tecocoyunca y subdividirlo en las formaciones Zorrillo, Taberna, Simón, Otatera y Yucuñuti, pertenecientes al Jurásico Medio.

Debido a la estrecha relación estratigráfica entre el Conglomerado Cualac y la Formación Zorrillo, Flores De Dios y Buitrón (1982), proponen incluir a este Conglomerado en el Grupo Tecocoyunca, pues Erben (1956a), lo había incluido en el Grupo Consuelo. Así mismo, Jiménez-Rentería y Rueda-Gaxiola (2002) reiteran la propuesta de Flores de Dios y Buitrón (1982) basándose en el contenido orgánico y litológico del Grupo Tecocoyunca.

## VI. MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio taxonómico de 71 helechos fósiles del Jurásico de la región Mixteca de México, de las formaciones Tecamazúchil, Rosario y Zorrillo, así como de la localidad Cañada del ajo, depositados en la Colección de Paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM (cuadro II). Se adiciono a este estudio 27 especies Jurásicas formalmente reportadas en Paleobiology Database, que incluye a las especies colectadas en Ayuquila y depositadas en el Instituto de Geología (IG), las reportadas por Harris (1961) en Inglaterra (Formación Yorkshire), Delevoryas (1982) en México (Tecomatlán), Ash (1969) en Estados Unidos (Formación Chinle), Lemoigne (1984) en Colombia (Formación Valle Alto) y Weber (2008) en México (cuadro III) y se completo con tres descripciones diferentes de *Gonatosorus nathorstii*, la primera de la observación y medición de la especie tipo del Instituto de Geología, la segunda de Aguilar (2004) quien retomó la descripción de esta especie de Silva-Pineda (1978b) y la ultima de Silva-Pineda (1984).

Cuadro II. Formaciones continentales Jurásicas contenidas en la Colección de Paleontología.

| <b>Formación o<br/>Localidad</b> | <b>Abreviación</b> | <b>No. de ejemplares</b> |
|----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Tecomazúchil                     | Tz                 | 20                       |
| Rosario                          | R                  | 5                        |
| Zorrillo                         | Z                  | 35                       |
| Cañada del ajo                   | T                  | 11                       |
| <b>Total</b>                     |                    | <b>71</b>                |

Cuadro III. Especies reportadas de helechos Jurásicos.

| Familia        | Especie                               | Referencia   | No. ejemplar | Abrev.   | Estadio |        |
|----------------|---------------------------------------|--------------|--------------|----------|---------|--------|
|                |                                       |              |              |          | Estéril | Fértil |
| Matoniaceae    | <i>Piazopteris branneri</i>           | IG           | 338          | Pb338    | *       |        |
|                | <i>P. branneri</i>                    | IG           | 399          | Pb399    | *       |        |
|                | <i>Phlebopteris</i> sp.               | Harris       |              | P        | *       |        |
|                | <i>P. crenulata</i>                   | Weber        |              | Pc       | *       |        |
|                | <i>P. smithii</i>                     | Weber        |              | Ps       |         | *      |
|                | <i>P. angustiloba</i>                 | Weber        |              | Pa       | *       |        |
|                | <i>P. ontogenesis</i>                 | Weber        |              | Po       |         | *      |
| Dicksoniaceae  | <i>Coniopteris</i> c.f. <i>arguta</i> | IG           | 107          | Ca       | *       |        |
|                | <i>C. simplex</i>                     | Harris       |              | Cs       |         | *      |
|                | <i>C. burejensis</i>                  | Harris       |              | Cb       |         | *      |
|                | <i>C. bella</i>                       | Harris       |              | Cbl      |         | *      |
|                | <i>C. hymenolloides</i>               | Harris       |              | Ch       |         | *      |
|                | <i>C. murrayana</i>                   | Harris       |              | Cm       |         | *      |
|                | <i>C. margaretae</i>                  | Harris       |              | Cmg      |         | *      |
|                | <i>C. martinezii</i>                  | Lemoigne     |              | Cmz      | *       |        |
|                | <i>C. plumosa</i>                     | Ash          |              | Cp       |         | *      |
|                | <i>C. weberi</i>                      | Delevoryas   |              | Cw       |         | *      |
|                | <i>Kylikopteris arguta</i>            | Harris       |              | Ka       |         | *      |
|                | <i>Eboracia lobiflora</i>             | Harris       |              | El       |         | *      |
|                | <i>Dicksonia mariopteris</i>          | Harris       |              | Dm       |         | *      |
|                | <i>D. kendalli</i>                    | Harris       |              | Dk       |         | *      |
|                | <i>Gonatosorus nathorstii</i>         | IG           | 342          | Gn(T)    |         | *      |
|                | <i>G. nathorstii</i>                  | Aguilar      |              | Gn(SP78) |         | *      |
|                | <i>G. nathorstii</i>                  | Silva-Pineda |              | Gn(SP84) |         | *      |
|                | <i>Cladophlebis browniana</i>         | IG           | 401          | Cbr      | *       |        |
|                | <i>C. denticulata</i>                 | Lemoigne     |              | Cd       | *       |        |
|                | <i>C. exiliformis</i>                 | Lemoigne     |              | Ce       | *       |        |
| Gleicheniaceae | <i>Gleichenites san Martini</i>       | Lemoigne     |              | Gsm      |         | *      |
|                | <i>G. porsildii</i>                   | Lemoigne     |              | Gp       |         | *      |
|                | <i>Sphenopteris geopperti</i>         | IG           |              | Sg       | *       |        |
| <b>Total</b>   |                                       |              |              |          | 11      | 19     |

Con base en la bibliografía y revisión del material fósil, se eligieron 46 estados de carácter multiestado, de los cuales 33 son cualitativos y 13 cuantitativos, para realizar la comparación y agrupación de los ejemplares de las formaciones de la Mixteca y las especies Jurásicas.

Para la obtención de los estados de carácter cualitativos, los ejemplares de la Colección de Paleontología y los facilitados por el Instituto de Geología, fueron observados mediante un estereoscopio Nikon SMZ 800 x 6.3 (cuadro IV). Mientras que los estados de carácter cuantitativos, fueron obtenidos mediante la toma fotográfica de todos los ejemplares de las formaciones en estudio y las especies del Instituto de Geología, con una cámara digital Nikon ColPix 995 y mediante el programa ImageJ se tomaron los promedios de todas las mediciones señaladas en el Cuadro V. Finalmente, de las descripciones hechas por los autores de las especies Jurásicas, se tomaron ambos tipos de estados de carácter.

Cuadro IV. Caracteres cualitativos empleados en la comparación y agrupación de las OTU's.

| <b>Carácter</b>         | <b>Estado de carácter</b> | <b>Abreviaciones</b> |
|-------------------------|---------------------------|----------------------|
| Divisiones de la lamina | Primer orden              | 1°                   |
|                         | Segundo orden             | 2°                   |
|                         | Tercer orden              | 3°                   |
|                         | Cuarto orden              | 4°                   |
| Pinna                   | Opuesta                   | Pop                  |
|                         | Alternativa               | Pal                  |
|                         | Subopuesta                | Psb                  |
|                         | Opuesta-alterna           | Pop-al               |
|                         | Opuesta-subopuesta        | Pop-sb               |
| Margen                  | Entero                    | Me                   |
|                         | Cercenado                 | Mc                   |
|                         | Lobulado                  | MI                   |
| Pinnula                 | Pinnatifida               | Ptf                  |
|                         | Pinnatisecta              | Pst                  |
| Raquis                  | Estriado                  | Re                   |
|                         | No estriado               | Rne                  |
| Ápice de la pinnula     | Redondeado                | apR                  |

|   |                    |        |
|---|--------------------|--------|
|   | Agudo              | apA    |
|   | Libre              | VI     |
| Venación                                  | Bifurcada          | Vb     |
|   | Reticulada         | Vr     |
|   | Opuesta            | pop    |
| Pinnula                                   | Subopuesta         | psb    |
|   | Alternativa        | pal    |
|   | Opuesta-subopuesta | pop-sb |
| Forma de soros                            | Elongados          | Sel    |
|   | Redondos           | Srd    |
|   | Básales            | Spb    |
| Posición de soros                         | Apicales           | Spa    |
|   | Toda la pinnula    | Stp    |
| Distribución de los soros en las pinnulas | Marginales         | Sm     |
|   | Costales           | Sv     |
|   | En el centro       | Sc     |

Cuadro V. Caracteres cuantitativos empleados en la comparación y agrupación de las OTU's.

| <b>Carácter</b> | <b>Estado de carácter</b>        | <b>Abreviaciones</b> |
|-----------------|----------------------------------|----------------------|
|                 | Longitud                         | LP                   |
| Pinna           | Ancho                            | AP                   |
|                 | Ángulo de la pinna               | AnP                  |
|                 | Longitud                         | Lp                   |
| Pinnula         | Ancho                            | Ap                   |
|                 | Ángulo de la pinnula             | Anp                  |
| Venación        | Ángulo de la venación primaria   | AnV1°                |
|                 | Ángulo de la venación secundaria | AnV2°                |
| Raquis          | Ancho del raquis de primer orden | AR                   |
|                 | Ancho del raquis de último orden | ARn°                 |
|                 | Longitud                         | LS                   |
| Soros           | Ancho                            | AS                   |
|                 | Numero por pinnula               | Sxp                  |

Con los estados de carácter, se construyeron tres bases de datos multiestado para **aplicar un análisis fenético, la primera con las Unidades Taxonómicas Operativas (OTU's)** fértiles, la segunda con las estériles y la tercera con ambas (apéndice II). Cada una se analizó mediante el programa NTSYS versión 2.1 y se les aplicó dos tipos de análisis multivariados, el primero de Agrupamiento donde se utilizó el coeficiente de Similitud (Distancia Taxonómica promedio) y el segundo de Componentes Principales con el coeficiente de Correlación.

Finalmente, de las formaciones en estudio, se elijo a los ejemplares fértiles más completos y mejor conservados, los cuales son cinco, de los que se obtuvieron estructuras reproductoras (soros). De éstos se tomaron siete muestras (cuadro VI) a las que se les aplicó diferentes tipos de técnicas (apéndice III), lo que permitió en algunos casos observar la morfología de los esporangios y esporas contenidas en dichas estructuras.

Cuadro VI. Muestras tomadas de los ejemplares de las formaciones de la Mixteca a las que se les aplicaron diferentes tipos de técnicas.

| <b>Muestra</b> | <b>Ejemplar</b> | <b>Tipo de técnica</b>                      | <b>Tipo de observación</b> |
|----------------|-----------------|---|----------------------------|
| 1              | T24             | Ácido fluorhídrico (HF) y Glicerina-Gel     | Óptico                     |
| 2              | Tz149           | Peel de acetato de celulosa                 | Óptico y MEB               |
| 3              | Tz114           | Peel de acetato de celulosa y Glicerina-Gel | Óptico                     |
| 4              | R32             | Cinta de poliéster                          | Óptico y MEB               |
| 5              | R32             | Cinta de poliéster, Schulze y Glicerina-Gel | Óptico y MEB               |
| 6              | R32             | Roca  | MEB                        |
| 7              | Tz151(-)        | Roca  | MEB                        |

Todas las muestras fueron observadas en el Laboratorio de Biología Comparada de la FES Zaragoza, UNAM, con un microscopio óptico Nikon Eclipse E200 y fotografiadas. Debido a que en la observación de las muestras dos, cuatro, cinco, seis y siete no se halló estructura alguna, fueron llevadas al cuarto de Microscopia en el Instituto de Biología de la UNAM, donde se montaron sobre una base de metal mediante cinta de carbón de doble contacto, posteriormente se colocaron en el **"Rota-cota", para ser cubierta ligeramente por** una capa de oro y se introdujeron en el Microscopio de Barrido Electrónico Hitachi 2660M (Fig. 9).

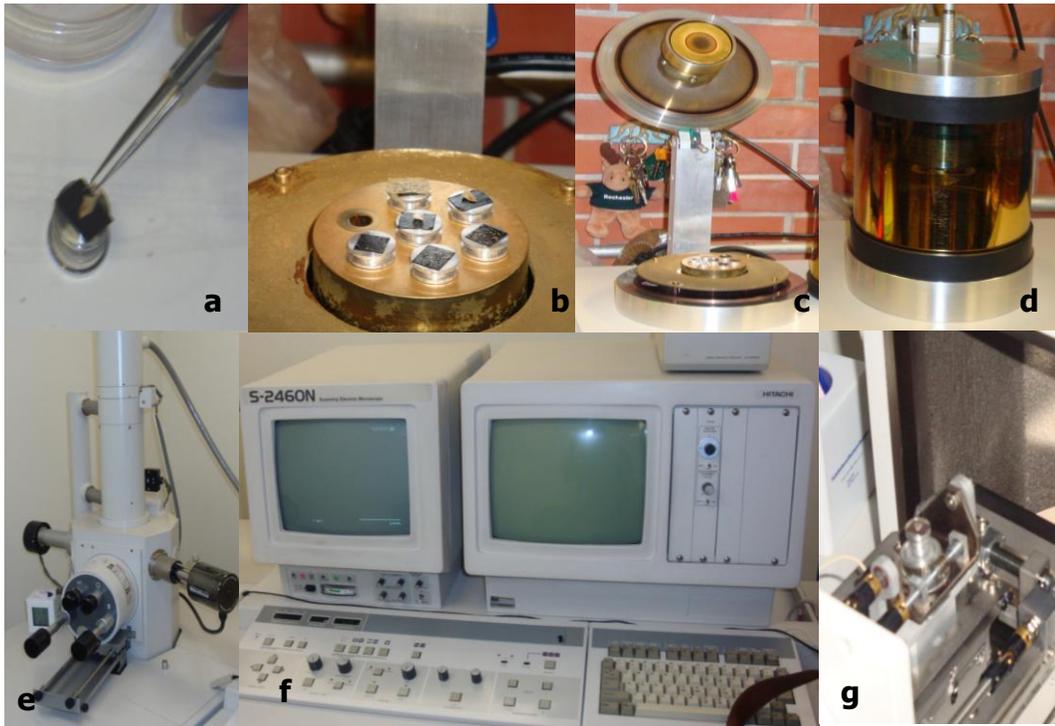


Figura 9. Microscopio de Barrido Electrónico. a. Montaje de las muestras en la base de metal. b y c. Muestras dispuestas en el rota-cota. d. Rota-cota cerrado que cubre las muestras con partículas de oro. e. Microscopio. f. Equipo de cómputo del Microscopio. g. Muestras dentro del Microscopio.

## VII. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Crisci y López (1983) concluyen que en el procesamiento de datos al emplear análisis numéricos es aconsejable utilizar más de uno, con el objetivo de minimizar los efectos metodológicos y permitir una complementación de diferentes técnicas, por lo que sugieren emplear un análisis de agrupamiento y un método de ordenación. Con base en lo anterior, se realizó un análisis de Agrupamiento y un método de ordenación, mediante el análisis de Componentes Principales, los que se aplicaron a cada base de datos. Cabe mencionar, que el análisis de Agrupamiento, como su nombre lo infiere, agrupa por parecido fenético a las OTU's analizadas, mientras que el análisis de Componentes Principales permite conocer los caracteres responsables del acomodo de éstas.

### 7.1 Helechos fértiles

La base de datos multiestado de los helechos fértiles esta constituida por 46 estados de carácter y 42 OTU's (apéndice II), de las cuales 23 son ejemplares de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca (cuadro VII) y 19 pertenecen a las especies reportadas en la bibliografía (cuadro VIII).

Cuadro VII. Ejemplares fértiles y estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca.

| Formaciones y Localidad | Estadio   |           | Total     |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                         | Fértiles  | Estériles |           |
| Tecomazúchil            | 9         | 11        | 20        |
| Rosario                 | 1         | 5         | 6         |
| Zorrillo                | 12        | 23        | 35        |
| Cañada del ajo          | 1         | 10        | 11        |
| <b>Total</b>            | <b>23</b> | <b>48</b> | <b>71</b> |

Cuadro VIII. Especies fértiles y estériles reportadas para las familias del Jurásico.

| Formación y Localidad      | Familia        | Estadio   |           |
|----------------------------|----------------|-----------|-----------|
|                            |                | Fértiles  | Estériles |
| Ayuquila                   | Matoniaceae    |           | 2         |
|                            | Dicksoniaceae  | 3         | 2         |
|                            | Gleicheniaceae |           | 1         |
| Yorkshire                  | Matoniaceae    |           | 1         |
|                            | Dicksoniaceae  | 10        |           |
| Tecomatlán                 | Dicksoniaceae  | 1         |           |
| Chinle                     | Dicksoniaceae  | 1         |           |
| Valle Alto                 | Dicksoniaceae  |           | 3         |
|                            | Gleicheniaceae | 2         |           |
| Santa Clara y Huayacocotla | Matoniaceae    | 2         | 2         |
| <b>Total</b>               |                | <b>19</b> | <b>11</b> |

Con los datos recabados y mediante un análisis de Agrupamiento, se estableció la similitud de las OTU's utilizando el coeficiente de similitud (Distancia Taxonómica Promedio). Posteriormente y tomando en cuenta la similitud de las OTU's, estas se agruparon con el método de agrupamiento "Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Averages" (UPGMA) el cual generó un solo fenograma (Fig. 10), que forma diez grupos, de los cuales nueve pertenecen a las morfoespecies fértiles (**F**) y uno solo a *Gonatosorus nathorstii*. A continuación se desglosa cada uno de estos grupos.

Como OTU's independientes se generaron siete morfoespecies fértiles, que por su bajo índice de similitud (entre 0.7125 y 1.7825), se encuentran aisladas de las demás. Las morfoespecies fértiles son 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 9 que pertenecen a los ejemplares CFZ-Tz39 (+), CFZ-Tz152, CFZ-Tz52, CFZ-Tz120(-), CFZ-Tz71, CFZ-Z44 y CFZ-Tz44 respectivamente.

Además, se generaron tres grupos, uno de ellos es el de *Gonatosorus nathorstii* que está compuesto por los ejemplares CFZ-Tz151(-) y CFZ-R32, de estos el primero presenta mayor similitud (más de 0.10) con la descripción tipo de la especie y la realizada por Silva-Pineda (1978). El siguiente grupo es el de la morfoespecie fértil 8 que está compuesta por los ejemplares CFZ-Tz114 y CFZ-Tz149 con una similitud de menos de 0.1875. Finalmente, la morfoespecie fértil 6 está conformada por los ejemplares CFZ-Z1, CFZ-Z3, CFZ-Z18, CFZ-

Z5(+), CFZ-Z27, CFZ-T13, CFZ-Z20(-), CFZ-Z32, CFZ-Z127 y CFZ-Z57, además de un núcleo constituido por CFZ-Z54(1) y CFZ-Z70. Ésta morfoespecie está agrupada con 0.275 de similitud, asimismo es el grupo más abundante.

Sneath y Sokal (1973), mencionan que los valores del coeficiente cofenético superiores a 0.8 indican una buena representación de la matriz de similitud por parte del fenograma. **Esto indica que la robustez de los caracteres es buena y que la agrupación de las OTU's no se dio de forma azarosa, ya que el coeficiente cofenético generado del Análisis de Agrupamiento es de 0.94942.**

El análisis de Componentes Principales se realizó con el coeficiente de Correlación (Momento-producto de Pearson) el cual generó una gráfica (Fig. 11) que permite el arreglo de nueve de los diez grupos del análisis de Agrupamiento y excluye únicamente a la morfoespecie fértil cuatro (CFZ-Tz120(-)). Las ocho morfoespecies y *Gonatosorus nathorstii* restantes están agrupadas exactamente igual que en el análisis anterior, por lo cual no se analizan en este apartado.

Este análisis permite observar que la variación acumulada para el cuarto componente es de 57.5570% (cuadro IX) y aunque los valores son bajos, indican la existencia de **variación morfológica entre las OTU's, lo cual permite la separación de éstas en el estudio.**

Además de lo anterior, este análisis muestra que los caracteres que permitieron la agrupación de las OTU's (cuadro X) en el primer componente son el ángulo de la venación secundaria, los soros en posición apical, la venación bifurcada, el margen lobulado y la venación libre. En el segundo componente son el ancho del raquis secundario, los soros costales y el ancho de las pinnulas. Finalmente, en el tercer componente, son la forma elongada y redonda de los soros, así como el ancho del raquis principal.

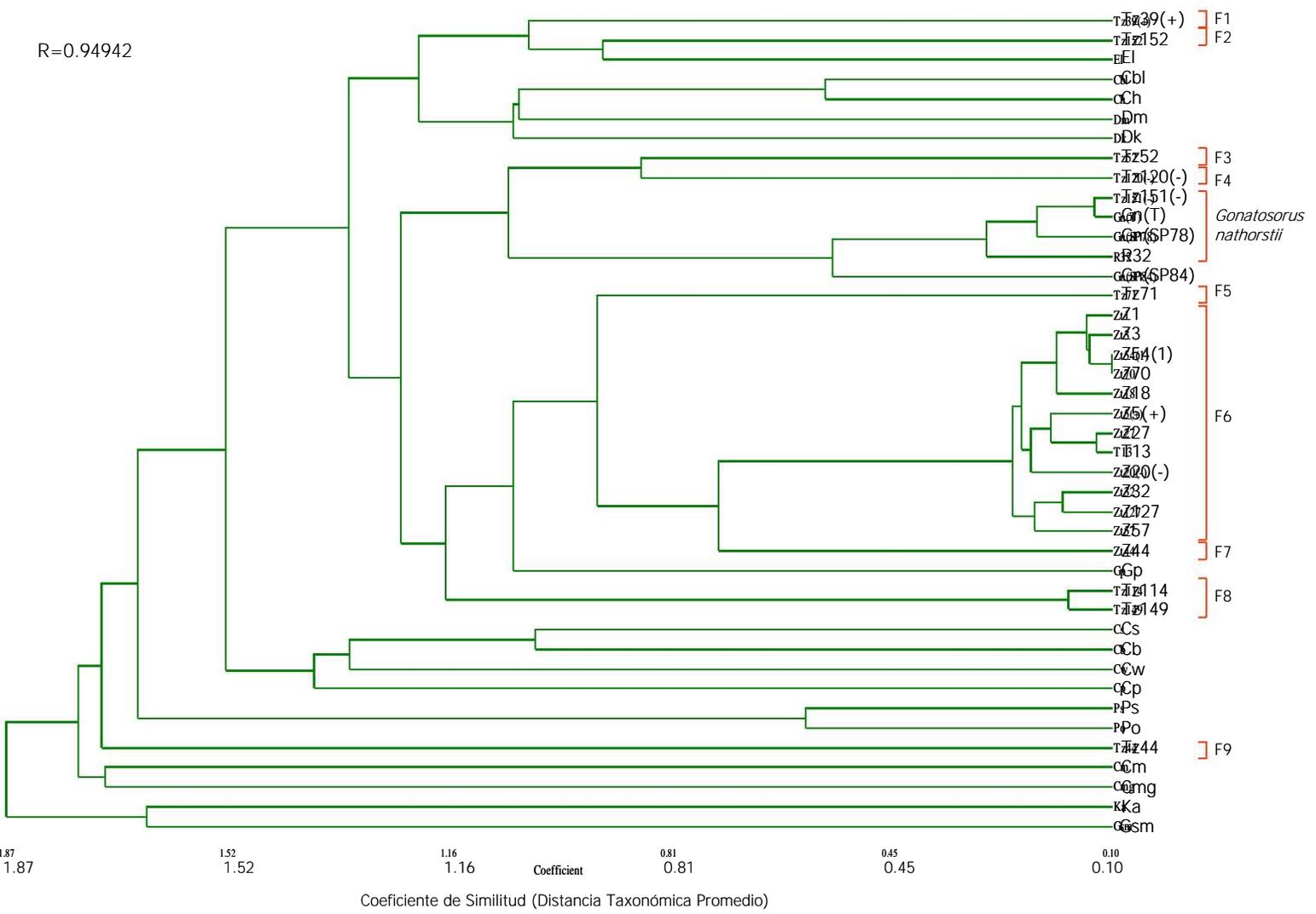


Figura 10. Fenograma de los helechos fértiles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía. La inicial **F**, indica las diferentes morfoespecies fértiles agrupadas.

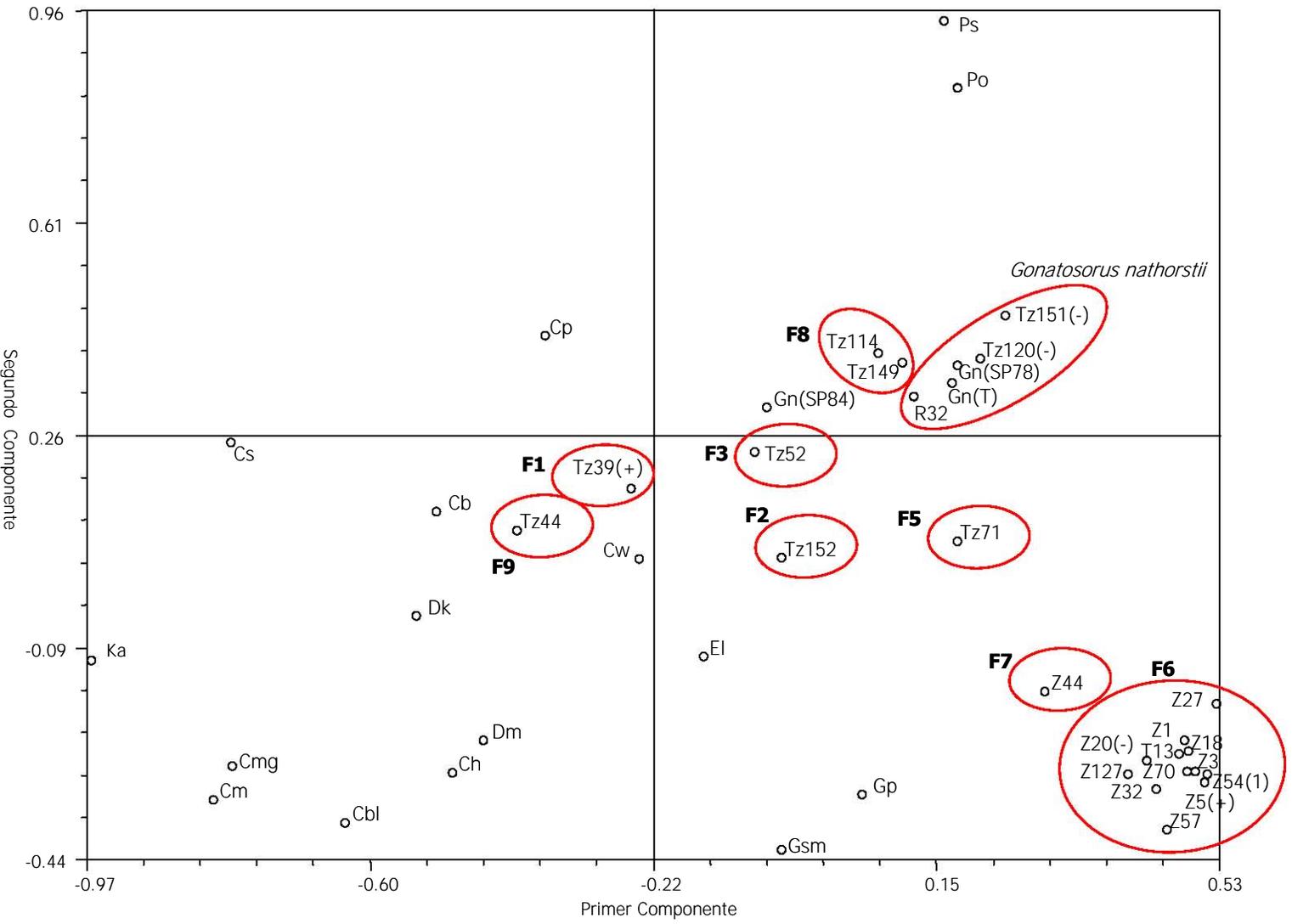


Figura 11. Gráfica del análisis de Componentes Principales de los ejemplares fértiles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía. La inicial **F** y el círculo indican las diferentes morfoespecies fértiles agrupadas.

Cuadro IX. Variación acumulada para cada uno de los componentes fértiles. La acumulación de los porcentajes llega al 100% en el componente 17 (CP: Componente Principal).

| <b>CP</b> | <b>Eigen valor</b> | <b>Porcentaje de traza</b> | <b>Acumulación de porcentaje</b> |
|-----------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1         | 10.00071940        | 21.7407                    | 21.7407                          |
| 2         | 6.43754381         | 13.9947                    | 35.7354                          |
| 3         | 6.20276414         | 13.4843                    | 49.2196                          |
| 4         | 3.83517245         | 8.3373                     | <b>57.5570</b>                   |
| 5         | 3.33076478         | 7.2408                     | 64.7977                          |
| 6         | 2.81828116         | 6.1267                     | 70.9244                          |
| 7         | 2.65970680         | 5.7820                     | 76.7064                          |
| 8         | 2.10805772         | 4.5827                     | 81.2892                          |
| 9         | 1.78256482         | 3.8751                     | 85.1643                          |
| 10        | 1.40768307         | 3.0602                     | 88.2245                          |
| 11        | 1.24964381         | 2.7166                     | 90.9411                          |
| 12        | 1.11413607         | 2.4220                     | 93.3631                          |
| 13        | 0.84728208         | 1.8419                     | 95.2050                          |
| 14        | 0.74217198         | 1.6134                     | 96.8185                          |
| 15        | 0.64886833         | 1.4106                     | 98.2290                          |
| 16        | 0.53376844         | 1.1604                     | 99.3894                          |
| 17        | 0.45053424         | 0.9794                     | > 100%                           |

Cuadro X. Estados de carácter responsables del acomodo de las OTU's fértiles.

| <b>Estados de carácter</b> | <b>C1</b> | <b>C2</b>      | <b>C3</b> | <b>C4</b> |
|----------------------------|-----------|----------------|-----------|-----------|
| Primer orden               | 0.1005    | 0.5871         | 0.4138    | 0.1383    |
| Segundo orden              | 0.4098    | -0.3898        | -0.6224   | 0.0548    |
| Tercer orden               | -0.4556   | 0.1320         | 0.4589    | -0.2537   |
| Cuarto orden               | -0.2802   | -0.1549        | 0.0366    | 0.1651    |
| Longitud de pinna          | -0.4972   | -0.2408        | 0.5047    | -0.4493   |
| Ancho de pinna             | -0.3185   | -0.2393        | 0.5134    | -0.4910   |
| Longitud de pinnula        | 0.1681    | -0.6497        | 0.0125    | -0.2161   |
| Ancho de pinnula           | -0.2173   | <b>-0.7545</b> | -0.2485   | 0.0243    |

|                           |                |                |                |         |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| Pinna opuesta             | 0.0572         | 0.3742         | 0.4261         | 0.4409  |
| Pinna alterna             | -0.2365        | -0.2816        | -0.4594        | -0.0509 |
| Pinna subopuesta          | 0.3051         | 0.1030         | 0.0063         | -0.2542 |
| Pinna opuesta-alterna     | -0.2736        | -0.1976        | 0.0050         | -0.0264 |
| Pinna opuesta-subopuesta  | 0.0591         | -0.0707        | 0.1829         | -0.1377 |
| Margen entero             | 0.6217         | -0.1464        | 0.2292         | 0.2689  |
| Margen cercenado          | 0.1148         | 0.4400         | -0.5775        | -0.4424 |
| Margen lobulado           | <b>-0.7667</b> | -0.1890        | 0.2126         | 0.0732  |
| Pinnatífida               | 0.4624         | 0.0247         | 0.0812         | -0.4615 |
| Pinnatisecta              | -0.4624        | -0.0247        | -0.0812        | 0.4615  |
| Raquis estriado           | 0.6487         | 0.2363         | 0.2909         | -0.2762 |
| Raquis no estriado        | -0.6487        | -0.2363        | -0.2909        | 0.2762  |
| Ápice redondeado          | 0.2824         | -0.5645        | -0.6394        | -0.0744 |
| Ápice agudo               | -0.2824        | 0.5645         | 0.6394         | 0.0744  |
| Angulo de pinna           | 0.5483         | 0.5922         | 0.3564         | -0.2791 |
| Angulo de pínula          | 0.5716         | -0.6349        | -0.0836        | 0.1331  |
| Angulo de la venación 1°  | 0.2906         | -0.3500        | 0.5034         | -0.0933 |
| Angulo de la venación 2°  | <b>0.8206</b>  | -0.4258        | 0.0534         | -0.0986 |
| Ancho del raquis          | -0.3440        | -0.2153        | <b>0.7039</b>  | -0.4587 |
| Ancho del raquis 2°       | -0.0938        | <b>-0.7993</b> | 0.3330         | -0.2450 |
| Venación libre            | <b>-0.7418</b> | -0.0366        | -0.0403        | 0.0305  |
| Venación bifurcada        | <b>0.7942</b>  | 0.0249         | 0.1528         | -0.1234 |
| Venación reticulada       | -0.1747        | 0.0423         | -0.3189        | 0.2670  |
| Pínula opuesta            | -0.4094        | -0.2191        | -0.0528        | 0.2921  |
| Pínula subopuesta         | -0.0133        | 0.3037         | -0.0583        | 0.3873  |
| Pínula alterna            | -0.4205        | -0.1713        | -0.0961        | -0.2717 |
| Pínula opuesta-subopuesta | 0.5547         | -0.1835        | -0.0257        | -0.3830 |
| Soro elongados            | -0.1069        | 0.3382         | <b>-0.7637</b> | -0.2791 |
| Soro redondo              | 0.1069         | -0.3382        | <b>0.7637</b>  | 0.2791  |
| Longitud de soro          | -0.6664        | 0.0835         | -0.0073        | -0.3379 |
| Ancho de soro             | -0.6956        | 0.1770         | 0.2515         | -0.3623 |
| Soro en posición basal    | 0.0377         | 0.3481         | -0.3614        | -0.6635 |

|                         |                |               |         |         |
|-------------------------|----------------|---------------|---------|---------|
| Soro en posición apical | <b>-0.8135</b> | -0.1843       | 0.0565  | 0.1392  |
| Soro en toda la pinnula | 0.6773         | -0.0836       | 0.2188  | 0.3902  |
| Soros marginales        | -0.6919        | -0.2253       | 0.1395  | 0.0743  |
| Soros costales          | 0.0149         | <b>0.7798</b> | -0.3915 | -0.0672 |
| Soro en el centro       | 0.6197         | -0.5676       | 0.2708  | 0.0057  |
| Soros por pinnula       | 0.3927         | 0.3976        | 0.4450  | 0.3686  |

Para poder analizar la diversidad de las formaciones y abundancia de las especies estudiadas en estos análisis, se realizó el siguiente cuadro (cuadro XI), que permite observar claramente que la Formación Tecomazúchil al contener ocho de las diez especies fértiles encontradas, es por mucho la más diversa. Mientras que, las formaciones Zorrillo, Rosario y la localidad Cañada del ajo (dos, una y una especie respectivamente) son las menos diversas en cuanto a especies fértiles. Con lo que respecta a la abundancia, la morfoespecie fértil 6 destaca por ser la única en contener 12 individuos y estar presente en la Formación Zorrillo y en la localidad Cañada del ajo (11 y un individuos respectivamente). Por otra parte, la morfoespecie fértil 8 y *Gonatosorus nathorstii* con dos individuos cada una y las morfoespecies fértiles 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 9 con un individuo cada una, son las menos abundantes (Fig.12).

Cuadro XI. Diversidad y abundancia de los helechos fértiles presentes en las formaciones Jurásicas de la región Mixteca. Gn: *Gonatosorus nathorstii*.

| <b>Formación y Localidad</b> | <b>F1</b> | <b>F2</b> | <b>F3</b> | <b>F4</b> | <b>F5</b> | <b>F6</b> | <b>F7</b> | <b>F8</b> | <b>F9</b> | <b>Gn</b> |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tecomazúchil                 | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 0         | 0         | 2         | 1         | 1         |
| Rosario                      | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         |
| Zorrillo                     | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 11        | 1         | 0         | 0         | 0         |
| Cañada del ajo               | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 1         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>Total</b>                 | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 12        | 1         | 2         | 1         | 2         |

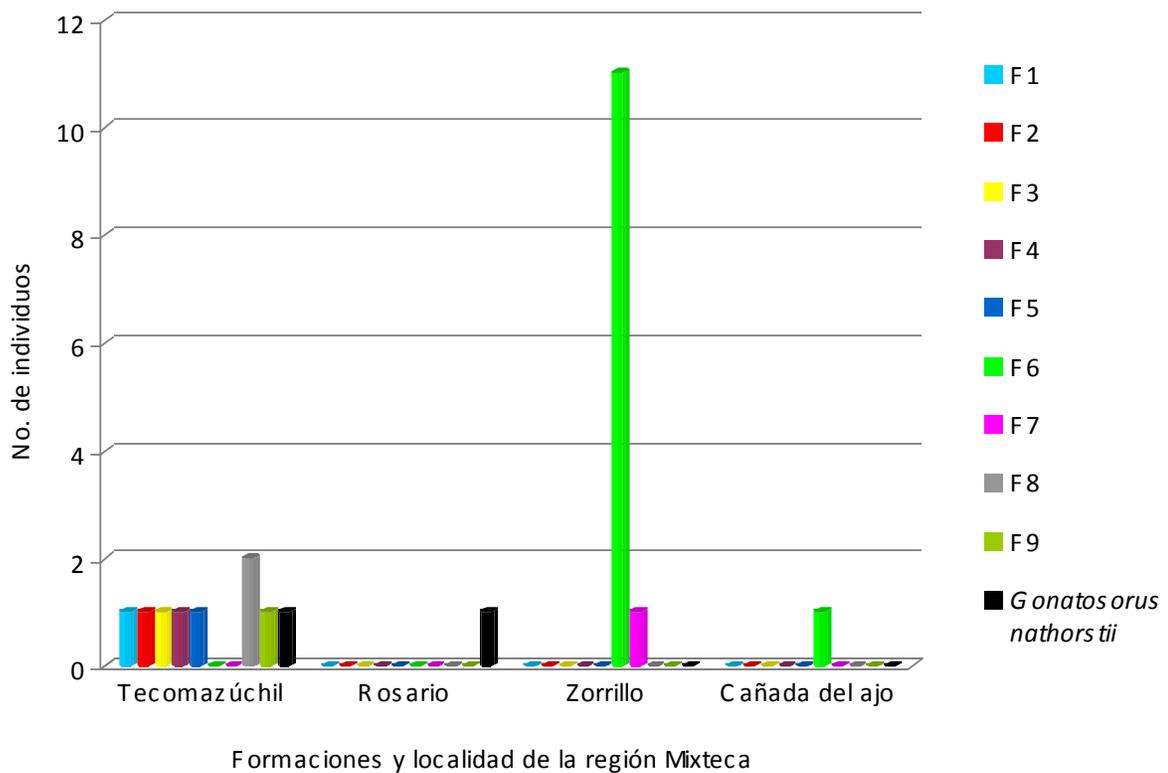


Figura 12. Gráfica de la diversidad y abundancia de los helechos fértiles presentes en las formaciones Jurásicas de la región Mixteca. De forma horizontal al grafico, se observa la diversidad de cada Formación y de forma vertical, la abundancia de individuos por morfoespecie o especies presente en cada una de las Formaciones.

## 7.2 Helechos estériles

La base de datos multiestado de los helechos estériles esta constituida por 33 estados de carácter y 59 OTU's (apéndice III), de las cuales 48 son ejemplares de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca (cuadro VII) y 11 pertenecen a las especies reportadas en la bibliografía (cuadro VIII).

Como resultado del análisis de Agrupamiento se estableció la similitud de las OTU's, utilizando el coeficiente de similitud (Distancia Taxonómica Promedio), posteriormente estas se agruparon con el método de agrupamiento UPGMA el cual creo un solo fenograma (Fig. 13) que genero 11 grupos, de las cuales ocho pertenecen a morfoespecies estériles (E) y tres

a las especies descritas en la bibliografía. A continuación se desglosa cada uno de estos grupos.

**Como OTU's independientes se encuentran las morfoespecies estériles 1, 4, 6 y 7 que corresponden a los ejemplares CFZ-Tz32, CFZ-Tz70(1), CFZ-Z2 y CFZ-Tz124 respectivamente, que al presentar una baja similitud (entre 0.885 y 1.297) con las demás OTU's, se separan completamente de estas.**

Así mismo, este análisis generó seis grupos, el primero de ellos y con la menor similitud (más de 0.475) es la morfoespecie estéril 3 que incluye a los ejemplares CFZ-Tz128, CFZ-Tz138 y CFZ-Tz129. El segundo grupo está formado por la morfoespecie estéril 5, que es la más abundante y con 0.475 de similitud, está conformada por los ejemplares CFZ-T15, CFZ-T31, CFZ-Z62, CFZ-T3, CFZ-T80, CFZ-Z64, CFZ-Z103, CFZ-T30, CFZ-T1, CFZ-Z54(2), CFZ-Z55, CFZ-Z22(1), CFZ-Z71, CFZ-Z72(1), CFZ-Z23(+), CFZ-T110, CFZ-Z59, CFZ-Z42, CFZ-T67, CFZ-T17, CFZ-Z67(+), CFZ-Z23(-)(1) y CFZ-Z29. Dentro de esta morfoespecie, se agrupan dos núcleos, el primero de ellos es el de los ejemplares CFZ-Z9 y CFZ-Z22(2) y el segundo es el de CFZ-Z19 y CFZ-Z23(-)(2). Cabe mencionar, que debido a que la similitud que presenta esta morfoespecie es poca, es aconsejable incluir en trabajos posteriores más caracteres que permitan delimitar la agrupación o separación de estos ejemplares.

El tercer grupo es el de *Cladophlebis exilliformis* que está integrado por los ejemplares CFZ-Tz71(+), CFZ-Z69, CFZ-Z88 y CFZ-T120, estos tres últimos presentan mayor similitud (0.205) con respecto a la especie descrita. El cuarto grupo es el de *Piazopteris branneri* que con 0.34 de similitud, agrupa a los ejemplares CFZ-Tz53(-), CFZ-Z128, CFZ-R15 y CFZ-R40. El quinto grupo es la morfoespecie estéril 8, que está integrada por los ejemplares CFZ-Tz133(-) y CFZ-Tz135 con poco menos de 0.34 de similitud. Finalmente, con una similitud de 0.205 se encuentra *Sphenopteris geopperti* que contiene a los ejemplares CFZ-R130 y CFZ-R161.

Por último, el fenograma generó un solo núcleo formado por la morfoespecie estéril 2 con los ejemplares CFZ-Tz122 y CFZ-Tz150, que presentan la máxima similitud (0.07), por lo que, indudablemente son una misma especie.

El coeficiente cofenético para este análisis es de 0.98538, lo que permite inferir que la **agrupación de las OTU's no está dada de forma azarosa, además de corroborar la robustez de los caracteres.**

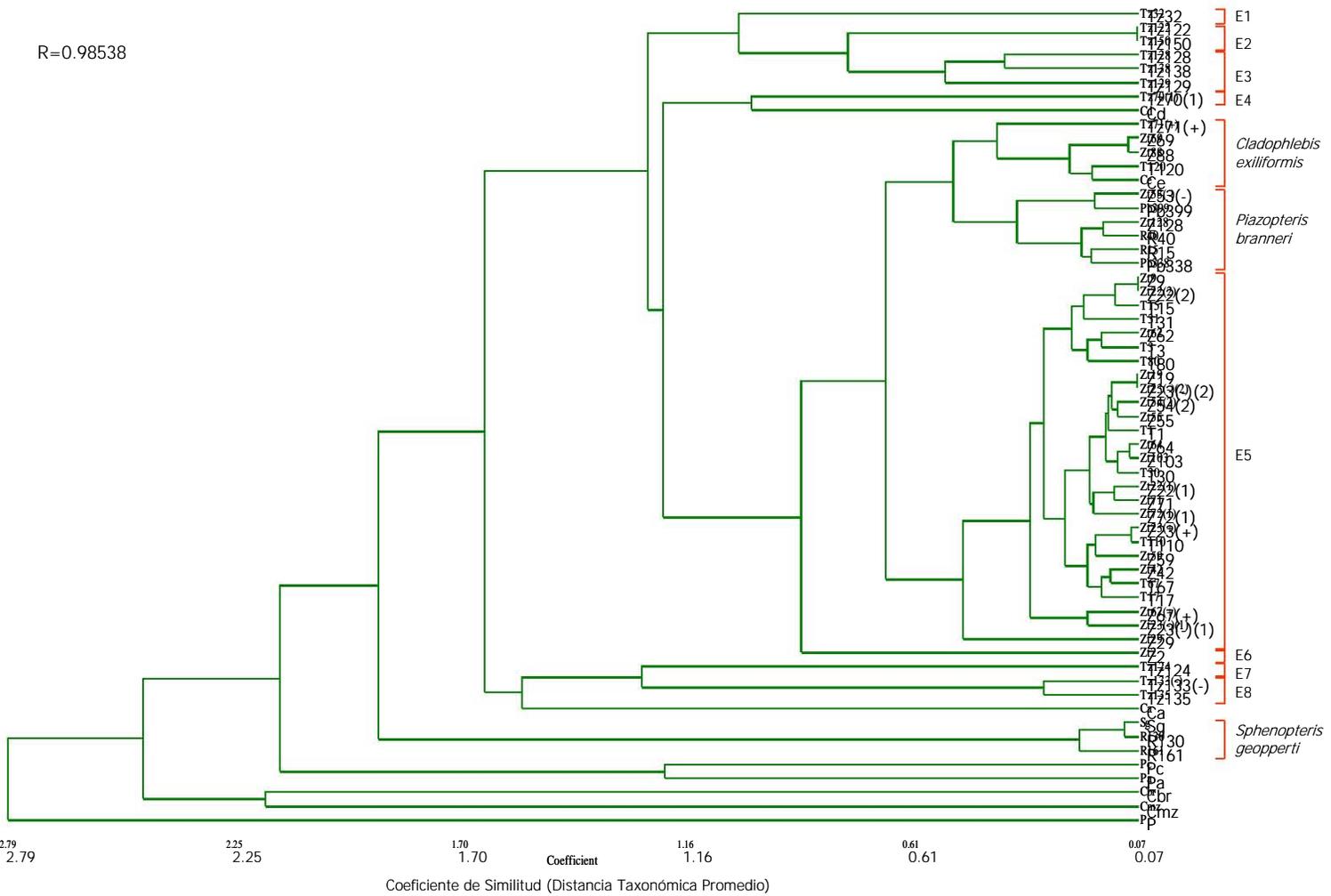


Figura 1.3. Fenograma de los helechos estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía. La inicial **E**, indica las diferentes morfoespecies estériles agrupadas.

La gráfica resultante del análisis de Componentes Principales (Fig. 14), en el cual se empleo el coeficiente de Correlación (Momento-producto de Pearson), genero diez de los 12 grupos del análisis de Agrupación, de los cuales ocho pertenecen a las morfoespecies estériles y dos a las especies descritas. Casi todas las morfoespecies estériles se agrupan exactamente igual que en el análisis anterior, por lo que en este apartado no son analizadas. A excepción de la morfoespecie estéril 5 (Fig. 15) que excluye al ejemplar CFZ-Z67(+). Finalmente, las especies que se encuentran agrupadas de la misma forma que en el análisis anterior, son *Cladophlebis exiliformis* y *Sphenopteris geopperti*.

La variación acumulada resultante de los Componentes Principales es del 54.4487% para el tercer componente (cuadro XII) lo que indica que los caracteres empleados son los **adecuados y que la agrupación de las OTU's no se dio de forma aleatoria. Por otra parte, los** caracteres responsables del acomodo (cuadro XIII) en el primer componente son la posición alterna de las pinnulas y el margen entero de éstas, así como la presencia o ausencia de estrías en el raquis. En el segundo componente son el ancho de las pinnas y la longitud de las pinnulas. Para el tercer componente los caracteres responsables son la venación reticulada, las frondas pinnadas, el ángulo de la pinna y la posición opuesta a subopuesta de las éstas.

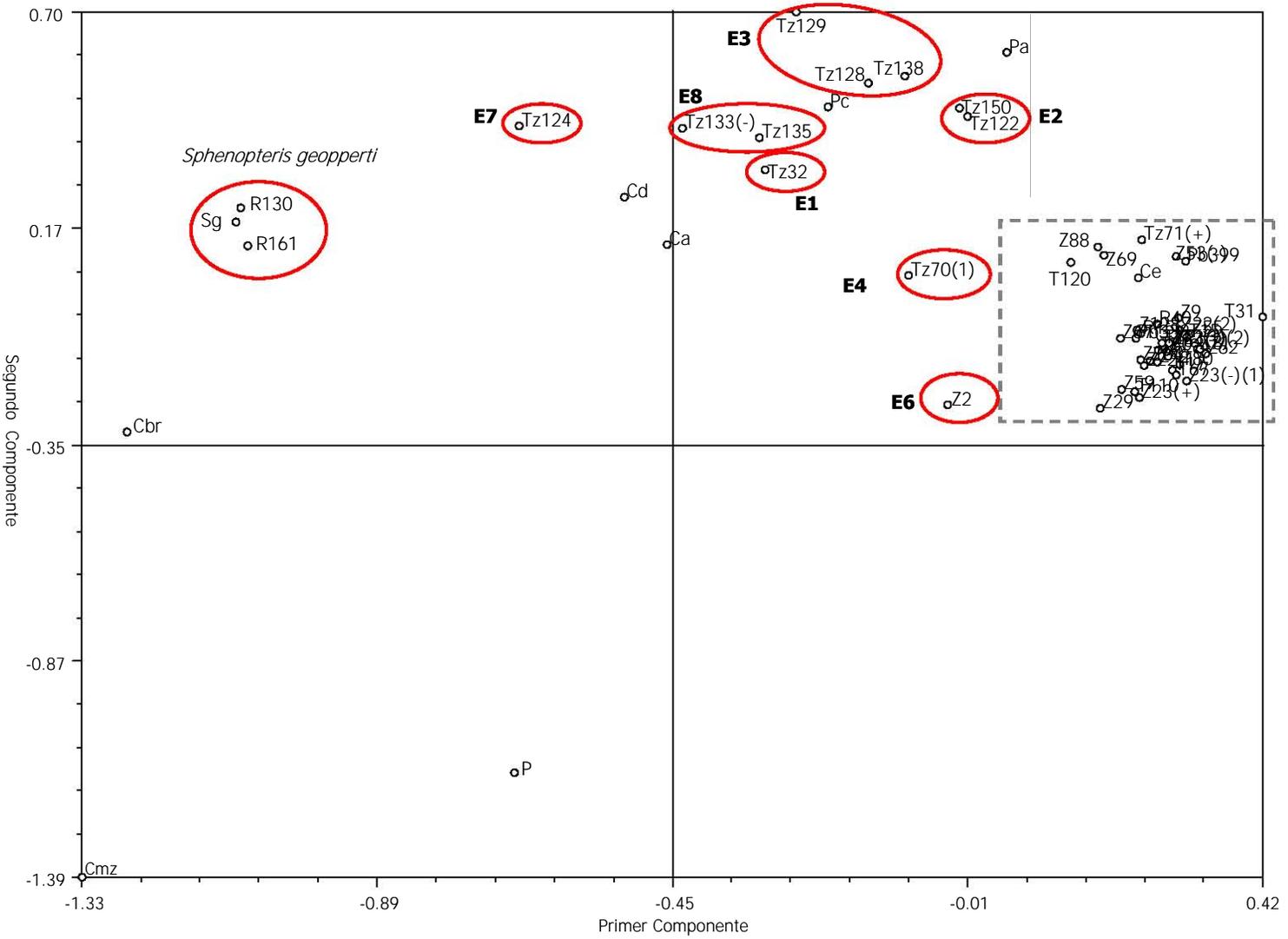


Figura 14. Gráfica del análisis de Componentes Principales de los ejemplares estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía. El cuadro punteado muestra la ampliación de esa zona en la siguiente gráfica. La inicial **E** y el círculo indican las diferentes morfoespecies estériles agrupadas.



Cuadro XII. Variación acumulada para cada uno de los componentes estériles. La acumulación de los porcentajes llega al 100% en el componente 11 (CP: Componente Principal).

| <b>CP</b> | <b>Eingen valor</b> | <b>Porcentaje de traza</b> | <b>Acumulación de porcentaje</b> |
|-----------|---------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1         | 7.59655390          | 23.0199                    | 23.0199                          |
| 2         | 5.58134743          | 16.9132                    | 39.9330                          |
| 3         | 4.79016572          | 14.5157                    | <b>54.4487</b>                   |
| 4         | 3.57438087          | 10.8315                    | 65.2801                          |
| 5         | 2.70519019          | 8.1975                     | 73.4777                          |
| 6         | 2.64147284          | 8.0045                     | 81.4822                          |
| 7         | 2.06530630          | 6.2585                     | 87.7407                          |
| 8         | 1.50599907          | 4.5636                     | 92.3043                          |
| 9         | 1.25869215          | 3.8142                     | 96.1185                          |
| 10        | 0.89386152          | 2.7087                     | 98.8272                          |
| 11        | 0.60569097          | 1.8354                     | > 100%                           |

Cuadro XIII. Estados de carácter responsables del acomodo de las OTU's estériles.

| <b>Estados de carácter</b> | <b>C1</b>     | <b>C2</b>      | <b>C3</b>     | <b>C4</b> |
|----------------------------|---------------|----------------|---------------|-----------|
| Primer orden               | 0.0138        | 0.2482         | <b>0.8637</b> | 0.0218    |
| Segundo orden              | 0.5410        | -0.2130        | -0.6155       | -0.4273   |
| Tercer orden               | -0.6815       | 0.0859         | 0.0060        | 0.4812    |
| Longitud de pinna          | -0.3330       | -0.6102        | 0.0922        | 0.1654    |
| Ancho de pinna             | -0.3989       | <b>-0.8260</b> | 0.0878        | -0.1704   |
| Longitud de pinnula        | -0.5409       | <b>-0.7059</b> | -0.0084       | -0.1732   |
| Ancho de pinnula           | -0.5444       | -0.6520        | -0.1170       | -0.0833   |
| Pinna opuesta              | -0.0503       | 0.0781         | -0.1340       | -0.4176   |
| Pinna alterna              | -0.4747       | 0.2333         | -0.6295       | 0.0925    |
| Pinna subopuesta           | 0.4314        | -0.4347        | 0.3086        | 0.1052    |
| Pinna opuesta-subopuesta   | 0.1436        | 0.2680         | <b>0.7350</b> | 0.0503    |
| Margen entero              | <b>0.7315</b> | 0.1015         | -0.1876       | -0.4833   |
| Margen cercenado           | -0.4832       | 0.1791         | 0.2524        | 0.5545    |

|                            |                |         |               |         |
|----------------------------|----------------|---------|---------------|---------|
| Margen lobulado            | -0.5491        | -0.4330 | -0.0479       | -0.0125 |
| Pinnatífida                | 0.4347         | 0.0271  | 0.0436        | 0.2336  |
| Pinnatisecta               | -0.4347        | -0.0271 | -0.0436       | -0.2336 |
| Raquis estriado            | <b>0.7040</b>  | 0.2028  | -0.0635       | 0.1241  |
| Raquis no estriado         | <b>-0.7040</b> | -0.2028 | 0.0635        | -0.1241 |
| Ápice redondeado           | 0.6854         | -0.4510 | 0.0862        | -0.1402 |
| Ápice agudo                | -0.6854        | 0.4510  | -0.0862       | 0.1402  |
| Angulo de pinna            | 0.3554         | -0.1242 | <b>0.7967</b> | 0.0846  |
| Angulo de pinnula          | 0.5127         | -0.5126 | -0.5900       | -0.0654 |
| Angulo de la venación 1°   | 0.6135         | -0.1531 | 0.4722        | -0.0510 |
| Angulo de la venación 2°   | 0.4331         | -0.3670 | -0.2838       | 0.6630  |
| Ancho del raquis           | -0.1988        | -0.9512 | 0.1285        | -0.0182 |
| Ancho del raquis 2°        | -0.1799        | -0.6156 | 0.2369        | -0.4229 |
| Venación libre             | -0.3799        | 0.4519  | -0.2399       | -0.6129 |
| Venación bifurcada         | 0.3853         | -0.4136 | -0.2998       | 0.6821  |
| Venación reticulada        | -0.0845        | -0.0171 | <b>0.8950</b> | -0.2448 |
| Pinnula opuesta            | -0.1999        | -0.2645 | 0.2101        | -0.5389 |
| Pinnula subopuesta         | 0.0976         | 0.3584  | -0.2748       | -0.3645 |
| Pinnula alterna            | <b>-0.7484</b> | 0.0885  | -0.1250       | 0.3353  |
| Pinnula opuesta-subopuesta | 0.4821         | -0.3812 | -0.1229       | 0.2830  |

En el siguiente cuadro (cuadro XIV) se muestra la diversidad de las formaciones, así como la abundancia de individuos por morfoespecies y especies descritas en este estudio. Se observa que la Formación Tecomazúchil es la más diversa con respecto a las morfoespecies, pues contiene a seis de las ocho presentes en la región Mixteca, la Formación Zorrillo y la localidad Cañada del ajo son las menos diversas pues albergan únicamente a dos y una morfoespecie estéril respectivamente, mientras que, la formación Rosario no cuenta con ninguna de estas. Con respecto a las especies descritas, las formaciones Zorrillo y Rosario son las más diversas pues contienen dos especies cada una, mientras que la Formación Tecomazúchil y la localidad Cañada del ajo son las menos diversas al contener solo una especie descrita. En resumen y al tomar en cuenta tanto a las morfoespecies como a las especies descritas, la Formación más diversa es la Tecomazúchil, seguida por la Zorrillo,

mientras que las menos diversas al contener sólo dos especies son la Formación Rosario y la localidad Cañada del ajo.

En contraste, la Formación Zorrillo y la localidad Cañada del ajo albergan a la morfoespecie 5 que es la más abundante de todas (Fig. 16), al contener 27 individuos. Mientras que, las especies menos abundantes son *Cladophlebis exiliformis* y *Piazopteris branneri* que contienen cuatro individuos cada una, seguidas por la morfoespecie 3 que presenta a tres individuos, posteriormente están *Sphenopteris geopperti* y las morfoespecies 2 y 8 que tienen dos individuos cada una. Finalmente, se encuentran las morfoespecies 1, 4, 6 y 7 que incluyen sólo a un individuo.

Cuadro XIV. Diversidad y abundancia de los helechos estériles presentes en las formaciones Jurásicas de la región Mixteca. Ce: *Cladophlebis exiliformis*, Pb: *Piazopteris branneri* y Sg: *Sphenopteris geopperti*.

| <b>Formación o<br/>Localidad</b> | <b>E1</b> | <b>E2</b> | <b>E3</b> | <b>E4</b> | <b>E5</b> | <b>E6</b> | <b>E7</b> | <b>E8</b> | <b>Ce</b> | <b>Pb</b> | <b>Sg</b> |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Tecomazúchil                     | 1         | 2         | 3         | 1         | 0         | 0         | 1         | 2         | 1         | 0         | 0         |
| Rosario                          | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 2         | 2         |
| Zorrillo                         | 0         | 0         | 0         | 0         | 18        | 1         | 0         | 0         | 2         | 2         | 0         |
| Cañada del ajo                   | 0         | 0         | 0         | 0         | 9         | 0         | 0         | 0         | 1         | 0         | 0         |
| <b>Total</b>                     | 1         | 2         | 3         | 1         | 27        | 1         | 1         | 2         | 4         | 4         | 2         |

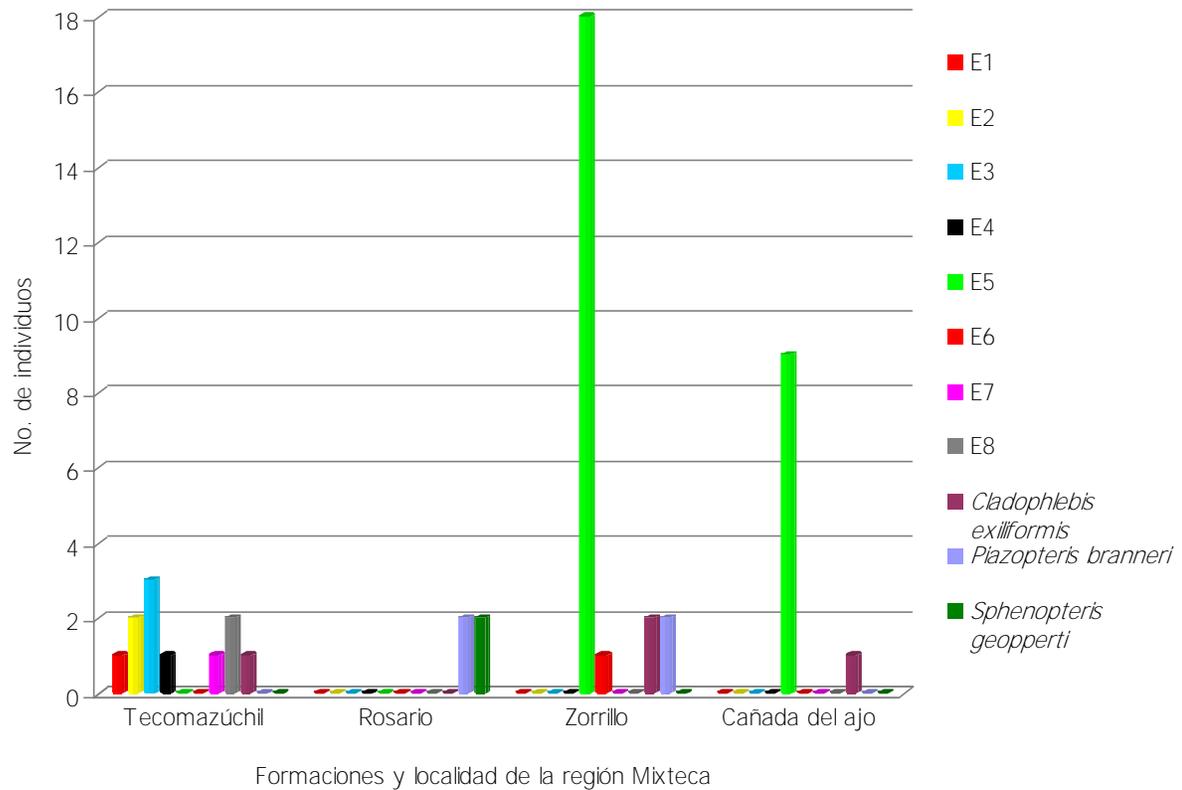


Figura 16. Gráfica de la diversidad y abundancia de los helechos estériles presentes en las formaciones Jurásicas de la región Mixteca. De forma horizontal al grafico, se observa la diversidad de cada Formación y de forma vertical, la abundancia de individuos por morfoespecie o especies presente en cada una de las Formaciones.

### 7.3 Helechos fértiles y estériles

La base de datos multiestado, comprende tanto a los helechos fértiles como a los estériles, esta constituida por 46 estados de carácter y 101 OTU's (apéndice IV), de las cuales 71 son ejemplares de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca (cuadro VII) y 30 pertenecen a las especies reportadas en la bibliografía (cuadro VIII).

Mediante un análisis de Agrupamiento, se estableció la similitud de las OTU's utilizando el coeficiente de similitud (Distancia Taxonómica Promedio), posteriormente, estas se agruparon con el método de agrupamiento UPGMA el cual genero un solo fenograma (Fig. 17), que formo 16 grupos, de los cuales 12 son morfoespecies (M) y cuatro son especies descritas. A continuación se desglosa cada uno de estos grupos.

A un bajo nivel de similitud (entre 0.72 y 1.14) se encuentran aisladas las morfoespecies 1 (**E1**), 2 (**F3**), 5 (**F2**), 10 (**F1**), 11 (**F9**) y 12 (**E7**) representadas por los ejemplares CFZ-Tz32, CFZ-Tz52, CFZ-Tz152, CFZ-Tz39(+), CFZ-Tz44 y CFZ-Tz124 respectivamente.

Asimismo se formaron diez grupos, los cuales se presentan de menor a mayor similitud. El primero de ellos es la morfoespecie 3 (**F8 y E3**) que presenta una similitud de 0.58 y esta formada por CFZ-Tz114, CFZ-Tz128, CFZ-Tz149, CFZ-Tz138 y CFZ-Tz129, el segundo grupo es la morfoespecie 7 (**F6 y E5**), es la más abundante de todas y presenta una similitud de más de 0.3, esta compuesta por los ejemplares CFZ-Z1, CFZ-T1, CFZ-Z64, CFZ-T30, CFZ-Z3, CFZ-Z19, CFZ-Z23(-)(2), CFZ-Z70, CFZ-Z54(2), CFZ-Z55, CFZ-T13, CFZ-Z32, CFZ-Z103, CFZ-Z54(1), CFZ-T67, CFZ-Z62, CFZ-Z18, CFZ-Z72(1), CFZ-Z22(1), CFZ-Z57, CFZ-Z71, CFZ-T3, CFZ-Z23(+), CFZ-T110, CFZ-Z127, CFZ-Z59, CFZ-Z42, CFZ-T17, CFZ-Z5(+), CFZ-Z9, CFZ-Z22(2), CFZ-T15, CFZ-T31, CFZ-T80, CFZ-Z20(-), CFZ-Z23(-)(1), CFZ-Z27, CFZ-Z67(+) y CFZ-Z29.

Los siguientes ocho grupos presentan una similitud aproximadamente de 0.3. El tercer grupo es la morfoespecie 6 (**F4 y E4**) incluye a los ejemplares CFZ-Tz70(1) y CFZ-Tz120(-), el cuarto grupo es *Piazopteris branneri* que contiene a CFZ-Tz53(-), CFZ-Z128, CFZ-R15 y CFZ-R40, el quinto grupo es la morfoespecie 9 (**E8**) que presentan a CFZ-Tz133(-) y CFZ-Tz135, el sexto grupo es *Cladophlebis exilliformis* (**F5**) con CFZ-Tz71, CFZ-Tz71(+), CFZ-Z69, CFZ-Z88 y CFZ-T120, de ésta especie los dos primeros ejemplares forman el único núcleo del fenograma, por lo que su similitud es la misma (0.02). El séptimo grupo es la morfoespecie 8 (**F7 y E6**) con CFZ-Z2 y CFZ-Z44 y el octavo grupo es *Gonatosorus nathorstii* que incluye a CFZ-Tz151(-) y CFZ-R32. El noveno grupo presenta una similitud de mas de 0.16 y esta formado por *Sphenopteris geopperti* con los ejemplares CFZ-R130 y CFZR161. Finalmente el décimo grupo, con más de 0.02 de similitud, es la morfoespecie 4 (**E2**) que contiene a los ejemplares CFZ-Tz122 y CFZ-Tz150.

El coeficiente cofenético de este análisis es de 0.97529, lo que indica que los caracteres **empleados en la agrupación de las OTU's son los adecuados y que esta** no se dio de forma azarosa. Además, indica una buena representación de la matriz de similitud por parte del fenograma.

El análisis de Componentes Principales se realizo con el coeficiente de Correlación (Momento-producto de Pearson) el cual genero una gráfica (Fig. 18) que mantiene tres de

los cuatro grupos descritos y únicamente excluye a *Piazopteris branneri* por presentar una mayor distancia entre cada individuo. Además, agrupa ocho de las doce morfoespecies del análisis anterior, las cuales son las morfoespecies 1, 2, 5, 7 (Fig. 19), 9, 10, 11 y 12. Debido a que presentan la misma agrupación que en el análisis de Agrupamiento, no se describen en esta sección, a excepción de *Gonatosorus nathorstii* y la morfoespecie 7 que incluyen, además de los ejemplares mencionados anteriormente, a los ejemplares CFZ-Tz120(-) y Pb338, CFZ-Z128, CFZ-R15, CFZ-R40 y CFZ-Z44 respectivamente.

Esto es debido a que presentan caracteres similares que los colocan con distancias cortas entre ellos, pero al mismo tiempo presentan caracteres que les permiten diferenciarse uno de otro. Para el caso de *G. nathorstii* los caracteres que los separan son la posición de la pinna subopuesta, pinnulas opuestas a subopuestas y la presencia de un solo soro por pinnula, con respecto a las pinnas alternas, pinnulas subopuestas y la presencia de ocho soros por pinnula del ejemplar CFZ-Tz120(-). En el segundo caso, los caracteres que difieren son la posición opuesta y subopuesta de las pinnulas de la morfoespecie 7 con respecto a la posición subopuesta de las pinnulas de los ejemplares mencionados, además de la variación de los caracteres cuantitativos.

Este análisis demuestra que son los primeros cuatro componentes los que agrupan el 53.2294% de la variación acumulada (cuadro XV), valores que si bien son bajos, indican la existencia de variación morfológica entre los ejemplares.

Durante el Análisis de Componentes Principales los caracteres tienen cierto peso en el **acomodo de las OTU's, por lo que, los caracteres responsables de este acomodo (cuadro XVI)** en el primer componente son los soros en posición apical, el ángulo de la venación secundaria, el ancho de los soros y el margen lobulado. En el segundo componente los caracteres responsables son los soros costales y la forma de estos, ya sea elongados o redondos y finalmente el tercer componente esta dado por el numero de soros por pinnula y la división de primer orden (pinnada) de la fronda.

Con base en lo anterior, solo cuatro especies descritas (*Gonatosorus nathorstii*, *Cladophlebis exilliformis*, *Piazopteris branneri* y *Sphenopteris geopperti*) de las 30 incluidas en éste análisis, se agrupan con los ejemplares de las formaciones Jurásicas de México. Además, se proponen 12 morfoespecies nuevas para la región Mixteca (apéndice IV), de las cuales cuatro incluyen tanto ejemplares fértiles como estériles (morfoespecie 3, 6, 7 y 8) y tres solamente ejemplares fértiles (morfoespecie 2, 5, 10 y 11).

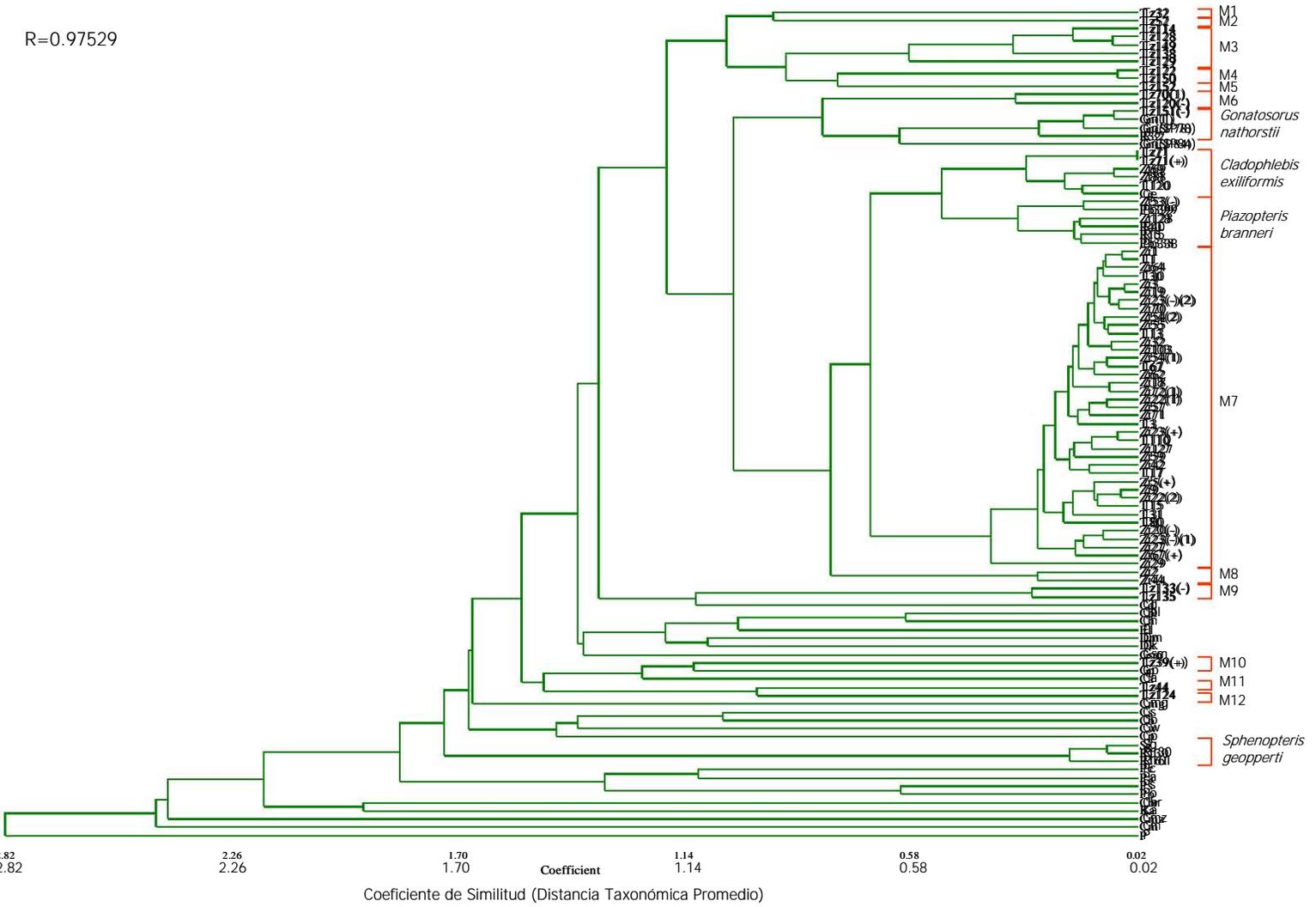


Figura 17. Fenograma de los helechos fértiles y estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía. La inicial **M**, indica las diferentes morfoespecies fértiles y estériles agrupadas.

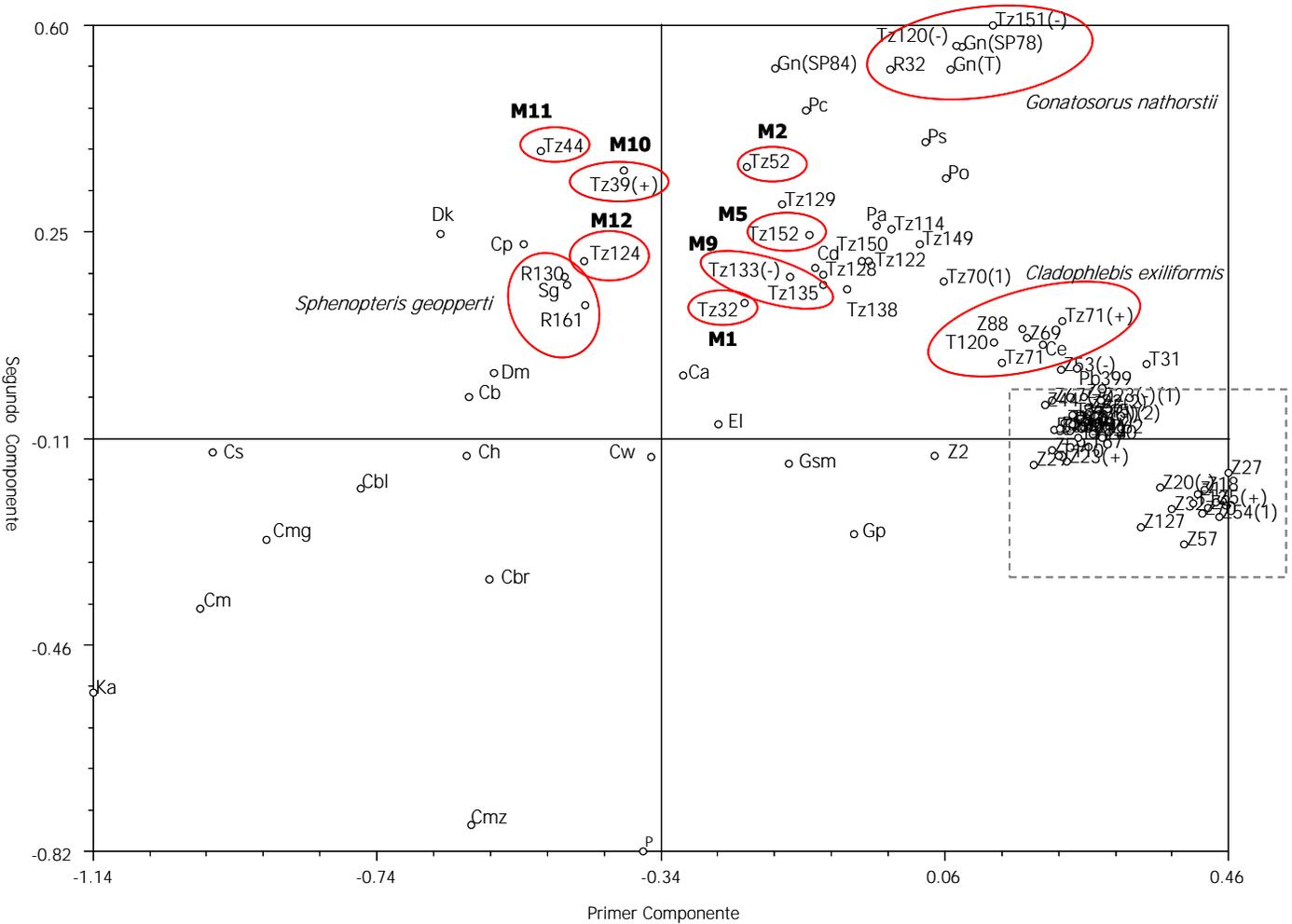
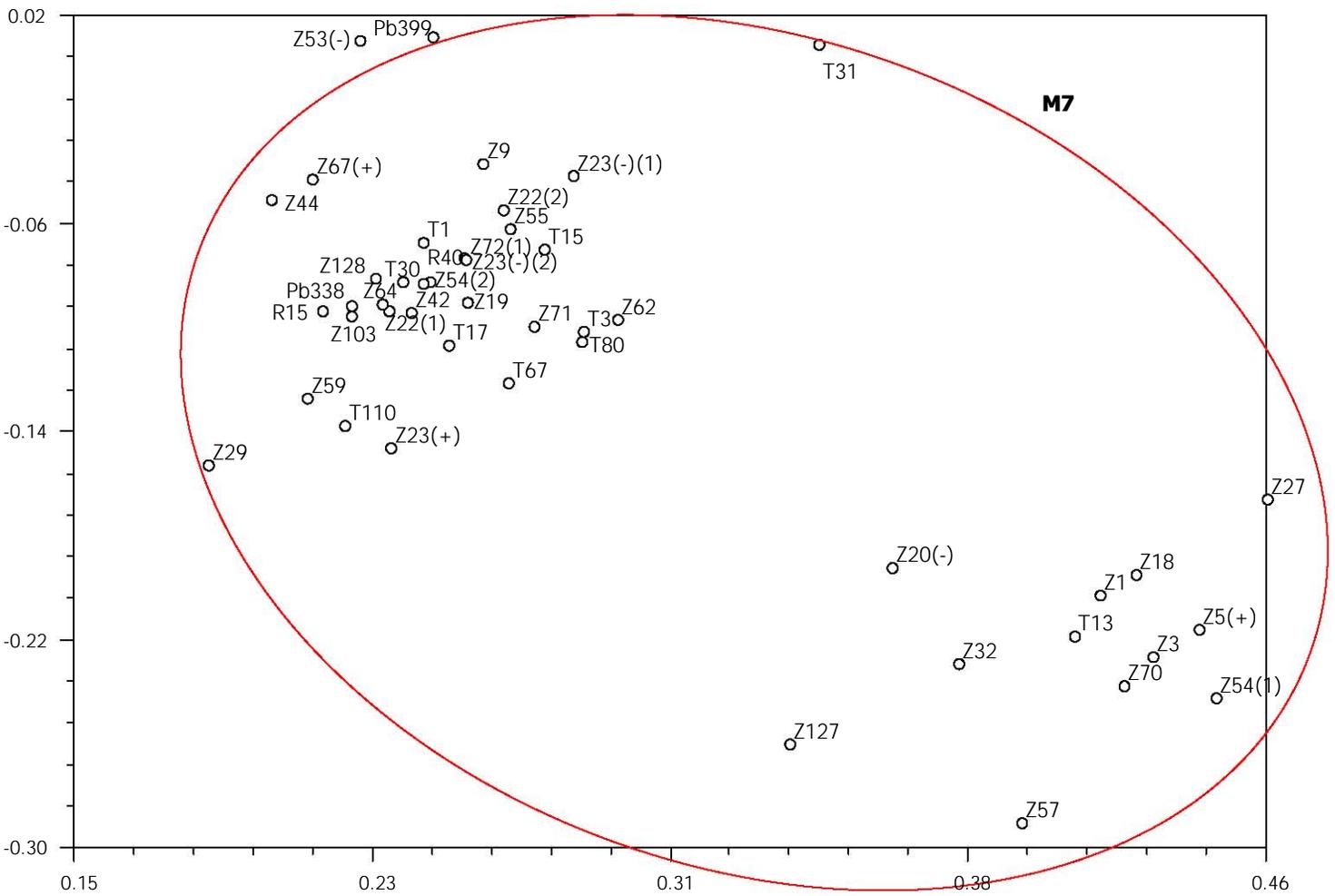


Figura 18. Gráfica del análisis de Componentes Principales de los ejemplares fértiles y estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía. El cuadro punteado muestra la ampliación de esa zona en la siguiente gráfica. La inicial **M** y el círculo rojo indican las diferentes morfoespecies y especies fértiles y estériles agrupadas.

Figura 19. Ampliación de la gráfica del análisis de Componentes Principales de los ejemplares fértiles y estériles de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca y de las especies reportadas en la bibliografía.



Cuadro XV. Variación acumulada para cada uno de los componentes fértiles y estériles. La acumulación de los porcentajes llega al 100% en el componente 18 (CP: Componente Principal).

| <b>CP</b> | <b>Eigen valor</b> | <b>Porcentaje de trazas</b> | <b>Acumulación de porcentaje</b> |
|-----------|--------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1         | 9.84886816         | 21.4106                     | 21.4106                          |
| 2         | 6.04266964         | 13.1362                     | 34.5468                          |
| 3         | 4.83025009         | 10.5005                     | 45.0474                          |
| 4         | 3.76375830         | 8.1821                      | <b>53.2294</b>                   |
| 5         | 3.22115351         | 7.0025                      | 60.2320                          |
| 6         | 2.75293436         | 5.9846                      | 66.2166                          |
| 7         | 2.30911862         | 5.0198                      | 71.2364                          |
| 8         | 2.00173960         | 4.3516                      | 75.5880                          |
| 9         | 1.81282818         | 3.9409                      | 79.5290                          |
| 10        | 1.60434974         | 3.4877                      | 83.0167                          |
| 11        | 1.54901699         | 3.3674                      | 86.3841                          |
| 12        | 1.28726070         | 2.7984                      | 89.1825                          |
| 13        | 1.12452727         | 2.4446                      | 91.6271                          |
| 14        | 1.05529727         | 2.2941                      | 93.9212                          |
| 15        | 0.92178034         | 2.0039                      | 95.9251                          |
| 16        | 0.79663530         | 1.7318                      | 97.6569                          |
| 17        | 0.73018477         | 1.5874                      | 99.2443                          |
| 18        | 0.53897415         | 1.1717                      | > 100%                           |

Tabla XVI. Estados de carácter responsables del acomodo de las OTU's fértiles y estériles.

| <b>Estados de carácter</b> | <b>C1</b> | <b>C2</b> | <b>C3</b>     | <b>C4</b> |
|----------------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|
| Primer orden               | 0.0345    | 0.2383    | <b>0.7149</b> | 0.0858    |
| Segundo orden              | 0.4447    | -0.0093   | -0.6807       | -0.3120   |
| Tercer orden               | -0.4868   | -0.1071   | 0.3124        | 0.3333    |
| Cuarto orden               | -0.2407   | -0.1350   | -0.0150       | -0.0730   |
| Longitud de pinna          | -0.4212   | -0.4607   | 0.1374        | 0.4443    |
| Ancho de pinna             | -0.2983   | -0.5597   | 0.0661        | 0.4525    |

|                           |                |                |         |         |
|---------------------------|----------------|----------------|---------|---------|
| Longitud de pínula        | -0.0381        | -0.5666        | -0.2183 | 0.3127  |
| Ancho de pínula           | -0.2449        | -0.5219        | -0.3349 | 0.2304  |
| Pinna opuesta             | 0.0096         | 0.0202         | 0.4420  | -0.4244 |
| Pinna alterna             | -0.2521        | 0.0572         | -0.5149 | -0.1369 |
| Pinna subopuesta          | 0.3350         | 0.0374         | 0.0422  | 0.3725  |
| Pinna opuesta-alterna     | -0.2735        | -0.1932        | -0.0867 | -0.0539 |
| Pinna opuesta-subopuesta  | 0.0613         | -0.0480        | 0.2934  | 0.2388  |
| Margen entero             | 0.6800         | -0.1828        | 0.0887  | -0.3685 |
| Margen cercenado          | -0.1136        | 0.6147         | -0.1658 | 0.5027  |
| Margen lobulado           | <b>-0.7067</b> | -0.3104        | 0.0475  | -0.0083 |
| Pinnatífida               | 0.4498         | 0.0518         | 0.0235  | 0.1721  |
| Pinnatisecta              | -0.4498        | -0.0518        | -0.0235 | -0.1721 |
| Raquis estriado           | 0.6752         | 0.1152         | 0.2270  | 0.0982  |
| Raquis no estriado        | -0.6752        | -0.1152        | -0.2270 | -0.0982 |
| Ápice redondeado          | 0.3879         | -0.1408        | -0.6536 | 0.0360  |
| Ápice agudo               | -0.3879        | 0.1408         | 0.6536  | -0.0360 |
| Angulo de pinna           | 0.5142         | 0.2464         | 0.5547  | 0.4639  |
| Angulo de pínula          | 0.6155         | -0.4791        | -0.4439 | -0.1512 |
| Angulo de la venación 1°  | 0.4003         | -0.4397        | 0.3055  | 0.0603  |
| Angulo de la venación 2°  | <b>0.7698</b>  | -0.2923        | -0.1635 | 0.2276  |
| Ancho del raquis          | -0.3032        | -0.6542        | 0.2082  | 0.3770  |
| Ancho del raquis 2°       | -0.1220        | -0.6524        | -0.0685 | 0.0904  |
| Venación libre            | -0.6541        | 0.1169         | -0.0603 | -0.4004 |
| Venación bifurcada        | 0.6917         | -0.1518        | 0.0173  | 0.3240  |
| Venación reticulada       | -0.1516        | 0.1062         | 0.0685  | 0.1343  |
| Pínula opuesta            | -0.3943        | -0.1959        | -0.0885 | -0.2547 |
| Pínula subopuesta         | 0.0588         | 0.1977         | 0.0362  | -0.5386 |
| Pínula alterna            | -0.4730        | 0.0518         | -0.1155 | 0.2519  |
| Pínula opuesta-subopuesta | 0.4983         | -0.1578        | -0.1899 | 0.3938  |
| Soro elongados            | -0.1263        | <b>0.7138</b>  | -0.5373 | 0.2128  |
| Soro redondo              | 0.1263         | <b>-0.7138</b> | 0.5373  | -0.2128 |
| Longitud de soro          | -0.6734        | 0.0546         | 0.0083  | 0.1802  |

|                         |                |               |               |         |
|-------------------------|----------------|---------------|---------------|---------|
| Ancho de soro           | <b>-0.7033</b> | -0.0114       | 0.2878        | 0.2505  |
| Soro en posición basal  | 0.0048         | 0.5126        | -0.1834       | 0.6189  |
| Soro en posición apical | <b>-0.8043</b> | -0.2399       | -0.0525       | -0.1501 |
| Soro en toda la pinnula | 0.6944         | -0.1603       | 0.1987        | -0.3345 |
| Soros marginales        | -0.6744        | -0.3101       | -0.0264       | -0.1987 |
| Soro costales           | -0.0119        | <b>0.8909</b> | 0.1093        | 0.0735  |
| Soro en el centro       | 0.6311         | -0.6049       | -0.0702       | 0.1061  |
| Soros por pinnula       | 0.3942         | 0.1165        | <b>0.7275</b> | -0.2498 |

---

Con base en el análisis de Agrupamiento se generó el siguiente cuadro (cuadro XVII), el cual señala que morfoespecies y especies descritas están presentes en cada Formación y localidad, así como el número de individuos por morfoespecie y especie descrita para dichas formaciones. Con ello se puede deducir que la Formación Tecomazúchil es la más diversa con respecto a las morfoespecies, pues alberga a diez de las 12 presentes en la región Mixteca. Mientras que la Formación Zorrillo y la localidad Cañada del ajo son las menos diversas pues únicamente albergan a dos y una morfoespecie respectivamente. La Formación Rosario no contiene a ninguna morfoespecie, sin embargo, con respecto a las especies descritas, es de las más diversas junto con las formaciones Tecomazúchil y Zorrillo, albergando a seis, siete y seis especies respectivamente. Por otra parte, la localidad Cañada del ajo sólo presenta dos especies descritas, con lo que la diversidad no es significativa.

En conclusión y al tomar en cuenta tanto las morfoespecies como las especies descritas, la formación más diversa es la de Tecomazúchil con 17 especies en total, es decir, con el 80.95% de éstas, seguida por Formación Zorrillo con ocho especies o el 38.09%, Formación Rosario con seis o el 28.57% y finalmente la localidad Cañada del ajo con tres especies, lo que representa el 14.28% de las especies.

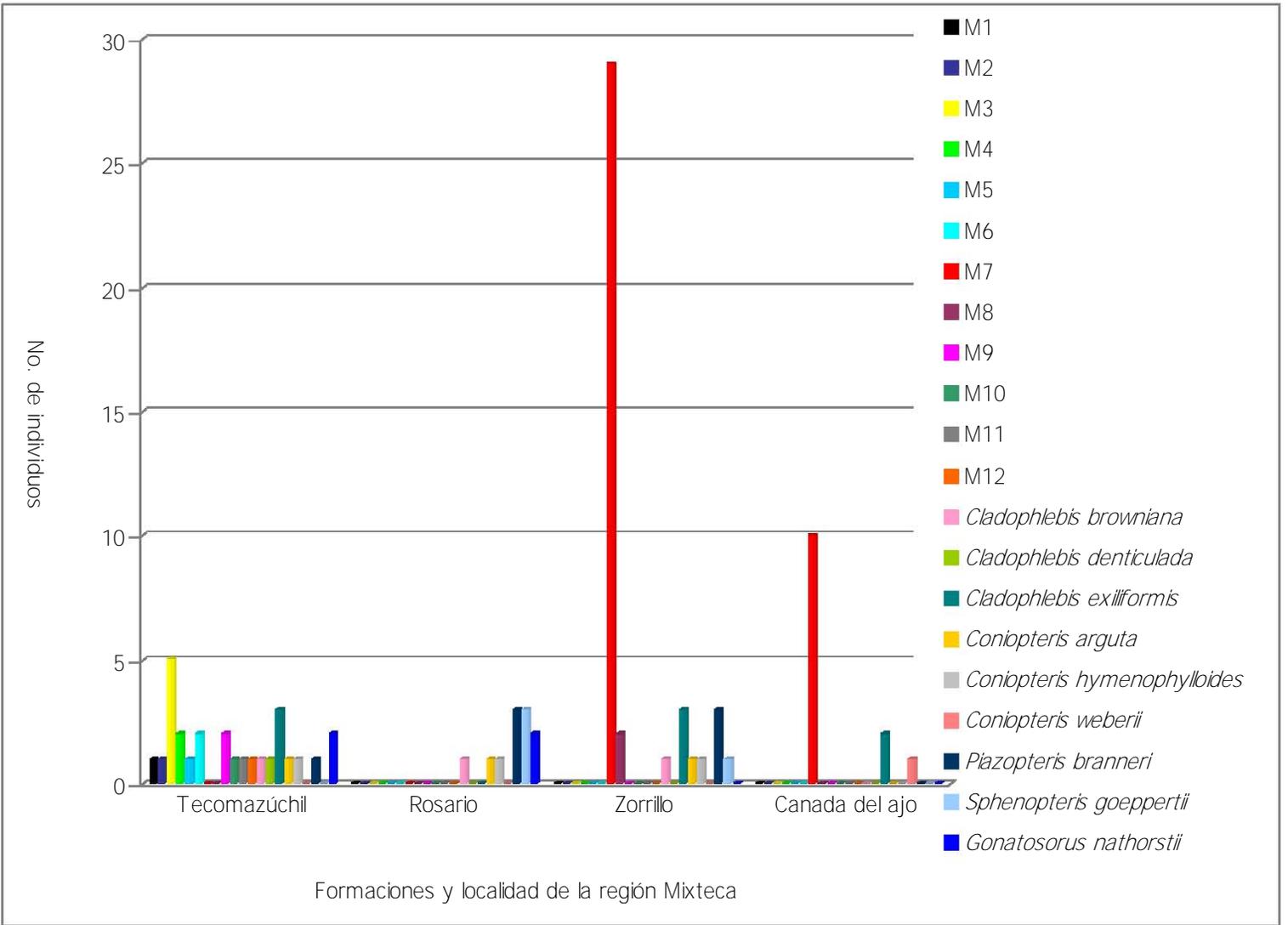
Con respecto a la abundancia (Fig. 20) se observa claramente que la morfoespecie 7 al incluir a 39 individuos, es por mucho la más abundante de todas, seguida por *Cladophlebis exiliformis* con ocho individuos y *Piazopteris branneri* con siete, posteriormente se encuentra la morfoespecie 3 con cinco individuos y *Gonatosorus nathorstii* y *Sphenopteris geopperti* con cuatro individuos cada una. Con menor abundancia se encuentran *Cladophlebis browniana*, *Coniopteris arguta*, *Coniopteris hymenophylloides*, *Cladophlebis denticulada*, *Coniopteris*

*weberii*, las morfoespecies 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 y 12 con menos de tres individuos cada una.

Cuadro XVII. Diversidad y abundancia de los helechos fértiles y estériles presentes en las formaciones Jurásicas de la región Mixteca. Tz: Tecomazúchil, R: Rosario, Z: Zorrillo y T: Cañada del ajo.

| <b>Especies y morfoespecies</b>     | <b>Tz</b> | <b>R</b> | <b>Z</b> | <b>T</b> |
|-------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|
| <i>Cladophlebis browniana</i>       | 1         | 1        | 1        | 0        |
| <i>Cladophlebis denticulada</i>     | 1         | 0        | 0        | 0        |
| <i>Cladophlebis exiliformis</i>     | 3         | 0        | 3        | 2        |
| <i>Coniopteris arguta</i>           | 1         | 1        | 1        | 0        |
| <i>Coniopteris hymenophylloides</i> | 1         | 1        | 1        | 0        |
| <i>Coniopteris weberii</i>          | 0         | 0        | 0        | 1        |
| <i>Piazopteris branneri</i>         | 1         | 3        | 3        | 0        |
| <i>Sphenopteris goeppertii</i>      | 0         | 3        | 1        | 0        |
| <i>Gonatosorus nathorstii</i>       | 2         | 2        | 0        | 0        |
| M1                                  | 1         | 0        | 0        | 0        |
| M2                                  | 1         | 0        | 0        | 0        |
| M3                                  | 5         | 0        | 0        | 0        |
| M4                                  | 2         | 0        | 0        | 0        |
| M5                                  | 1         | 0        | 0        | 0        |
| M6                                  | 2         | 0        | 0        | 0        |
| M7                                  | 0         | 0        | 29       | 10       |
| M8                                  | 0         | 0        | 2        | 0        |
| M9                                  | 2         | 0        | 0        | 0        |
| M10                                 | 1         | 0        | 0        | 0        |
| M11                                 | 1         | 0        | 0        | 0        |
| M12                                 | 1         | 0        | 0        | 0        |

Figura 20. Gráfica de la diversidad y abundancia de los helechos fértiles y estériles presentes en las formaciones Jurásicas de la región Mixteca. De forma horizontal al gráfico, se observa la diversidad de cada Formación y de forma vertical la abundancia de individuos por morfoespecie o especies presente en cada una de ellas.



## 7.4 Muestras del Microscopio de Barrido Electrónico

Los siguientes resultados corresponden a las muestras tomadas de los ejemplares y que fueron tratadas con diferentes técnicas (cuadro VI) para la observación de alguna estructura reproductiva o bien algún tejido preservado en el fósil.

### Muestra 1

Ejemplar CFZ-T24: debido a la fragilidad de las cutículas de los helechos (Fig. 21), no fue posible la extracción de éstas, así como tampoco la obtención de alguna otra estructura. A pesar de que se redujo el tiempo de exposición al ácido fluorhídrico de dos horas y media a una hora y la concentración de este en la técnica, no se pudieron obtener cutículas de helechos, las resultantes pertenecen a las pinnas de bennettitales depositadas entre los estratos de la roca.

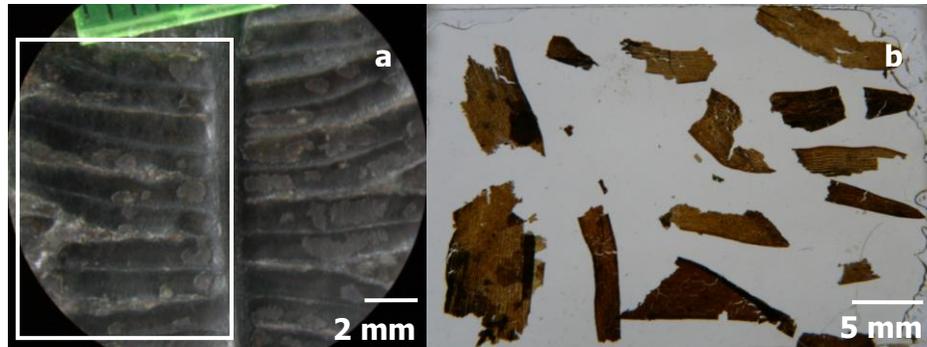


Figura 21. Ejemplar CFZ-T24, muestra 1. a. El recuadro señala la parte que se fragmento del ejemplar. b. Cutículas de bennettitales que se encontraron dentro de los estratos de la roca perteneciente al ejemplar.

### Muestra 2

Ejemplar CFZ-Tz149: después de aplicada la técnica de peel de acetato de celulosa y su observación en el MEB, se encontró únicamente una espora trilete de 10  $\mu\text{m}$  de diámetro, con forma redondeada, ornamentación moderadamente rugosa y lesura trirrasgada (Fig. 22). Según Van Konijnenburg-Van Cittert (1989; 1993) y Harris (1961), por su tamaño no se asemejan a las familias Matoniaceae (22 a 68  $\mu\text{m}$ ) y Dicksoniaceae (33 a 76  $\mu\text{m}$ ) ya que sus

rangos son mayores al diámetro de la espora analizada. Por otro lado, Tryon y Lugardon (1990) mencionan que los representantes vivos de la familia Gleicheniaceae se caracterizan por presentar protuberancias cerca de la lesura, en la figura 18b se pueden observar las protuberancias que refieren los autores anteriores, lo que indica su posible inclusión en ésta familia.

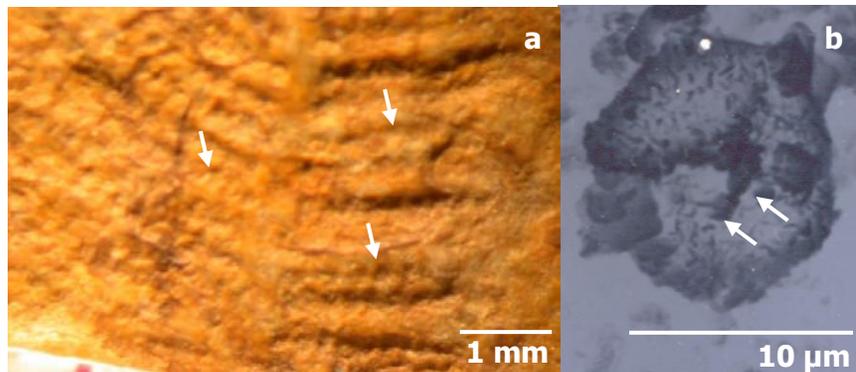


Figura 22. Ejemplar CFZ-Tz149, muestra 2. a. Oquedades dejadas por los soros y dispuestas a lo largo de la pinnula. b. Espora trilete, las flechas señalan las protuberancias de la lesura.

### Muestra 3

Ejemplar CFZ-Tz114: no se encontró ninguna espora ni esporangio perteneciente a este ejemplar, pues el sedimento arrastrado con la técnica de peel, no permitió la observación de alguna estructura (Fig. 23).

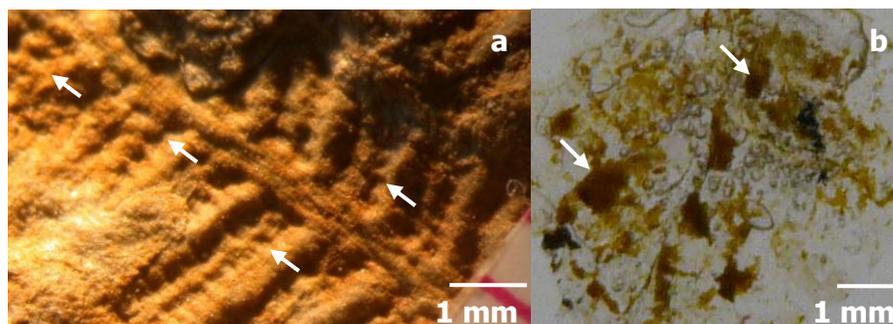


Figura 23. Ejemplar CFZ-Tz114, muestra 3. a. Soros dispuestos a lo largo de la pinula. b. Sedimento arrastrado por la técnica de peel.

#### Muestra 4

Ejemplar CFZ-R32 (*Gonatosorus nathorstii*): al igual que en la muestra anterior, no se obtuvieron resultados, debido a que la técnica de peel con la cinta de poliéster arrastro gran parte de la arenisca e impidió observar con detalle algún tipo de estructura (Fig. 24).

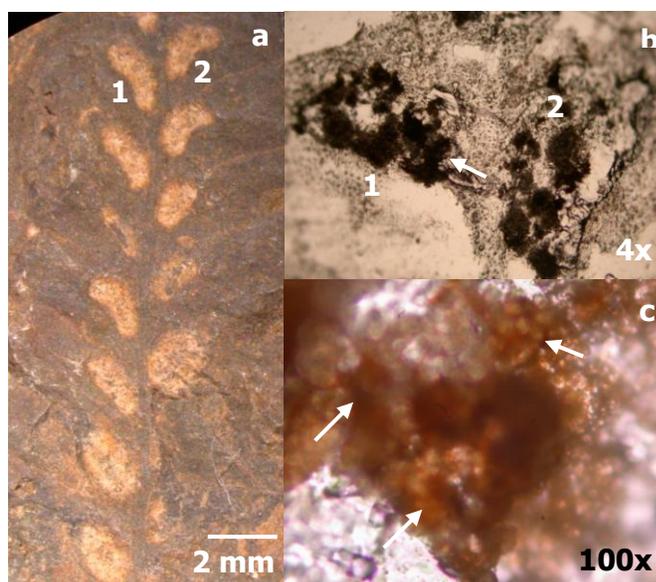


Figura 24. Ejemplar CFZ-R32, muestra 4, *Gonatosorus nathorstii*. a. A los soros 1 y 2 se les aplico la técnica de peel. b. Material de los dos soros extraídos de la pinna, la flecha indica el esporangio que se observo en el MEB. c. Se muestra lo que pudiera ser una espora, pero la arenisca extraída con esta técnica (señalada con las flechas) impidió su completa observación.

#### Muestra 5

Ejemplar CFZ-R32 (*Gonatosorus nathorstii*): el análisis de este ejemplar en el microscopio óptico permitió la observación de por lo menos tres esporas triletes con forma triangular a triangular redondeada, lesura trirrsgada, fuertemente marcada, presenta ornamentación suavemente granular (Fig. 25). La observación en el MEB distinguió parte de un esporangio de aproximadamente 30  $\mu\text{m}$  de diámetro, en el cual se aprecian moderadamente los anillos de éste (Fig. 25d).

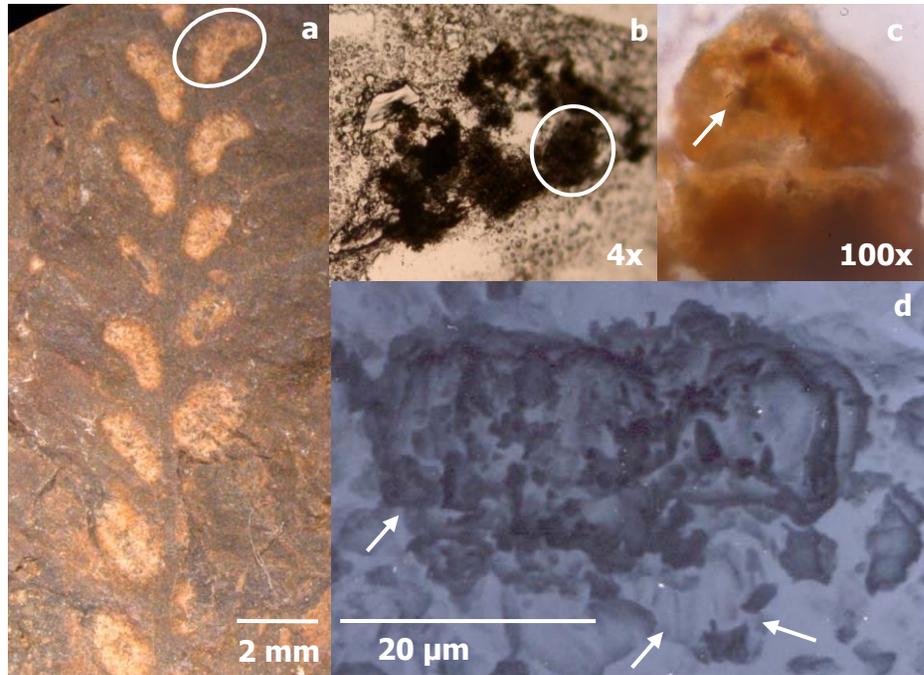


Figura 25. Ejemplar CFZ-R32, muestra 5, *Gonatosorus nathorstii*. a. Fragmento de pinna en el cual se observaron las impresiones dejadas por los soros en cada pinnula, el círculo señala el punto de obtención de la muestra. b. Soro obtenido mediante la técnica de cinta de poliéster, se observa un aglomerado que pudieran ser esporangios agrupados, el círculo señala el lugar del que se tomo la siguiente muestra. c. Probable espora trilete observada en el microscopio óptico. d. Fragmento de un esporangio observado en el MEB, las flechas señalan parte del anillo.

#### Muestra 6 y 7

Ejemplares CFZ-Tz151(-) y CFZ-R32 (*Gonatosorus nathorstii*): la muestra se analizó en el MEB. Se observaron fragmentos de esporangios que tienen aproximadamente 30  $\mu\text{m}$  de longitud, en los cuales se aprecia parte de los anillos (Fig. 26a y c). La figura 26b muestra una espora trilete encontrada en la muestra, presenta forma redondeada a triangular, la ornamentación es casi lisa con moderadas oquedades a lo largo de toda la espóra, la lesura trirradiada fuertemente marcada y presenta un diámetro de aproximadamente de 10  $\mu\text{m}$ .

Los ejemplares analizados se agrupan con *Gonatosorus nathorstii*, perteneciente a la familia Dicksoniaceae, tomando en cuenta los análisis de Agrupamiento y Componentes

Principales aplicados a estas OTU's. Además, Tryon y Lugardon (1990), mencionan que esta familia presenta una apertura trirrascada, tal y como se encuentra en dichos ejemplares, lo que permite la inclusión de éstos en la familia y sobre todo en dicha especie, a pesar de que el tamaño de las esporas para Dicksoniaceae varía de 33 a 76  $\mu\text{m}$ .

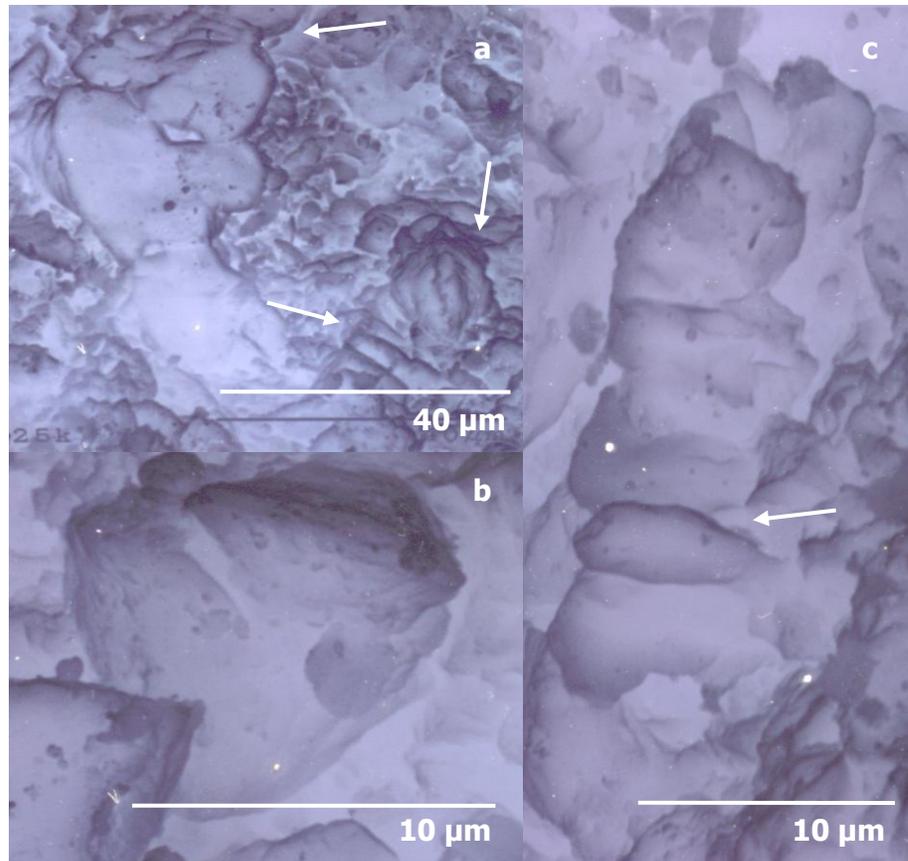


Figura 26. Ejemplares CFZ-Tz151(-) y CFZ-R32, muestras 6 y 7, *Gonatosorus nathorstii*.  
a. Fragmentos de esporangios, en los cuales se señalan los anillos. b. Espora trilete. c.  
Anillo.

## VIII. CONCLUSIONES

Los valores de la variación acumulada del análisis de Agrupamiento, indican la existencia de variación morfológica entre los ejemplares y a pesar de que en dos de los análisis es baja, **esto no implica que la agrupación de las OTU's se halla dado de forma azarosa**, ni que la robustez de los caracteres no sea la adecuada para dicha agrupación. Además, el coeficiente cofenético generado de los tres análisis de agrupación confirma lo antes dicho.

De las especies reportadas incluidas en este análisis únicamente *Cladophlebis exilliformis*, *Gonatosorus nathorstii*, *Piazopteris branneri* y *Sphenopteris geopperti* se agruparon con los ejemplares de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca, con lo que las 12 morfoespecies generadas de los análisis, son especies no reportadas para la zona, lo que incrementa ampliamente la diversidad de dichas formaciones. Cabe mencionar, que de las especies reportadas de las familias Matoniaceae, Dicksoniaceae y Gleicheniaceae del Jurásico de Colombia, Estados Unidos e Inglaterra, sólo *Cladophlebis exilliformis* perteneciente a Colombia, se agrupó con los ejemplares en estudio, mientras que las otras tres especies mencionadas arriba pertenecen al Jurásico de México.

El análisis de Componentes Principales de las tres bases de datos, permitió observar **que el acomodo de las OTU's esta dado principalmente por los estados de carácter de los soros**, caracteres importantes en la determinación taxonómica. Cabe mencionar, que el análisis de la base de datos de ambos tipos de helechos, permitió corroborar el mismo acomodo de los ejemplares que en los análisis de las bases de datos de los helechos fértiles y estériles por separado

El análisis de las estructuras reproductoras de los helechos, permite concluir que, a pesar de que en el análisis de Agrupamiento *Gonatosorus nathorstii* y los ejemplares CFZ-Tz151(-) y CFZ-R32 no presentan una similitud exacta entre ellos, la morfología de sus esporas es tan similar que permite que se agrupen como la misma especie, perteneciente a la familia Dicksoniaceae.

Por otra parte, la espora encontrada del ejemplar CFZ-Tz149, no se asemeja a las esporas de las familias Matoniaceae y Dicksoniaceae, debido al pequeño tamaño que presenta, pero por su morfología muestra cierta semejanza con la familia viviente de Gleicheniaceae. Además, este ejemplar está incluido en la morfoespecie 3, que contiene cinco ejemplares de las formaciones Jurásicas de la región Mixteca, que están relacionados probablemente a esta familia. Finalmente, se sugiere que en trabajos posteriores se incluyan más especies fósiles representantes de esta familia, con el fin de completar la taxonomía de la región Mixteca.

La mayor diversidad se encuentra en la Formación Tecomazúchil, lo que indica, que probablemente esta zona contenía las condiciones adecuadas para el establecimiento y desarrollo de las mismas. Mientras que la menos diversa es la localidad Cañada del ajo, pero que alberga, a la morfoespecie 7 que es la más abundante de todas, esto probablemente se debió a que las condiciones ambientales de dicha Formación eran específicas, por lo que no todas las especies se pudieron establecer y mucho menos desarrollar. Sin embargo, la morfoespecie 7, se adaptó a esas condiciones ambientales, y permitió su amplia distribución.

Con respecto al tipo de roca, las formaciones Tecomazúchil, Rosario y Zorrillo contienen lutita, sedimento fino que permitió un buen proceso de fosilización de las estructuras. Además, esta última Formación también contiene lutita carbonosa, al igual que la localidad Cañada del ajo, sedimento que para formarse requiere de una mayor presión lo que conlleva a la pérdida de agua de la materia orgánica, con lo que el proceso de fosilización no es el adecuado. Probablemente por esta razón la localidad Cañada del ajo no es la más diversa, pero sí la más abundante, pues las hojas de los helechos presentes en dicha localidad fueron más resistentes a la pérdida de agua, es decir presentan pinnulas más coriáceas.

Finalmente y con base en los dos análisis (Agrupación y Componentes Principales) aplicados a las tres matrices de datos de helechos fértiles, estériles y ambos, se proponen 12 morfoespecies nuevas para la región Mixteca, de las cuales por lo menos ocho incluyen ejemplares fértiles y estériles, por lo que presentan los caracteres morfológicos necesarios en la determinación taxonómica de este grupo, al confirmar que indudablemente son morfoespecies nuevas para la región.

## IX. LITERATURA CITADA

- Adame, J. 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, D. F. 50 pp.
- Aguilar, 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, D. F. 144 pp.
- Alencaster De Cserna, G. 1963. Pelecípodos del Jurásico Medio del Noroeste de Oaxaca y Noroeste de Guerrero. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. *Paleontología Mexicana* **15**:52
- Andrews, H. N. y E. Boureau. 1970. Classe de Leptosporangiopsida. En: E. Boureau (ed.). Filicophyta, *Traité de Paléobotanique IV(1)*, Masson et Cie, Éditeurs. Paris. pp. 17-406.
- Ángeles, F. R. 2009. El genero *Brachyphyllum*, en el Mesozoico de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 60 pp.
- Aramberri-Reyna, G. y A. Silva-Pineda. 1987. Flora Fósil de la región de Yucuquimi, Oaxaca (Formación Rosario). *Sociedad Mexicana de Paleontología* **1(1)**:55-74.
- Ash, S. R. 1969. Fern from the Chinle Formation (upper Triassic) in the fort Wingate area, New Mexico. *Contributions to Paleontology* :1-50.
- \_\_\_\_\_. 1972a. Upper Triassic Dokum flora of eastern New Mexico and Texas: New Mexico *Geol. Soc., 23 Field Conf. Guidebook*. pp. 124-128.
- Benavides, M. E. 1978. Estudios Geológicos del Municipio de Cualac, Edo. de Guerrero. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Arquitectura, Instituto Politecnico Nacional. México, D. F.
- Böhnell, H. 1999. Paleomagnetic study of Jurassic and Cretaceous rocks from the Mixteca Terrane (Mexico). En: Lomnitz, C. (ed.). *Earth sciences in Mexico; some recent perspectives*. Journal of South American Earth Sciences, 12. Oxford. pp. 545-556.
- Burckhardt, K. 1927. Cefalópodos del Jurásico Medio de Oaxaca y Guerrero. Instituto Geológico de México **47**: 106.

- \_\_\_\_\_. 1930. Etude systématique sur le Mesozoïque mexicain. *Mémoires de la Société Paléontologique Suisse* **49-50**: 279.
- Carrasco-Ramírez, R. S. 1981. Geología jurásica del área de Tlaxiaco, Mixteca Alta, Oaxaca. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Chaloner, W. G. 1970. The rise of the first land plants. *Review Biology* **45**:357-377.
- Corsin, P. y M. Waterlot. 1977. Paleobiogeography of the Dipteridaceae and Matoniaceae of the Mesozoic. *IV International Gondwana Symposium*. pp. 51-70.
- Crabtree, D.R. 1988. Mid-Cretaceous ferns in situ from the Albino member of the Mowry Shale, southwestern Montana. *Palaeontographica* **209**:1-27.
- Crisci, J. V. y A. López. 1983. Introducción a la Teoría y Taxonomía Numérica. Ed. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 132 pp.
- Cronquist, A. 1986. Botánica básica. Ed. Continental. México, D. F. 318 pp.
- Dávalos-Álvarez, O. G. 2006. Evolución tectónica Cenozoica en la porción norte de la falla de Oaxaca. Tesis de Maestría. Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Juriquilla. 122 pp.
- Delevoryas, T. 1968. Jurassic Paleobotany in Oaxaca. *Geological Society of America, Guidebook for the 1968. Annual Meetings*. Mexico City **7**:10-14.
- \_\_\_\_\_. 1969. Glossopterid leaves from the Middle Jurassic of Oaxaca, Mexico. *Science* **165**: 895-896.
- \_\_\_\_\_. 1982. A new *Coniopteris* from the Middle Jurassic of Tecamatlán, Puebla, Mexico. *Phyta, Studies on Living & Fossil Plants, Part Comm* **1**:71-77.
- Delevoryas, T. y R. E. Gould. 1971. An unusual fossil fructification from the Jurassic of Oaxaca, Mexico. *American Journal Botany* **58: (7)**: 616-620.
- \_\_\_\_\_. 1973. Investigations of North American cycadeoids; *Williamsonian* cones from the Jurassic of Oaxaca, Mexico. *Review of Paleobotany and Palynology* **15**: 27-42.
- Delevoryas, T. y C. P. Person. 1975. *Mexiglossa varia* Gen. et. sp. nov., A new genus of glossopteroid leaves from the Jurassic of Oaxaca, Mexico. *Palaeontographica* Abt. B. **154**: 114-120.
- Deng, S. H. 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.
- Díaz-Pedrosa, A. 1994. Localidades continentales que han aportado plantas fósiles en México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 44 pp.
- Dobruskina, I. A. 1994. Triassic Floras of Eurasia. *Oesterr. Akad. Wiss. Schriftenr. Erdwiss. Komm* **10**: 422.
- Dorf, E. 1970. Paleobotanical evidence of Mesozoic and Cenozoic climatic changes: Chicago, 1969. *North American Paleontological Convention, Proc.* pp. 323-346.
- Erben, H.K., 1954. Nuevos datos sobre el Liasico de Huayacocotla, Veracruz. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* **17**: 31-40.
- Erben, H. K. 1956a. El Jurásico Medio y el Calloviano de México. México, D.F. En: Congreso Geológico Internacional 20, Monografía. 393 pp.
- Erben, H. K. 1956b. Estratigrafía a lo largo de la carretera entre México, D.F. y Tlaxiaco, Oaxaca, con particular referencia a ciertas áreas de los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca. En: Maldonado-Koerdell (ed.). Estratigrafía y Paleontología del Mesozoico de la Cuenca Sedimentaria de Oaxaca y Guerrero, especialmente del Jurásico Inferior y Medio, XX Congreso Geológico Internacional, Excursión A-12. México, D.F. 11-36.
- Flores de Dios, G. y B. E. Buitron. 1982. Revisión y aportes a la estratigrafía de la Montaña de Guerrero. Universidad Autónoma de Guerrero **12**:1-28.
- Fullers, H., Z. Carothers, W. Paine y M. Balbach. 1974. Botánica. 5° ed. Ed. Interamericana. México, D. F. 408 pp.
- Gensel, P. G. 1980. Devonian *in situ* spores: A survey and discussion. *Review of Paleobotany and Palynology* **30**:101-132.
- Givulescu, R., T. Neagu y O. Dragastan. 1986. *Matonnidium goeppertii* Schenk in der Oberen Kreide der Inneren Flysch Zone der Ostkarpaten Rumaniens. *Acta Paleobotanica* **26(1, 2)**: 29-32.
- González-Gallardo, S. 1987. Estado actual del conocimiento de plantas fósiles superiores de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 121 pp.

- Grimaldo, A. J. 2010. Análisis estratigráfico de las secuencias Jurásicas de la región de Ayuquila-Santiago Chilixtlahuaca, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 98 pp.
- Guzmán, J. E. J. 1950. Geología del Noroeste de Gro. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros **1(1)**:
- Hall, J. W., 1965. Remains of a Cretaceous member of the Matoniaceae. American Journal Botanical **52(6)**: 638-639.
- Harris, T. M. 1961. The Yorkshire Jurassic flora, Thallophyta-Pteridophyta Trustees of the British Museum (Natural History), Londres. pp 140-179.
- Herbst, R. 1972. *Gleichenites potrerillensis* n. sp. del Triásico Medio de Mendoza (Argentina), con comentarios sobre las Gleicheniaceae fósiles de Argentina. *Ameghiniana* **9**: 17-22.
- Imlay, R. W. 1953. Las formaciones Jurásicas de México. *Boletín de la Sociedad Geológica de México* **16(1)**:1-66
- Jenny, H. 1933. Geological Reconnaissance Survey of the Northeast part of Guerrero. *Informe de Geólogos Petróleos Mexicanos*. Inédito.
- Jiménez-Rentería, J. y J. Rueda-Gaxiola. 2002. Reestructuración de los grupos Consuelo y Tecocoyunca (*sensu* Jorge Jiménez-Rentería), con base en el estudio palinoestratigráfico de las formaciones Conglomerado Prieto y Conglomerado Cualac de la Cañada de Rosario Nuevo, Tezoatlán, Oaxaca. pp. 166. En: XVI Convención Geológica Nacional, III Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, Libro de Resúmenes, Puerto Vallarta, Jalisco. Del 4-8 Noviembre de 2002.
- Kouwenberg, L. R., R. Hines y J. C. McElwain. 2007. A new transfer technique to extract and process thin and fragmented fossil cuticle using polyester overlays. *Review of Paleobotany and Palynology* **145(3-4)**: 243-248.
- Lemoigne, Y. 1984. Données nouvelles sur la paléoflore de Colombia. *Geobios* **17**: 667-690.
- Martínez-Bermúdez, J. 1957. Geología de las zonas Tezoatlán-Consuelo y Mixtepec. En: La Cuenca Carbonífera de la Mixteca. Banco de México, S.A. Departamento de investigaciones industriales.
- Mendoza-Rosales. T. A. 2002. Gasterópodos del Jurásico-Cretácico de Santiago Chilixtlahuaca, en la región de Huajuapán de León, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 79 pp.

- Morales-Lara, A. y A. Silva-Pineda. 1996. Flórmula jurásica de una nueva localidad en la región de San Miguelito, Oaxaca. *Sociedad Geológica Mexicana, Bol., t. LII*. **3 y 4**: 31-41.
- Morán-Zenteno, D. J. 1987. Paleogeografía y paleomagnetismo del Terreno Mixteco. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 177 pp.
- Morán-Zenteno, D. J., C. I. Caballero-Miranda, G. Silva-Romo, B. Ortega-Guerrero y E. Gonzalez-Torres. 1993. Jurassic-Cretaceous paleogeographic evolution of the northern Mixteca terrane, southern Mexico. *Geofísica Internacional* **32(3)**:453-473.
- 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, Libro de Resúmenes. Mendoza.
- Ortega-Gutiérrez, F., R. L. Sedlock y R. C. Speed. 1994. Phanerozoic tectonic evolution of Mexico. En: Speed, R.C. (ed.). Phanerozoic evolution of north American continental-ocean transitions: Boulder Colorado. Geological Society of America. DNAG Continent-Ocean Transect Volume.
- Person, C. P. 1976. The Middle Jurassic flora of Oaxaca, Mexico. Tesis de Doctorado. The University of Texas, Austin. 145 pp.
- \_\_\_\_\_ y T. Delevoryas. 1982. The Middle Jurassic flora of Oaxaca, México. *Paleontographica* **180**:82-119.
- Petróleos Mexicanos (PEMEX). 1988. Estratigrafía de la República Mexicana, Mesozoico: México, D.F. Subdirección de Producción Primaria, Coordinación ejecutiva de Exploración, Informe inédito. 216 pp.
- Rege, R. 1921. Note su alcuni del carbonifero della Cina. *Societa Italiana Sci. Nat. Atti* **59**:183-196.
- Rothwell, G.W. 1996. Phylogenetic relationships of ferns: a palaeobotanical perspective. En: Camus, J.M., Gibby, M. y Johns, R.J. (eds.). Pteridology in Perspective. Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 395-404.
- Saenz, de R.C. 1978. Polen y esporas, Introducción a la Palinología y Vocabulario palinológico. Ed. H. Blume. Madrid. pp. 61-62.
- Schulze-Schreiber, C.H. 1988. Análisis estratigráfico y metalogenético del estado de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 220 pp.

- Skog, J. E. y D. L. Dilcher. 1994. Lower vascular plants of the Dakota Formation in Kansas and Nebraska. USA. *Review of Paleobotany and Palynology* **80**:1-18.
- Silva-Pineda, A. 1970. Plantas fósiles del Jurásico Medio de la región de Tezoatlan, Oaxaca. *Society of Geology Mexicana*. Excursión México-Oaxaca. pp. 129-153.
- \_\_\_\_\_. 1978a. Paleobotánica del Jurásico de México. *Paleontología Mexicana* **44**: 1-16.
- \_\_\_\_\_. 1978b. Plantas del Jurásico Medio del Sur de Puebla y noreste de Oaxaca. *Paleontología Mexicana* **44**: 30-35.
- \_\_\_\_\_. 1984. Revisión taxonómica y tipificación de las plantas jurasicas colectadas y estudiadas por Wieland (1914) en la región del consuelo Oaxaca. *Paleontología Mexicana* **49**:1-103.
- \_\_\_\_\_. 1990. Flora fósil del Jurásico Medio de la región de Chalcatongo, en el suroeste del estado de Oaxaca. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología* **2(2)**:7-15.
- \_\_\_\_\_ y B. E. Buitrón. 1998. Paleontología de México, Plantas Vasculares Fósiles. División de Ingeniería de Ciencias de la tierra, Departamento de Geología del Petróleo y Geohidrología. 93 pp.
- \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_. 2000. Paleontología de México: Plantas vasculares fósiles. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 125 pp.
- \_\_\_\_\_, M. P. Velasco de León y R. Rodríguez Becerra. 2007. Tafonomía de plantas Jurásicas de Oaxaca y Puebla, México. En: III Simposio Argentino Jurásico, Libro de Resúmenes. Mendoza.
- Sneath, P. H. A. y R. R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification. Freeman. San Francisco, Ca. XV. 573 pp.
- Smith, G. 1995. Cryptogamic Botany. Vol. II. Bryophytes and Pteridophytes. McGraw-Hill. Tokyo. 399 pp
- Thomas, B. A. 1985. Pteridophyte success and past biota – a paleobotanist's approach. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* **86B**: 423-430.
- Tidwell, W. D. y H. Nishida. 1993. A new fossilized tree fern stem, *Nishidacaulis burgii* gen. et sp. nov., from Nebraska, South Dakota, USA. *Review of Paleobotany and Palynology* **78**:55-67.
- \_\_\_\_\_ y S. R. Ash. 1994. A review of selected Triassic to Early Cretaceous Fern. *Journal of Plant Research* **107**:417-442.

- Tryon, R. M. y A. F. Tryon. 1982. Ferns and Allied Plants with Sporical Reference to Tropical America, Springer-Verlag, New York.
- Tryon, A. F. y B. Lugardon. 1990. Spores of the Pteridophyta. Surface, wall structure, and diversity based on Electron Microscope studies. Ed. Springer-Verlag. New York. 648 pp.
- Vakhrameev, V.A. 1991. Jurassic and Cretaceous Floras and Climates of the Herat. Cambridge University Press. Cambridge. 318 pp.
- 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.
- \_\_\_\_\_. 1993. A review of the Matoniaceae base on *in situ* spores. *Review of Paleobotany and Palynology* **78**: 235-267.
- \_\_\_\_\_. 2002. Ecology of some Late Triassic to Early Cretaceous ferns in Eurasia. *Review of Paleobotany 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 Tecmazuchil del Jurásico Medio de México. En: III Simposio Argentino Jurásico, Libro de Resúmenes. Mendoza.
- Ward, L. F. 1889. The geographical distribution of fossil plant. U. S. *Geological Survey Annual Report* 8, pte. **2**: 663-960.
- Weir, T. E., C. R. Stocking y M. G. Balbauor. 1983. Botánica. 5° ed. Ed. Limusa. México, D. F. pp. 602-642.
- Weber, R. y S. R. S. Ceballos-Ferriz. 1994. Perfil actual y perspectivas de la paleobotánica en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **55**:141-148.
- \_\_\_\_\_. 2008. *Phlebopteris* (Matoniaceae) en el Triásico y Jurásico de México. En: Weber, R. (ed.). Plantas triásicas y jurásicas de México. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Boletín 115, Parte 2, pp. 85-115.
- Wellman, C. H. y L. Axe. 1999. Extracting plant mesofossils and megafossils by bulk acid maceration. En: Jones, T. P. y N. P. Rowe (eds.). Fossil Plants and spores: modern techniques. Geological Society, London. pp. 11-14.
- Wieland, G. R. 1914-1916. La flora Liásica de la Mixteca Alta. *Boletín del Instituto Geológico de México* **31**:1-165.
- Willis, K. J. y J.C. McElwain. 2001. The evolution of plants. Ed. Oxford. Oxford. pp. 152-155.

- Wu, S. Q., M. N. Ye y B. X. Li. 1980. Upper Triassic and Lower and Middle Jurassic plants from the Hsiangchui Group, western Hubei. *Memoirs of the Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* **14**: 64-131.
- Yao, X., T. N. Taylor y E. L. Taylor. 1991. Silicified dipterid ferns from the Jurassic of Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology* **67**: 353-362.
- Ye, M. N., X. Y. Liu, G. Q. Huang, L. X. Chen, S. J. Peng, A. F. Xu y B. X. Zhang. 1986. Late Triassic and Early-Middle Jurassic fossil plants from Northeastern Sichuan, Anhui Science and Technology Publishing House, Hefei **1**: 1-141.
- Yoroi, R. y M. Kato. 1987. Wild gametophytes of *Phanerosorus major* (Matoniaceae). *American Journal Botany* **74**: 354-359.
- Paleobiology Database. <http://paleodb.org/cgi-bin/bridge.pl>. (Consultado 13 de Mayo de 2009).
- [cabierta.uchile.cl/revista/28/articulos/pdf/edu3.pdf](http://cabierta.uchile.cl/revista/28/articulos/pdf/edu3.pdf). (Consultado el 21 de Marzo de 2009).

## IX. APENDICE I.

### Taxonomía del Orden Filicales

La siguiente tabla pertenece a clasificación de la División Pterophyta, Orden Filicales durante el periodo Mesozoico (Harris, 1961; Lemoigne, 1984 y Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002, Weber, 2008). Los géneros y especies que aparecen con asterisco son las reportadas para la bibliografía de México, Colombia, Estados Unidos e Inglaterra.

| Familia       | Género                              | Especie   |
|---------------|-------------------------------------|---|
| Cyatheaceae   | <i>Alsophilites</i>                 |   |
| Kaulfuss      | <i>Oguracaulis</i>                  |   |
|               | <i>Eboracia</i>                     | <i>Eboracia lobiflora</i> *   |
|               | <i>Kyllikopteris</i> Ash, 1969      | <i>Kyllikopteris arguta</i> (Lindley & Hutton) Ash, 1969 *  |
|               | <i>Dicksonia</i> L'Héritier         | <i>Dicksonia mariopteris</i> Wilson & Yates *<br><i>Dicksonia kendalli</i> Ash, 1969 *  |
|               | <i>Onychiopsis</i>                  | <i>Onychiopsis psilotoides</i>  |
|               | <i>Coniopteris</i> Brongniart, 1849 | <i>Coniopteris arguta</i> Lindley & Hutton *<br><i>Coniopteris bella</i> Ash, 1969 *<br><i>Coniopteris burejensis</i> (Zalesky) Seward *<br><i>Coniopteris</i> cf. <i>hymenophylloides</i> (Brongniart) Seward *  |
| Dicksoniaceae |                                     |   |
| Bower         |                                     | <i>Coniopteris margaretae</i> Ash, 1969 *<br><i>Coniopteris martinezii</i> Lemoigne, 1984 *<br><i>Coniopteris murrayana</i> (Brongn.) Brongniart *<br><i>Coniopteris plumosa</i> *<br><i>Coniopteris simplex</i> (L. & H.) Ash, 1969*<br><i>Coniopteris weberii</i> * |
|               | <i>Gonatosorus</i> Raciborski, 1894 | <i>Gonatosorus nathorstii</i> Raciborski *  |
|               | <i>Cladophlebis</i>                 | <i>Cladophlebis browniana</i> (Dunker) Seward *<br><i>Cladophlebis denticulata</i> (Brongniart) Fontaine, 1889 *<br><i>Cladophlebis exilliformis</i> (Geyler) Oishi, 1940 *   |

|                   |                                       |  |
|-------------------|---------------------------------------|--|
|                   |                                       | <i>Cladophlebis (klukia?) koraiensis</i> Yaabe, 1922                 |
|                   | <i>Matonidium</i>                     |  |
|                   | <i>Selenocarpus</i>                   |  |
|                   | <i>Delosorus</i>                      |  |
|                   | <i>Weichselia</i>                     |  |
| Matoniaceae       | <i>Piazopteris</i> Lorch, 1967        | <i>Piazopteris branneri</i> (White) Lorch *                          |
| Presl             | <i>Phlebopteris</i> Brongniart, 1836* | <i>Phlebopteris woodwardii</i>                                       |
|                   |                                       | <i>Phlebopteris crenulata</i> Weber, 2008 *                          |
|                   |                                       | <i>Phlebopteris smithii</i> (Daugherty) Arnold 1947*                 |
|                   |                                       | <i>Phlebopteris angustiloba</i> (Presl) Hirmer &<br>Hoerhammer 1936* |
|                   |                                       | <i>Phlebopteris ontogenesis</i> Weber, 2008*                         |
| Marattiaceae      | <i>Asterotheca</i>                    |  |
|                   | <i>Danaeopsis</i>                     |  |
|                   | <i>Marattiopsis</i>                   |  |
|                   | <i>Angiopteris</i>                    |  |
| Osmundaceae       | <i>Paleosmunda</i>                    |  |
| Berchtold & Presl | <i>Aschicaulis</i>                    |  |
|                   | <i>Millerocaulis</i>                  |  |
|                   | <i>Osmundacaulis</i>                  |  |
|                   | <i>Cladophlebis</i>                   |  |
|                   | <i>Osmundopsis</i>                    |  |
|                   | <i>Todites</i>                        |  |
|                   | <i>Raphaelia</i>                      |  |
|                   | <i>Anomopteris</i>                    | <i>Anomopteris mougeotii</i>   |
| Schizaeaceae      | <i>Stachypteris</i>                   |  |
| Kaulfuss          | <i>Ruffordia</i>                      |  |
|                   | <i>Pelletixia</i>                     |  |
|                   | <i>Schizaeopsis</i>                   |  |
| Gleicheniaceae    | <i>Gleichenites</i> Seward, 1910      | <i>Gleichenites san martini</i> Halle, 1913 *                        |
| Presl             | <i>Sphenopteris</i> (Brongniart)      | <i>Gleichenites porsildii</i> Seward, 1926 *                         |
|                   | Sternberg, 1825                       | <i>Sphenopteris (Ruffordia) cf. geopperti</i> Dunker,<br>1846*       |
| Dipteridaceae     | <i>Clathropteris</i>                  |  |
| Seward & Dale     | <i>Dictyophyllum</i>                  |  |

---

*Camptopteris*

*Hausmannia*

*Kenderlykia*

*Goeppertella*

---

Tempskyaceae

---

Hymenophyllaceae Eogonocormus

Eogonocormus cretaceum

---

## X. **ÁPENDICE II**

### **Base de datos de los helechos fértiles**

#### **Caracteres cualitativos**

Divisiones de la lamina. 1º: primer orden; 2º: segundo orden; 3º: tercer orden y 4º: cuarto orden.

Pinna. Pop: opuesta; Pal: alterna; Psb: subopuesta; Pop-al: opuesta-alterna y Pop-sub: opuesta-subopuesta.

Margen. Me: entero; Mc: cercenado y Ml: lobulado.

Pinnula. Ptf: pinnatifida y Pst: pinnatisecta.

Raquis. Re: estriado y Rne: no estriado.

Ápice de la pinnula. apR: redondeado y apA: agudo.

Venación. Vl: libre; Vb: bifurcada y Vr: reticulada.

Pinnula. pop: opuesta; psb: subopuesta; pal: alterna y pop-sb: opuesta-subopuesta.

Forma de los soros. Sel: elongados y Srd: redondo.

Posición de los soros. Spb: basales; Spa: apical y Stp: toda la pinnula.

Distribución de los soros en las pinnulas. Sm: marginales; Sv: costales y Sc: en el centro.

#### **Caracteres cuantitativos**

Pinna. LP: longitud; AP: ancho y AnP: ángulo.

Pinnula. Lp: longitud; Ap: ancho y Anp: ángulo.

Venación. AnV1º: ángulo de la venación primaria y AnV2º: ángulo de la venación secundaria.

Raquis. AR: ancho del raquis de primer orden y AnRnº: ancho del raquis de último orden.

Soros. LS: longitud; AS: ancho y Sxp: número de soros por pinnula.

## **Formaciones y localidad de la región Mixteca**

Tz: Tecomazúchil; Z: Zorrillo; R: Rosario y T: Cañada del ajo.

## **Especies descritas de las formaciones Jurásicas de México, Colombia, Estados Unidos e Inglaterra**

Gn(T): *Gonatosorus nathorstii*, descripción del tipo del Instituto de Geología; Gn(SP78): descripción tomada de Silva-Pineda, 1978; Gn(SP84): descripción tomada de Silva-Pineda, 1984; Cs: *Coniopteris simples*; Cb: *C. burejensis*; Cbl: *C. bella*; Ch: *C. hymenophylloides*; Cm: *C. murrayana*; Cmg: *C. margaretae*; Cp: *C. plumosa*; Cw: *C. weberii*; Ka: *Kilikopteris arguta*; El: *Eboracia lobiflora*; Dm: *Dicksonia mariopteris*; Dk: *D. kendalli*; Gsm: *Gleichenites sanmartín*; Gp: *G. porsildii*; Ps: *Phlebopteris smithii* y Po: *P. ontogenesis*.

|               | <b>Tz39(+)</b> | <b>Tz44</b> | <b>Tz52</b> | <b>Tz71</b> | <b>Tz114</b> | <b>Tz120(-)</b> | <b>Tz149</b> | <b>Tz151(-)</b> | <b>Tz152</b> | <b>Z1</b> | <b>Z3</b> |
|---------------|----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------|-----------|
| <b>1°</b>     | 0              | 0           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| <b>2°</b>     | 2              | 2           | 2           | 2           | 2            | 2               | 2            | 2               | 2            | 2         | 2         |
| <b>3°</b>     | 0              | 0           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| <b>4°</b>     | 0              | 0           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| LP            | 2.6            | 1.16        | 1.5         | 1.5         | 2.8          | 1.26            | 1.83         | 1.4             | 1.95         | 4         | 3         |
| AP            | 0.56           | 0.4         | 0.7         | 0.736       | 0.56         | 0.53            | 0.5          | 0.2             | 0.56         | 1.6       | 1.9       |
| <b>Lp</b>     | 0.315          | 0.3         | 0.365       | 0.5         | 0.342        | 0.362           | 0.2          | 0.21            | 0.309        | 0.776     | 1.078     |
| <b>Ap</b>     | 0.273          | 0.36        | 0.11        | 0.1         | 0.105        | 0.109           | 0.052        | 0.103           | 0.096        | 0.197     | 0.245     |
| Pop           | 0              | 0           | 0           | 99          | 1            | 0               | 1            | 0               | 0            | 99        | 99        |
| Pal           | 2              | 2           | 2           | 99          | 0            | 2               | 0            | 0               | 2            | 99        | 99        |
| Psb           | 0              | 0           | 0           | 99          | 0            | 0               | 0            | 3               | 0            | 99        | 99        |
| Pop-al        | 0              | 0           | 0           | 99          | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 99        | 99        |
| Pop-sb        | 0              | 0           | 0           | 99          | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 99        | 99        |
| <b>Me</b>     | 0              | 1           | 0           | 1           | 1            | 0               | 1            | 0               | 1            | 1         | 1         |
| <b>Mc</b>     | 0              | 0           | 2           | 0           | 0            | 2               | 0            | 2               | 0            | 0         | 0         |
| <b>MI</b>     | 3              | 0           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| Ptf           | 0              | 0           | 1           | 1           | 1            | 1               | 1            | 1               | 1            | 1         | 1         |
| Pst           | 2              | 2           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| <b>Re</b>     | 1              | 0           | 0           | 1           | 1            | 1               | 1            | 1               | 1            | 1         | 1         |
| <b>Rne</b>    | 0              | 2           | 2           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| apR           | 1              | 1           | 1           | 1           | 0            | 1               | 0            | 1               | 1            | 1         | 1         |
| apA           | 0              | 0           | 0           | 0           | 2            | 0               | 2            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| <b>AnP</b>    | 51.93          | 62.78       | 99          | 99          | 50.52        | 48.04           | 51.43        | 76.17           | 99           | 99        | 99        |
| Anp           | 42.51          | 43.43       | 47.114      | 58.57       | 61.88        | 40.17           | 81.89        | 51.87           | 34.23        | 78.77     | 77.082    |
| AnV1°         | 25.83          | 34.79       | 35.97       | 38.14       | 45.82        | 32.65           | 99           | 47.94           | 41.62        | 56.83     | 61.43     |
| <b>AnV2°</b>  | 0              | 0           | 0           | 99          | 0            | 38.02           | 0            | 99              | 0            | 41.37     | 46.37     |
| AR            | 0.071          | 0.065       | 99          | 99          | 0.18         | 0.036           | 0.26         | 0.082           | 99           | 99        | 99        |
| <b>ARn°</b>   | 0.03           | 0.016       | 0.027       | 0.029       | 0.049        | 0.015           | 0.05         | 0.0103          | 0.079        | 0.072     | 0.077     |
| VI            | 1              | 0           | 1           | 0           | 1            | 0               | 1            | 0               | 1            | 0         | 0         |
| Vb            | 0              | 0           | 0           | 2           | 0            | 2               | 0            | 2               | 0            | 2         | 2         |
| Vr            | 0              | 3           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| <b>pop</b>    | 1              | 0           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 1            | 0         | 0         |
| <b>psb</b>    | 0              | 0           | 2           | 2           | 2            | 2               | 2            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| <b>pal</b>    | 0              | 3           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| <b>pop-sb</b> | 0              | 0           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 4               | 0            | 4         | 4         |
| Sel           | 1              | 1           | 0           | 0           | 0            | 1               | 0            | 1               | 1            | 0         | 0         |
| Srd           | 0              | 0           | 2           | 2           | 2            | 0               | 2            | 0               | 0            | 2         | 2         |
| LS            | 0.01           | 0.035       | 0.012       | 0.058       | 0.019        | 0.038           | 0.02         | 0.084           | 0.018        | 0.015     | 0.017     |
| AS            | 0.006          | 0.018       | 0.012       | 0.058       | 0.019        | 0.027           | 0.02         | 0.064           | 0.015        | 0.015     | 0.017     |
| <b>Spb</b>    | 0              | 0           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 1               | 0            | 0         | 0         |
| <b>Spa</b>    | 0              | 2           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 0         | 0         |
| <b>Stp</b>    | 3              | 0           | 3           | 3           | 3            | 3               | 3            | 0               | 3            | 3         | 3         |
| Sm            | 0              | 0           | 0           | 1           | 0            | 0               | 0            | 0               | 1            | 0         | 0         |
| Sv            | 2              | 2           | 2           | 0           | 2            | 2               | 2            | 2               | 0            | 0         | 0         |
| Sc            | 0              | 0           | 0           | 0           | 0            | 0               | 0            | 0               | 0            | 3         | 3         |
| <b>Sxp</b>    | 13             | 1           | 10          | 8           | 18           | 8               | 16           | 1               | 22           | 20        | 20        |

|               | <b>Z5(+)</b> | <b>Z18</b> | <b>Z20(-)</b> | <b>Z27</b> | <b>Z32</b> | <b>Z54(1)</b> | <b>Z57</b> | <b>Z70</b> | <b>Z127</b> | <b>Z44</b> | <b>T13</b> | <b>R32</b> |
|---------------|--------------|------------|---------------|------------|------------|---------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| <b>1°</b>     | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| <b>2°</b>     | 2            | 2          | 2             | 2          | 2          | 2             | 2          | 2          | 2           | 2          | 2          | 2          |
| <b>3°</b>     | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| <b>4°</b>     | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| LP            | 1.3          | 3.6        | 4             | 3.16       | 4          | 4             | 4.55       | 4          | 6.25        | 3.2        | 3.8        | 2          |
| AP            | 1.5          | 1.1        | 99            | 1.25       | 1.5        | 1.8           | 2.3        | 1.7        | 2.25        | 1.7        | 1.7        | 0.9        |
| <b>Lp</b>     | 1.01         | 0.723      | 0.9           | 0.757      | 0.95       | 0.85          | 1.1        | 0.8        | 1.06        | 0.758      | 0.76       | 0.515      |
| <b>Ap</b>     | 0.227        | 0.284      | 0.222         | 0.198      | 0.323      | 0.208         | 0.314      | 0.254      | 0.297       | 0.206      | 0.183      | 0.197      |
| Pop           | 99           | 99         | 99            | 0          | 99         | 99            | 99         | 99         | 99          | 99         | 99         | 99         |
| Pal           | 99           | 99         | 99            | 0          | 99         | 99            | 99         | 99         | 99          | 99         | 99         | 99         |
| Psb           | 99           | 99         | 99            | 3          | 99         | 99            | 99         | 99         | 99          | 99         | 99         | 99         |
| Pop-al        | 99           | 99         | 99            | 0          | 99         | 99            | 99         | 99         | 99          | 99         | 99         | 99         |
| Pop-sb        | 99           | 99         | 99            | 0          | 99         | 99            | 99         | 99         | 99          | 99         | 99         | 99         |
| <b>Me</b>     | 1            | 1          | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          | 1          | 1           | 1          | 1          | 0          |
| <b>Mc</b>     | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 2          |
| <b>MI</b>     | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| Ptf           | 1            | 1          | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          | 1          | 1           | 1          | 1          | 1          |
| Pst           | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| <b>Re</b>     | 1            | 1          | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          | 1          | 1           | 0          | 1          | 1          |
| <b>Rne</b>    | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 2          | 0          | 0          |
| apR           | 1            | 1          | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          | 1          | 1           | 1          | 1          | 1          |
| apA           | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| <b>AnP</b>    | 99           | 99         | 99            | 76.54      | 99         | 99            | 99         | 99         | 99          | 99         | 99         | 99         |
| Anp           | 88.46        | 82.33      | 74.78         | 72.72      | 75.57      | 90            | 87.89      | 81.99      | 70.038      | 80.31      | 82.02      | 60.46      |
| AnV1°         | 58.76        | 53.97      | 46.94         | 53.38      | 55.86      | 59.65         | 65.58      | 61.4       | 56.93       | 50.76      | 59.05      | 38.42      |
| <b>AnV2°</b>  | 52.09        | 38.65      | 38.202        | 46.43      | 43.45      | 54.37         | 41.31      | 50.37      | 43.05       | 54.63      | 46.68      | 99         |
| AR            | 99           | 99         | 99            | 0.267      | 99         | 99            | 99         | 99         | 99          | 99         | 99         | 99         |
| <b>ARn°</b>   | 0.07         | 0.076      | 0.086         | 0.068      | 0.079      | 0.076         | 0.092      | 0.073      | 0.067       | 0.07       | 0.066      | 0.033      |
| VI            | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| Vb            | 2            | 2          | 2             | 2          | 2          | 2             | 2          | 2          | 2           | 2          | 2          | 2          |
| Vr            | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| <b>pop</b>    | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| <b>psb</b>    | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| <b>pal</b>    | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| <b>pop-sb</b> | 4            | 4          | 4             | 4          | 4          | 4             | 4          | 4          | 4           | 4          | 4          | 4          |
| Sel           | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 1          |
| Srd           | 2            | 2          | 2             | 2          | 2          | 2             | 2          | 2          | 2           | 2          | 2          | 0          |
| LS            | 0.018        | 0.011      | 0.02          | 0.02       | 0.024      | 0.019         | 0.026      | 0.024      | 0.042       | 0.024      | 0.02       | 0.168      |
| AS            | 0.018        | 0.011      | 0.02          | 0.02       | 0.024      | 0.019         | 0.026      | 0.024      | 0.042       | 0.007      | 0.02       | 0.095      |
| <b>Spb</b>    | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 1          |
| <b>Spa</b>    | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| <b>Stp</b>    | 3            | 3          | 3             | 3          | 3          | 3             | 3          | 3          | 3           | 3          | 3          | 0          |
| Sm            | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 0          | 0          | 0          |
| Sv            | 0            | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0           | 2          | 0          | 2          |
| Sc            | 3            | 3          | 3             | 3          | 3          | 3             | 3          | 3          | 3           | 0          | 3          | 0          |
| <b>Sxp</b>    | 3            | 25         | 6             | 10         | 8          | 18            | 9          | 16         | 11          | 12         | 7          | 1          |

|               | Gn(T) | Gn(SP78) | Gn(SP84) | Cs    | Cb   | Cbl   | Ch    | Cm    | Cmg   | Ka    | El    | Dm    |
|---------------|-------|----------|----------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>1°</b>     | 0     | 0        | 0        | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>2°</b>     | 2     | 2        | 2        | 0     | 2    | 2     | 2     | 0     | 2     | 0     | 2     | 2     |
| <b>3°</b>     | 0     | 0        | 0        | 3     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 3     | 0     | 0     |
| <b>4°</b>     | 0     | 0        | 0        | 0     | 0    | 0     | 0     | 4     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| LP            | 1.81  | 2.2      | 5        | 7.05  | 2.65 | 3.16  | 2.5   | 8.66  | 4.66  | 17    | 2.95  | 9     |
| AP            | 0.641 | 0.6      | 0.9      | 2.06  | 0.4  | 1.03  | 1     | 3.46  | 0.8   | 15    | 0.56  | 1.61  |
| <b>Lp</b>     | 0.314 | 0.3      | 0.4      | 0.147 | 0.6  | 0.69  | 0.55  | 0.425 | 0.43  | 0.73  | 0.71  | 1.075 |
| <b>Ap</b>     | 0.11  | 0.1      | 0.125    | 0.133 | 0.21 | 0.36  | 0.43  | 0.4   | 0.18  | 0.18  | 0.3   | 0.475 |
| Pop           | 99    | 0        | 99       | 1     | 99   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 99    |
| Pal           | 99    | 0        | 99       | 0     | 99   | 2     | 2     | 0     | 0     | 2     | 0     | 99    |
| Psb           | 99    | 3        | 99       | 0     | 99   | 0     | 0     | 3     | 0     | 0     | 3     | 99    |
| Pop-al        | 99    | 0        | 99       | 0     | 99   | 0     | 0     | 0     | 4     | 0     | 0     | 99    |
| Pop-sb        | 99    | 0        | 99       | 0     | 99   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 99    |
| <b>Me</b>     | 0     | 0        | 0        | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Mc</b>     | 2     | 2        | 2        | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>MI</b>     | 0     | 0        | 0        | 3     | 3    | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     |
| Ptf           | 1     | 1        | 1        | 0     | 0    | 1     | 1     | 0     | 99    | 1     | 1     | 1     |
| Pst           | 0     | 0        | 0        | 2     | 2    | 0     | 0     | 2     | 99    | 0     | 0     | 0     |
| <b>Re</b>     | 1     | 1        | 1        | 0     | 99   | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     | 0     |
| <b>Rne</b>    | 0     | 0        | 0        | 2     | 99   | 2     | 2     | 2     | 2     | 0     | 0     | 2     |
| apR           | 1     | 1        | 1        | 0     | 0    | 1     | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     |
| apA           | 0     | 0        | 0        | 2     | 2    | 0     | 0     | 0     | 0     | 2     | 0     | 0     |
| <b>AnP</b>    | 99    | 99       | 99       | 35.66 | 99   | 27.33 | 34.33 | 37.66 | 30.4  | 70    | 67.5  | 99    |
| Anp           | 56.62 | 35       | 42.5     | 31    | 45   | 43    | 45.33 | 49    | 99    | 25.33 | 43.33 | 29    |
| AnV1°         | 99    | 99       | 99       | 40.66 | 50   | 55.66 | 57.66 | 64    | 99    | 51.66 | 55.33 | 54.66 |
| <b>AnV2°</b>  | 99    | 99       | 99       | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| AR            | 99    | 0.15     | 99       | 0.2   | 0.4  | 0.3   | 0.1   | 0.19  | 0.31  | 1.2   | 99    | 99    |
| <b>ARn°</b>   | 0.029 | 0.05     | 99       | 0.02  | 0.05 | 0.1   | 0.05  | 0.066 | 0.1   | 0.13  | 99    | 0.075 |
| VI            | 0     | 0        | 1        | 99    | 99   | 1     | 1     | 1     | 99    | 1     | 1     | 1     |
| Vb            | 2     | 2        | 0        | 99    | 99   | 0     | 0     | 0     | 99    | 0     | 0     | 0     |
| Vr            | 0     | 0        | 0        | 99    | 99   | 0     | 0     | 0     | 99    | 0     | 0     | 0     |
| <b>pop</b>    | 0     | 0        | 0        | 0     | 0    | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     |
| <b>psb</b>    | 0     | 0        | 0        | 0     | 2    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>pal</b>    | 0     | 0        | 0        | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 3     | 0     | 3     |
| <b>pop-sb</b> | 4     | 4        | 4        | 4     | 0    | 0     | 4     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Sel           | 1     | 1        | 1        | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     |
| Srd           | 0     | 0        | 0        | 2     | 2    | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 0     |
| LS            | 0.095 | 0.1      | 0.15     | 0.141 | 0.11 | 0.15  | 0.118 | 0.07  | 0.425 | 0.175 | 0.07  | 0.075 |
| AS            | 0.051 | 0.05     | 0.1      | 0.133 | 0.11 | 0.09  | 0.09  | 0.063 | 0.215 | 0.175 | 0.051 | 0.025 |
| <b>Spb</b>    | 1     | 1        | 1        | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Spa</b>    | 0     | 0        | 0        | 2     | 2    | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 0     | 0     |
| <b>Stp</b>    | 0     | 0        | 0        | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 3     | 3     |
| Sm            | 0     | 0        | 0        | 1     | 1    | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Sv            | 2     | 2        | 2        | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Sc            | 0     | 0        | 0        | 0     | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <b>Sxp</b>    | 1     | 1        | 1        | 1     | 1    | 2     | 1     | 1     | 3     | 1     | 3     | 3     |

|               | <b>Dk</b> | <b>Cp</b> | <b>Cw</b> | <b>Gsm</b> | <b>Gp</b> | <b>Ps</b> | <b>Po</b> |
|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>1°</b>     | 0         | 0         | 0         | 99         | 0         | 1         | 1         |
| <b>2°</b>     | 2         | 0         | 0         | 99         | 2         | 0         | 0         |
| <b>3°</b>     | 0         | 3         | 3         | 99         | 0         | 0         | 0         |
| <b>4°</b>     | 0         | 0         | 0         | 99         | 0         | 0         | 0         |
| LP            | 8         | 6         | 2         | 99         | 99        | 99        | 99        |
| AP            | 0.8       | 3         | 0.5       | 99         | 2.15      | 0.5       | 0.55      |
| <b>Lp</b>     | 0.43      | 0.25      | 0.12      | 4          | 1.1       | 0         | 0         |
| <b>Ap</b>     | 0.308     | 0.15      | 0.05      | 0.5        | 0.3       | 0         | 0         |
| Pop           | 0         | 0         | 1         | 0          | 0         | 1         | 0         |
| Pal           | 2         | 0         | 0         | 2          | 0         | 0         | 0         |
| Psb           | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 3         |
| Pop-al        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Pop-sb        | 0         | 5         | 0         | 0          | 5         | 0         | 0         |
| <b>Me</b>     | 1         | 0         | 0         | 1          | 0         | 1         | 1         |
| <b>Mc</b>     | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| <b>MI</b>     | 0         | 3         | 3         | 0          | 3         | 0         | 0         |
| Ptf           | 1         | 1         | 99        | 1          | 0         | 1         | 1         |
| Pst           | 0         | 0         | 99        | 0          | 2         | 0         | 0         |
| <b>Re</b>     | 0         | 1         | 1         | 99         | 1         | 1         | 1         |
| <b>Rne</b>    | 2         | 0         | 0         | 99         | 0         | 0         | 0         |
| apR           | 1         | 0         | 1         | 1          | 1         | 0         | 0         |
| apA           | 0         | 2         | 0         | 0          | 0         | 2         | 2         |
| <b>AnP</b>    | 35.33     | 65        | 45        | 99         | 99        | 87        | 90        |
| Anp           | 51.33     | 35        | 60        | 70         | 70        | 0         | 0         |
| AnV1°         | 44.66     | 35        | 99        | 99         | 39.57     | 99        | 75        |
| <b>AnV2°</b>  | 0         | 0         | 0         | 0          | 39.28     | 0         | 0         |
| AR            | 0.1       | 0.2       | 99        | 99         | 99        | 0.25      | 0.25      |
| <b>ARn°</b>   | 99        | 99        | 99        | 0.046      | 0.1       | 0         | 0         |
| VI            | 1         | 1         | 99        | 1          | 0         | 0         | 0         |
| Vb            | 0         | 0         | 99        | 0          | 2         | 2         | 2         |
| Vr            | 0         | 0         | 99        | 0          | 0         | 0         | 0         |
| <b>pop</b>    | 0         | 0         | 1         | 0          | 1         | 0         | 0         |
| <b>psb</b>    | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| <b>pal</b>    | 3         | 0         | 0         | 3          | 0         | 0         | 0         |
| <b>pop-sb</b> | 0         | 4         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Sel           | 1         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Srd           | 0         | 2         | 2         | 2          | 2         | 2         | 2         |
| LS            | 0.241     | 0.1       | 99        | 99         | 0.046     | 0.095     | 0.1       |
| AS            | 0.141     | 0.1       | 0.05      | 99         | 0.046     | 0.095     | 0.1       |
| <b>Spb</b>    | 0         | 1         | 0         | 1          | 0         | 0         | 0         |
| <b>Spa</b>    | 2         | 0         | 2         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| <b>Stp</b>    | 0         | 0         | 0         | 0          | 3         | 3         | 3         |
| Sm            | 0         | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Sv            | 2         | 2         | 0         | 0          | 0         | 2         | 2         |
| Sc            | 0         | 0         | 3         | 3          | 3         | 0         | 0         |
| <b>Sxp</b>    | 1         | 1         | 99        | 1          | 16        | 66        | 40        |

## **XI.    ÁPENDICE III**

### **Base de datos de los helechos estériles**

#### **Caracteres cualitativos**

Divisiones de la lamina.1º: primer orden; 2º: segundo orden; 3º: tercer orden y 4º: cuarto orden.

Pinna. Pop: opuesta; Pal: alterna; Psb: subopuesta; Pop-al: opuesta-alterna y Pop-sub: opuesta-subopuesta.

Margen. Me: entero; Mc: cercenado y MI: lobulado.

Pinnula. Ptf: pinnatifida y Pst: pinnatisecta.

Raquis. Re: estriado y Rne: no estriado.

Ápice de la pinnula. apR: redondeado y apA: agudo.

Venación. VI: libre; Vb: bifurcada y Vr: reticulada.

Pinnula. pop: opuesta; psb: subopuesta; pal: alterna y pop-sb: opuesta-subopuesta.

#### **Caracteres cuantitativos**

Pinna. LP: longitud; AP: ancho y AnP: ángulo.

Pinnula. Lp: longitud; Ap: ancho y Anp: ángulo.

Venación. AnV1º: ángulo de la venación primaria y AnV2º: ángulo de la venación secundaria.

Raquis. AR: ancho del raquis de primer orden y AnRnº: ancho del raquis de último orden.

## **Formaciones y localidad de la región Mixteca**

Tz: Tecomazúchil; Z: Zorrillo; R: Rosario y T: Cañada del ajo.

## **Especies descritas de las formaciones Jurásicas de México, Estados Unidos e Inglaterra**

Ca: *Coniopteris arguta*; Cmz: *C. martinezii*; Pb338: *Piazopteris branneri* (IG338); Pb399: *P. branneri* (IG399); Cbr: *Cladophlebis browniana*; Cd: *C. denticulada*; Ce: *C. exilliformis*; P: *Phlebopteris* sp.; Pc: *P. crenulata*; Pa: *P. angustiloba* y Sg: *Sphenopteris geopperti*.

|               | <b>Tz32</b> | <b>Tz70(1)</b> | <b>Tz71(+)</b> | <b>Tz122</b> | <b>Tz124</b> | <b>Tz128</b> | <b>Tz129</b> | <b>Tz133(-)</b> | <b>Tz135</b> | <b>Tz138</b> | <b>Tz150</b> |
|---------------|-------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>1°</b>     | 0           | 0              | 0              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0               | 0            | 0            | 0            |
| <b>2°</b>     | 2           | 2              | 2              | 2            | 2            | 2            | 2            | 2               | 2            | 2            | 2            |
| <b>3°</b>     | 0           | 0              | 0              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0               | 0            | 0            | 0            |
| <b>4°</b>     | 0           | 0              | 0              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0               | 0            | 0            | 0            |
| LP            | 2.53        | 99             | 1.5            | 2.33         | 1.46         | 2.2          | 1.36         | 2.03            | 1.23         | 1.76         | 2            |
| AP            | 0.73        | 1.78           | 0.96           | 0.56         | 0.3          | 0.5          | 0.43         | 0.43            | 0.63         | 0.6          | 0.5          |
| <b>Lp</b>     | 0.457       | 1              | 0.51           | 0.54         | 0.374        | 0.31         | 0.215        | 0.44            | 0.327        | 0.48         | 0.29         |
| <b>Ap</b>     | 0.444       | 0.247          | 0.1            | 0.109        | 0.104        | 0.12         | 0.061        | 0.14            | 0.102        | 0.164        | 0.107        |
| Pop           | 1           | 99             | 99             | 99           | 0            | 99           | 0            | 0               | 99           | 99           | 0            |
| Pal           | 0           | 99             | 99             | 99           | 2            | 99           | 2            | 2               | 99           | 99           | 2            |
| Psb           | 0           | 99             | 99             | 99           | 0            | 99           | 0            | 0               | 99           | 99           | 0            |
| Pop-al        | 0           | 99             | 99             | 99           | 0            | 99           | 0            | 0               | 99           | 99           | 0            |
| Pop-sb        | 0           | 99             | 99             | 99           | 0            | 99           | 0            | 0               | 99           | 99           | 0            |
| <b>Me</b>     | 1           | 0              | 1              | 1            | 1            | 1            | 1            | 1               | 1            | 1            | 1            |
| <b>Mc</b>     | 0           | 2              | 0              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0               | 0            | 0            | 0            |
| <b>MI</b>     | 0           | 0              | 0              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0               | 0            | 0            | 0            |
| Ptf           | 1           | 1              | 1              | 1            | 0            | 1            | 1            | 0               | 0            | 1            | 1            |
| Pst           | 0           | 0              | 0              | 0            | 2            | 0            | 0            | 2               | 2            | 0            | 0            |
| <b>Re</b>     | 0           | 1              | 1              | 1            | 0            | 99           | 1            | 1               | 1            | 1            | 1            |
| <b>Rne</b>    | 2           | 0              | 0              | 0            | 2            | 99           | 0            | 0               | 0            | 0            | 0            |
| apR           | 1           | 1              | 1              | 1            | 1            | 0            | 0            | 0               | 0            | 0            | 1            |
| apA           | 0           | 0              | 0              | 0            | 0            | 2            | 2            | 2               | 2            | 2            | 0            |
| <b>AnP</b>    | 60.76       | 99             | 99             | 51.95        | 57.22        | 99           | 99           | 59.9            | 67.195       | 99           | 99           |
| Anp           | 50.94       | 65.59          | 57.96          | 55.34        | 43.19        | 83.29        | 44.62        | 44.45           | 38.7         | 62           | 56.38        |
| AnV1°         | 38.12       | 37.3           | 38.34          | 37.89        | 28.75        | 49.37        | 32.66        | 40.56           | 57.28        | 69.97        | 40.56        |
| <b>AnV2°</b>  | 0           | 40.65          | 73.31          | 0            | 0            | 0            | 0            | 37.82           | 31.97        | 0            | 0            |
| AR            | 0.111       | 99             | 99             | 0.143        | 0.082        | 99           | 99           | 0.067           | 0.106        | 99           | 99           |
| <b>ARn°</b>   | 0.026       | 0.058          | 0.03           | 0.023        | 0.031        | 0.008        | 0.021        | 0.028           | 0.04         | 0.059        | 0.056        |
| VI            | 1           | 0              | 0              | 1            | 1            | 1            | 1            | 0               | 0            | 1            | 1            |
| Vb            | 0           | 2              | 2              | 0            | 0            | 0            | 0            | 2               | 2            | 0            | 0            |
| Vr            | 0           | 0              | 0              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0               | 0            | 0            | 0            |
| <b>pop</b>    | 0           | 0              | 0              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0               | 0            | 0            | 0            |
| <b>psb</b>    | 2           | 2              | 2              | 2            | 0            | 2            | 2            | 0               | 0            | 2            | 2            |
| <b>pal</b>    | 0           | 0              | 0              | 0            | 3            | 0            | 0            | 3               | 3            | 0            | 0            |
| <b>pop-sb</b> | 0           | 0              | 0              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0               | 0            | 0            | 0            |

|               | <b>Z2</b> | <b>Z9</b> | <b>Z19</b> | <b>Z22(1)</b> | <b>Z22(2)</b> | <b>Z23(-)(2)</b> | <b>Z23(+)</b> | <b>Z29</b> | <b>Z42</b> | <b>Z54(2)</b> | <b>Z55</b> |
|---------------|-----------|-----------|------------|---------------|---------------|------------------|---------------|------------|------------|---------------|------------|
| <b>1°</b>     | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>2°</b>     | 2         | 2         | 2          | 2             | 2             | 2                | 2             | 2          | 2          | 2             | 2          |
| <b>3°</b>     | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>4°</b>     | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| LP            | 4         | 1.7       | 3.36       | 3.9           | 2             | 3.6              | 5.5           | 8          | 5.3        | 4             | 3.25       |
| AP            | 2.2       | 1.7       | 1.63       | 2             | 1.7           | 1.65             | 2.8           | 2.45       | 1.4        | 1.7           | 1.3        |
| <b>Lp</b>     | 1.288     | 0.727     | 1.036      | 0.828         | 0.766         | 0.737            | 1.241         | 1.22       | 0.676      | 0.745         | 0.637      |
| <b>Ap</b>     | 0.305     | 0.199     | 0.252      | 0.356         | 0.233         | 0.235            | 0.249         | 0.263      | 0.28       | 0.215         | 0.199      |
| Pop           | 99        | 99        | 99         | 99            | 99            | 99               | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Pal           | 99        | 99        | 99         | 99            | 99            | 99               | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Psb           | 99        | 99        | 99         | 99            | 99            | 99               | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Pop-al        | 99        | 99        | 99         | 99            | 99            | 99               | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Pop-sb        | 99        | 99        | 99         | 99            | 99            | 99               | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         |
| <b>Me</b>     | 1         | 1         | 1          | 1             | 1             | 1                | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          |
| <b>Mc</b>     | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>MI</b>     | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| Ptf           | 1         | 1         | 1          | 1             | 1             | 1                | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          |
| Pst           | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>Re</b>     | 0         | 1         | 1          | 1             | 1             | 1                | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          |
| <b>Rne</b>    | 2         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| apR           | 1         | 1         | 1          | 1             | 1             | 1                | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          |
| apA           | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>AnP</b>    | 99        | 99        | 99         | 99            | 99            | 99               | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Anp           | 87.714    | 78.34     | 79.99      | 86.26         | 83.76         | 76.8             | 82.34         | 76.32      | 80.28      | 82.31         | 86.99      |
| AnV1°         | 49.86     | 56.63     | 60.04      | 99            | 56.24         | 59.41            | 60.75         | 57.17      | 58.07      | 62.82         | 60.84      |
| <b>AnV2°</b>  | 30.72     | 41.93     | 45.79      | 43.15         | 44.11         | 48.34            | 47.16         | 38.38      | 47.56      | 36.9          | 41.3       |
| AR            | 99        | 99        | 99         | 99            | 99            | 99               | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         |
| <b>ARn°</b>   | 0.115     | 0.073     | 0.104      | 0.042         | 0.07          | 0.074            | 0.085         | 0.122      | 0.071      | 0.08          | 0.051      |
| VI            | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| Vb            | 2         | 2         | 2          | 2             | 2             | 2                | 2             | 2          | 2          | 2             | 2          |
| Vr            | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>pop</b>    | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>psb</b>    | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>pal</b>    | 0         | 0         | 0          | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>pop-sb</b> | 4         | 4         | 4          | 4             | 4             | 4                | 4             | 4          | 4          | 4             | 4          |

|               | <b>Z59</b> | <b>Z62</b> | <b>Z64</b> | <b>Z67(+)</b> | <b>Z69</b> | <b>Z71</b> | <b>Z72(1)</b> | <b>Z88</b> | <b>Z103</b> | <b>Z23(-)(1)</b> | <b>Z53(-)</b> |
|---------------|------------|------------|------------|---------------|------------|------------|---------------|------------|-------------|------------------|---------------|
| <b>1°</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| <b>2°</b>     | 2          | 2          | 2          | 2             | 2          | 2          | 2             | 2          | 2           | 2                | 2             |
| <b>3°</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| <b>4°</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| LP            | 5          | 3.3        | 4.2        | 2.9           | 2.8        | 3.8        | 3             | 2.2        | 4.2         | 3.26             | 2             |
| AP            | 2.3        | 1.7        | 2.3        | 2.4           | 0.868      | 1.204      | 1.4           | 0.9        | 2           | 1.25             | 1             |
| <b>Lp</b>     | 1.2        | 0.744      | 0.831      | 1.128         | 0.436      | 0.57       | 0.709         | 0.45       | 1           | 1.055            | 0.5           |
| <b>Ap</b>     | 0.225      | 0.202      | 0.23       | 0.224         | 0.258      | 0.301      | 0.311         | 0.262      | 0.299       | 0.262            | 0.184         |
| Pop           | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 0                | 99            |
| Pal           | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 0                | 99            |
| Psb           | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 3                | 99            |
| Pop-al        | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 0                | 99            |
| Pop-sb        | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 0                | 99            |
| <b>Me</b>     | 1          | 1          | 1          | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          | 1           | 1                | 1             |
| <b>Mc</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| <b>MI</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| Ptf           | 1          | 1          | 1          | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          | 1           | 1                | 1             |
| Pst           | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| <b>Re</b>     | 99         | 1          | 1          | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          | 1           | 1                | 1             |
| <b>Rne</b>    | 99         | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| apR           | 1          | 1          | 1          | 1             | 1          | 1          | 1             | 1          | 1           | 1                | 1             |
| apA           | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| <b>AnP</b>    | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 82.59            | 99            |
| Anp           | 88.98      | 87.15      | 79.38      | 61.167        | 64.62      | 90         | 90            | 65.64      | 75.29       | 71.81            | 77.6          |
| AnV1°         | 53.99      | 64.18      | 57.46      | 47.94         | 39.86      | 67.84      | 55            | 36.38      | 59.15       | 44.8             | 69.59         |
| <b>AnV2°</b>  | 47.76      | 57.77      | 41.37      | 47.11         | 47.42      | 41.81      | 40.74         | 43.48      | 39.08       | 44.63            | 32.52         |
| AR            | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 0.388            | 99            |
| <b>ARn°</b>   | 0.082      | 0.076      | 0.099      | 0.06          | 0.056      | 0.048      | 0.068         | 0.051      | 0.065       | 0.12             | 0.064         |
| VI            | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| Vb            | 2          | 2          | 2          | 2             | 2          | 2          | 2             | 2          | 2           | 2                | 2             |
| Vr            | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| <b>pop</b>    | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| <b>psb</b>    | 0          | 0          | 0          | 0             | 2          | 0          | 0             | 2          | 0           | 0                | 2             |
| <b>pal</b>    | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0                | 0             |
| <b>pop-sb</b> | 4          | 4          | 4          | 4             | 0          | 4          | 4             | 0          | 4           | 4                | 0             |

|               | <b>Z128</b> | <b>T1</b> | <b>T3</b> | <b>T15</b> | <b>T17</b> | <b>T30</b> | <b>T31</b> | <b>T67</b> | <b>T80</b> | <b>T110</b> | <b>T120</b> | <b>R15</b> | <b>R40</b> |
|---------------|-------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|
| <b>1°</b>     | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| <b>2°</b>     | 2           | 2         | 2         | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2           | 2           | 2          | 2          |
| <b>3°</b>     | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| <b>4°</b>     | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| LP            | 3.7         | 4.25      | 2.45      | 2          | 6.3        | 4.5        | 1.66       | 5          | 2.8        | 6           | 4.4         | 5          | 3.3        |
| AP            | 2           | 1.23      | 1.8       | 2          | 1.5        | 1.7        | 0.6        | 1.8        | 2.1        | 2.45        | 1.15        | 1.9        | 1.9        |
| <b>Lp</b>     | 1.45        | 0.93      | 0.85      | 1          | 0.6        | 0.83       | 0.379      | 0.95       | 1.35       | 1.13        | 0.46        | 1          | 0.95       |
| <b>Ap</b>     | 0.231       | 0.205     | 0.267     | 0.199      | 0.188      | 0.208      | 0.159      | 0.225      | 0.209      | 0.258       | 0.253       | 0.278      | 0.322      |
| Pop           | 99          | 99        | 99        | 99         | 99         | 99         | 0          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         |
| Pal           | 99          | 99        | 99        | 99         | 99         | 99         | 0          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         |
| Psb           | 99          | 99        | 99        | 99         | 99         | 99         | 3          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         |
| Pop-al        | 99          | 99        | 99        | 99         | 99         | 99         | 0          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         |
| Pop-sb        | 99          | 99        | 99        | 99         | 99         | 99         | 0          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         |
| <b>Me</b>     | 1           | 1         | 1         | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1           | 1           | 1          | 1          |
| <b>Mc</b>     | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| <b>MI</b>     | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| Ptf           | 1           | 1         | 1         | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1           | 1           | 1          | 1          |
| Pst           | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| <b>Re</b>     | 1           | 1         | 1         | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1           | 1           | 1          | 1          |
| <b>Rne</b>    | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| apR           | 1           | 1         | 1         | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1           | 1           | 1          | 1          |
| apA           | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| <b>AnP</b>    | 99          | 99        | 99        | 99         | 99         | 99         | 69.97      | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         |
| Anp           | 88.07       | 81.7      | 85.4      | 79.24      | 86.92      | 72.59      | 83.01      | 88.28      | 84.122     | 78.89       | 53.84       | 88.26      | 89.163     |
| AnV1°         | 60          | 55.73     | 68.32     | 61.8       | 60.89      | 60.07      | 55.4       | 62.07      | 58.33      | 61          | 42.49       | 67.04      | 66         |
| <b>AnV2°</b>  | 52.59       | 41.8      | 48.14     | 48.95      | 47.92      | 45.69      | 51.16      | 51.51      | 60.28      | 43.7        | 34.25       | 44.4       | 53.3       |
| AR            | 99          | 99        | 99        | 99         | 99         | 99         | 0.145      | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         |
| <b>ARn°</b>   | 0.103       | 0.061     | 0.073     | 0.045      | 0.078      | 0.112      | 0.042      | 0.071      | 0.071      | 0.093       | 0.08        | 0.087      | 0.075      |
| VI            | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| Vb            | 2           | 2         | 2         | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2           | 2           | 2          | 2          |
| Vr            | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| <b>pop</b>    | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| <b>psb</b>    | 2           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 2           | 2          | 2          |
| <b>pal</b>    | 0           | 0         | 0         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          |
| <b>pop-sb</b> | 0           | 4         | 4         | 4          | 4          | 4          | 4          | 4          | 4          | 4           | 0           | 0          | 0          |

|               | <b>R130</b> | <b>R161</b> | <b>Ca</b> | <b>Pb338</b> | <b>Pb399</b> | <b>Cbr</b> | <b>P</b> | <b>Cd</b> | <b>Ce</b> | <b>Cmz</b> | <b>Pc</b> | <b>Pa</b> | <b>Sg</b> |
|---------------|-------------|-------------|-----------|--------------|--------------|------------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>1°</b>     | 0           | 0           | 0         | 0            | 0            | 0          | 0        | 0         | 0         | 0          | 1         | 1         | 0         |
| <b>2°</b>     | 0           | 0           | 2         | 2            | 2            | 0          | 2        | 2         | 2         | 2          | 0         | 0         | 0         |
| <b>3°</b>     | 3           | 3           | 0         | 0            | 0            | 3          | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 3         |
| <b>4°</b>     | 0           | 0           | 0         | 0            | 0            | 0          | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| LP            | 4           | 4.5         | 3.91      | 5            | 2            | 10         | 5.5      | 99        | 3.5       | 9          | 99        | 99        | 4.137     |
| AP            | 2           | 2.5         | 1.84      | 2            | 1            | 3.5        | 10       | 1.4       | 0.7       | 8          | 0.5       | 0.5       | 2.31      |
| <b>Lp</b>     | 1           | 1.2         | 1.209     | 1            | 0.5          | 5.5        | 5.5      | 0.8       | 0.423     | 6          | 0         | 0         | 1.007     |
| <b>Ap</b>     | 0.28        | 0.3         | 0.33      | 0.278        | 0.16         | 1.2        | 0.6      | 0.26      | 0.225     | 1.6        | 0         | 0         | 0.316     |
| Pop           | 99          | 99          | 0         | 99           | 99           | 0          | 99       | 0         | 0         | 99         | 0         | 0         | 99        |
| Pal           | 99          | 99          | 0         | 99           | 99           | 2          | 99       | 2         | 0         | 99         | 0         | 0         | 99        |
| Psb           | 99          | 99          | 3         | 99           | 99           | 0          | 99       | 0         | 3         | 99         | 3         | 0         | 99        |
| Pop-al        | 99          | 99          | 0         | 99           | 99           | 0          | 99       | 0         | 0         | 99         | 0         | 0         | 99        |
| Pop-sb        | 99          | 99          | 0         | 99           | 99           | 0          | 99       | 0         | 0         | 99         | 0         | 5         | 99        |
| <b>Me</b>     | 0           | 0           | 1         | 1            | 1            | 0          | 1        | 0         | 1         | 0          | 0         | 1         | 0         |
| <b>Mc</b>     | 2           | 2           | 0         | 0            | 0            | 0          | 0        | 2         | 0         | 0          | 2         | 0         | 2         |
| <b>MI</b>     | 0           | 0           | 0         | 0            | 0            | 3          | 0        | 0         | 0         | 3          | 0         | 0         | 0         |
| Ptf           | 1           | 1           | 0         | 1            | 1            | 1          | 1        | 1         | 1         | 0          | 99        | 1         | 1         |
| Pst           | 0           | 0           | 2         | 0            | 0            | 0          | 0        | 0         | 0         | 2          | 99        | 0         | 0         |
| <b>Re</b>     | 0           | 0           | 1         | 1            | 1            | 1          | 0        | 1         | 1         | 0          | 1         | 1         | 0         |
| <b>Rne</b>    | 2           | 2           | 0         | 0            | 0            | 0          | 2        | 0         | 0         | 2          | 0         | 0         | 2         |
| apR           | 0           | 0           | 0         | 1            | 1            | 0          | 1        | 0         | 1         | 1          | 1         | 99        | 0         |
| apA           | 2           | 2           | 2         | 0            | 0            | 2          | 0        | 2         | 0         | 0          | 0         | 99        | 2         |
| <b>AnP</b>    | 99          | 99          | 99        | 99           | 99           | 49.9       | 99       | 47.87     | 55.12     | 67.95      | 83.12     | 78.33     | 99        |
| Anp           | 29.19       | 49.92       | 99        | 80.61        | 77.46        | 48.15      | 90       | 70.93     | 66.71     | 60.61      | 0         | 0         | 36.36     |
| AnV1°         | 32.03       | 26.81       | 51.603    | 62.75        | 65.43        | 50.41      | 99       | 38.88     | 47.11     | 44.28      | 62.5      | 90        | 28.62     |
| <b>AnV2°</b>  | 40.91       | 52.91       | 0         | 60           | 49.04        | 0          | 0        | 45        | 36.33     | 33.6       | 0         | 0         | 43.81     |
| AR            | 99          | 99          | 99        | 99           | 99           | 0.076      | 99       | 0.187     | 99        | 1.085      | 0.173     | 0.15      | 99        |
| <b>ARn°</b>   | 0.1         | 0.09        | 0.084     | 0.118        | 0.052        | 0.018      | 3.5      | 0.078     | 0.077     | 0.179      | 0         | 0         | 0.076     |
| VI            | 0           | 0           | 1         | 0            | 0            | 1          | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Vb            | 2           | 2           | 0         | 2            | 2            | 0          | 0        | 2         | 2         | 2          | 0         | 0         | 2         |
| Vr            | 0           | 0           | 0         | 0            | 0            | 0          | 3        | 0         | 0         | 0          | 3         | 3         | 0         |
| <b>pop</b>    | 0           | 0           | 1         | 0            | 0            | 0          | 1        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| <b>psb</b>    | 0           | 0           | 0         | 2            | 2            | 0          | 0        | 0         | 2         | 0          | 0         | 0         | 0         |
| <b>pal</b>    | 3           | 3           | 0         | 0            | 0            | 0          | 0        | 3         | 0         | 3          | 0         | 0         | 3         |
| <b>pop-sb</b> | 0           | 0           | 0         | 0            | 0            | 4          | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         |

## **XII.    ÁPENDICE IV**

### **Base de datos de los helechos fértiles y estériles**

#### **Caracteres cualitativos**

Divisiones de la lamina. 1º: primer orden; 2º: segundo orden; 3º: tercer orden y 4º: cuarto orden.

Pinna. Pop: opuesta; Pal: alterna; Psb: subopuesta; Pop-al: opuesta-alterna y Pop-sub: opuesta-subopuesta.

Margen. Me: entero; Mc: cercenado y Ml: lobulado.

Pinnula. Ptf: pinnatifida y Pst: pinnatisecta.

Raquis. Re: estriado y Rne: no estriado.

Ápice de la pinnula. apR: redondeado y apA: agudo.

Venación. Vl: libre; Vb: bifurcada y Vr: reticulada.

Pinnula. pop: opuesta; psb: subopuesta; pal: alterna y pop-sb: opuesta-subopuesta.

Forma de los soros. Sel: elongados y Srd: redondo.

Posición de los soros. Spb: basales; Spa: apical y Stp: toda la pinnula.

Distribución de los soros en las pinnulas. Sm: marginales; Sv: costales y Sc: en el centro.

#### **Caracteres cuantitativos**

Pinna. LP: longitud; AP: ancho y AnP: ángulo.

Pinnula. Lp: longitud; Ap: ancho y Anp: ángulo.

Venación. AnV1º: ángulo de la venación primaria y AnV2º: ángulo de la venación secundaria.

Raquis. AR: ancho del raquis de primer orden y AnRnº: ancho del raquis de último orden.

Soros. LS: longitud; AS: ancho y Sxp: número de soros por pinnula.

## Formaciones y localidad de la región Mixteca

Tz: Tecomazúchil; Z: Zorrillo; R: Rosario y T: Cañada del ajo.

## Especies descritas de las formaciones Jurásicas de México, Colombia, Estados Unidos e Inglaterra

Gn(T): *Gonatosorus nathorstii*, descripción del tipo del Instituto de Geología; Gn(SP78): descripción tomada de Silva-Pineda, 1978; Gn(SP84): descripción tomada de Silva-Pineda, 1984; Cs: *Coniopteris simples*; Cb: *C. burejensis*; Cbl: *C. bella*; Ch: *C. hymenophylloides*; Cm: *C. murrayana*; Cmg: *C. margaretae*; Cp: *C. plumosa*; Cw: *C. weberii*; Ca: *C. arguta*; Cmz: *C. martinezii*; Ka: *Kilikopteris arguta*; El: *Eboracia lobiflora*; Dm: *Dicksonia mariopteris*; Dk: *D. kendalli*; Gsm: *Gleichenites san martín*; Gp: *G. porsildii*; P: *Phlebopteris* sp.; Ps: *P. smithii*; Po: *P. ontogenesis*; Pc: *P. crenulata*; Pa: *P. angustiloba*; Cbr: *Cladophlebis browniana*; Cd: *C. denticulada*; Ce: *C. exiliformis*; Pb338: *Piazopteris branneri* (IG338); Pb399: *P. branneri* (IG399) y Sg: *Sphenopteris geopperti*.

|               | <b>Tz32</b> | <b>Tz39(+)</b> | <b>Tz44</b> | <b>Tz52</b> | <b>Tz70(1)</b> | <b>Tz71</b> | <b>Tz71(+)</b> | <b>Tz114</b> | <b>Tz120(-)</b> | <b>Tz122</b> | <b>Tz124</b> |
|---------------|-------------|----------------|-------------|-------------|----------------|-------------|----------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
| <b>1°</b>     | 0           | 0              | 0           | 0           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 0            |
| <b>2°</b>     | 2           | 2              | 2           | 2           | 2              | 2           | 2              | 2            | 2               | 2            | 2            |
| <b>3°</b>     | 0           | 0              | 0           | 0           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 0            |
| <b>4°</b>     | 0           | 0              | 0           | 0           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 0            |
| LP            | 2.53        | 2.6            | 1.16        | 1.5         | 99             | 1.5         | 1.5            | 2.8          | 1.26            | 2.33         | 1.46         |
| AP            | 0.73        | 0.56           | 0.4         | 0.7         | 1.78           | 0.736       | 0.96           | 0.56         | 0.53            | 0.56         | 0.3          |
| <b>Lp</b>     | 0.457       | 0.315          | 0.3         | 0.365       | 1              | 0.5         | 0.51           | 0.342        | 0.362           | 0.54         | 0.374        |
| <b>Ap</b>     | 0.444       | 0.273          | 0.36        | 0.11        | 0.247          | 0.1         | 0.1            | 0.105        | 0.109           | 0.109        | 0.104        |
| Pop           | 1           | 0              | 0           | 0           | 99             | 99          | 99             | 1            | 0               | 99           | 0            |
| Pal           | 0           | 2              | 2           | 2           | 99             | 99          | 99             | 0            | 2               | 99           | 2            |
| Psb           | 0           | 0              | 0           | 0           | 99             | 99          | 99             | 0            | 0               | 99           | 0            |
| Pop-al        | 0           | 0              | 0           | 0           | 99             | 99          | 99             | 0            | 0               | 99           | 0            |
| Pop-sb        | 0           | 0              | 0           | 0           | 99             | 99          | 99             | 0            | 0               | 99           | 0            |
| <b>Me</b>     | 1           | 0              | 1           | 0           | 0              | 1           | 1              | 1            | 0               | 1            | 1            |
| <b>Mc</b>     | 0           | 0              | 0           | 2           | 2              | 0           | 0              | 0            | 2               | 0            | 0            |
| <b>MI</b>     | 0           | 3              | 0           | 0           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 0            |
| Ptf           | 1           | 0              | 0           | 1           | 1              | 1           | 1              | 1            | 1               | 1            | 0            |
| Pst           | 0           | 2              | 2           | 0           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 2            |
| <b>Re</b>     | 0           | 1              | 0           | 0           | 1              | 1           | 1              | 1            | 1               | 1            | 0            |
| <b>Rne</b>    | 2           | 0              | 2           | 2           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 2            |
| apR           | 1           | 1              | 1           | 1           | 1              | 1           | 1              | 0            | 1               | 1            | 1            |
| apA           | 0           | 0              | 0           | 0           | 0              | 0           | 0              | 2            | 0               | 0            | 0            |
| <b>AnP</b>    | 60.76       | 51.93          | 62.78       | 99          | 99             | 99          | 99             | 50.52        | 48.04           | 51.95        | 57.22        |
| Anp           | 50.94       | 42.51          | 43.43       | 47.114      | 65.59          | 58.57       | 57.96          | 61.88        | 40.17           | 55.34        | 43.19        |
| AnV1°         | 38.12       | 25.83          | 34.79       | 35.97       | 37.3           | 38.14       | 38.34          | 45.82        | 32.65           | 37.89        | 28.75        |
| <b>AnV2°</b>  | 0           | 0              | 0           | 0           | 40.65          | 99          | 73.31          | 0            | 38.02           | 0            | 0            |
| AR            | 0.111       | 0.071          | 0.065       | 99          | 99             | 99          | 99             | 0.18         | 0.036           | 0.143        | 0.082        |
| <b>ARn°</b>   | 0.026       | 0.03           | 0.016       | 0.027       | 0.058          | 0.029       | 0.03           | 0.049        | 0.015           | 0.023        | 0.031        |
| VI            | 1           | 1              | 0           | 1           | 0              | 0           | 0              | 1            | 0               | 1            | 1            |
| Vb            | 0           | 0              | 0           | 0           | 2              | 2           | 2              | 0            | 2               | 0            | 0            |
| Vr            | 0           | 0              | 3           | 0           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 0            |
| <b>pop</b>    | 0           | 1              | 0           | 0           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 0            |
| <b>psb</b>    | 2           | 0              | 0           | 2           | 2              | 2           | 2              | 2            | 2               | 2            | 0            |
| <b>pal</b>    | 0           | 0              | 3           | 0           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 3            |
| <b>pop-sb</b> | 0           | 0              | 0           | 0           | 0              | 0           | 0              | 0            | 0               | 0            | 0            |
| Sel           | 99          | 1              | 1           | 0           | 99             | 0           | 99             | 0            | 1               | 99           | 99           |
| Srd           | 99          | 0              | 0           | 2           | 99             | 2           | 99             | 2            | 0               | 99           | 99           |
| LS            | 99          | 0.01           | 0.035       | 0.012       | 99             | 0.058       | 99             | 0.019        | 0.038           | 99           | 99           |
| AS            | 99          | 0.006          | 0.018       | 0.012       | 99             | 0.058       | 99             | 0.019        | 0.027           | 99           | 99           |
| <b>Spb</b>    | 99          | 0              | 0           | 0           | 99             | 0           | 99             | 0            | 0               | 99           | 99           |
| <b>Spa</b>    | 99          | 0              | 2           | 0           | 99             | 0           | 99             | 0            | 0               | 99           | 99           |
| <b>Stp</b>    | 99          | 3              | 0           | 3           | 99             | 3           | 99             | 3            | 3               | 99           | 99           |
| Sm            | 99          | 0              | 0           | 0           | 99             | 1           | 99             | 0            | 0               | 99           | 99           |
| Sv            | 99          | 2              | 2           | 2           | 99             | 0           | 99             | 2            | 2               | 99           | 99           |
| Sc            | 99          | 0              | 0           | 0           | 99             | 0           | 99             | 0            | 0               | 99           | 99           |
| <b>Sxp</b>    | 99          | 13             | 1           | 10          | 99             | 8           | 99             | 18           | 8               | 99           | 99           |

|               | Tz128 | Tz129 | Tz133(-) | Tz135  | Tz138 | Tz149 | Tz150 | Tz151(-) | Tz152 | Z1    | Z2     |
|---------------|-------|-------|----------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|--------|
| <b>1°</b>     | 0     | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0      |
| <b>2°</b>     | 2     | 2     | 2        | 2      | 2     | 2     | 2     | 2        | 2     | 2     | 2      |
| <b>3°</b>     | 0     | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0      |
| <b>4°</b>     | 0     | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0      |
| LP            | 2.2   | 1.36  | 2.03     | 1.23   | 1.76  | 1.83  | 2     | 1.4      | 1.95  | 4     | 4      |
| AP            | 0.5   | 0.43  | 0.43     | 0.63   | 0.6   | 0.5   | 0.5   | 0.2      | 0.56  | 1.6   | 2.2    |
| <b>Lp</b>     | 0.31  | 0.215 | 0.44     | 0.327  | 0.48  | 0.2   | 0.29  | 0.21     | 0.309 | 0.776 | 1.288  |
| <b>Ap</b>     | 0.12  | 0.061 | 0.14     | 0.102  | 0.164 | 0.052 | 0.107 | 0.103    | 0.096 | 0.197 | 0.305  |
| Pop           | 99    | 0     | 0        | 99     | 99    | 1     | 0     | 0        | 0     | 99    | 99     |
| Pal           | 99    | 2     | 2        | 99     | 99    | 0     | 2     | 0        | 2     | 99    | 99     |
| Psb           | 99    | 0     | 0        | 99     | 99    | 0     | 0     | 3        | 0     | 99    | 99     |
| Pop-al        | 99    | 0     | 0        | 99     | 99    | 0     | 0     | 0        | 0     | 99    | 99     |
| Pop-sb        | 99    | 0     | 0        | 99     | 99    | 0     | 0     | 0        | 0     | 99    | 99     |
| <b>Me</b>     | 1     | 1     | 1        | 1      | 1     | 1     | 1     | 0        | 1     | 1     | 1      |
| <b>Mc</b>     | 0     | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 0     | 2        | 0     | 0     | 0      |
| <b>MI</b>     | 0     | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0      |
| Ptf           | 1     | 1     | 0        | 0      | 1     | 1     | 1     | 1        | 1     | 1     | 1      |
| Pst           | 0     | 0     | 2        | 2      | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0      |
| <b>Re</b>     | 99    | 1     | 1        | 1      | 1     | 1     | 1     | 1        | 1     | 1     | 0      |
| <b>Rne</b>    | 99    | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 2      |
| apR           | 0     | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 1     | 1        | 1     | 1     | 1      |
| apA           | 2     | 2     | 2        | 2      | 2     | 2     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0      |
| <b>AnP</b>    | 99    | 99    | 59.9     | 67.195 | 99    | 51.43 | 99    | 76.17    | 99    | 99    | 99     |
| Anp           | 83.29 | 44.62 | 44.45    | 38.7   | 62    | 81.89 | 56.38 | 51.87    | 34.23 | 78.77 | 87.714 |
| AnV1°         | 49.37 | 32.66 | 40.56    | 57.28  | 69.97 | 99    | 40.56 | 47.94    | 41.62 | 56.83 | 49.86  |
| <b>AnV2°</b>  | 0     | 0     | 37.82    | 31.97  | 0     | 0     | 0     | 99       | 0     | 41.37 | 30.72  |
| AR            | 99    | 99    | 0.067    | 0.106  | 99    | 0.26  | 99    | 0.082    | 99    | 99    | 99     |
| <b>ARn°</b>   | 0.008 | 0.021 | 0.028    | 0.04   | 0.059 | 0.05  | 0.056 | 0.0103   | 0.079 | 0.072 | 0.115  |
| VI            | 1     | 1     | 0        | 0      | 1     | 1     | 1     | 0        | 1     | 0     | 0      |
| Vb            | 0     | 0     | 2        | 2      | 0     | 0     | 0     | 2        | 0     | 2     | 2      |
| Vr            | 0     | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0      |
| <b>pop</b>    | 0     | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 0     | 0        | 1     | 0     | 0      |
| <b>psb</b>    | 2     | 2     | 0        | 0      | 2     | 2     | 2     | 0        | 0     | 0     | 0      |
| <b>pal</b>    | 0     | 0     | 3        | 3      | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0      |
| <b>pop-sb</b> | 0     | 0     | 0        | 0      | 0     | 0     | 0     | 4        | 0     | 4     | 4      |
| Sel           | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 0     | 99    | 1        | 1     | 0     | 99     |
| Srd           | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 2     | 99    | 0        | 0     | 2     | 99     |
| LS            | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 0.02  | 99    | 0.084    | 0.018 | 0.015 | 99     |
| AS            | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 0.02  | 99    | 0.064    | 0.015 | 0.015 | 99     |
| <b>Spb</b>    | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 0     | 99    | 1        | 0     | 0     | 99     |
| <b>Spa</b>    | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 0     | 99    | 0        | 0     | 0     | 99     |
| <b>Stp</b>    | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 3     | 99    | 0        | 3     | 3     | 99     |
| Sm            | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 0     | 99    | 0        | 1     | 0     | 99     |
| Sv            | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 2     | 99    | 2        | 0     | 0     | 99     |
| Sc            | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 0     | 99    | 0        | 0     | 3     | 99     |
| <b>Sxp</b>    | 99    | 99    | 99       | 99     | 99    | 16    | 99    | 1        | 22    | 20    | 99     |

|               | <b>Z3</b> | <b>Z5(+)</b> | <b>Z9</b> | <b>Z18</b> | <b>Z19</b> | <b>Z20(-)</b> | <b>Z22(1)</b> | <b>Z22(2)</b> | <b>Z23(-)(2)</b> | <b>Z23(+)</b> | <b>Z27</b> |
|---------------|-----------|--------------|-----------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|------------------|---------------|------------|
| <b>1°</b>     | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| <b>2°</b>     | 2         | 2            | 2         | 2          | 2          | 2             | 2             | 2             | 2                | 2             | 2          |
| <b>3°</b>     | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| <b>4°</b>     | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| LP            | 3         | 1.3          | 1.7       | 3.6        | 3.36       | 4             | 3.9           | 2             | 3.6              | 5.5           | 3.16       |
| AP            | 1.9       | 1.5          | 1.7       | 1.1        | 1.63       | 99            | 2             | 1.7           | 1.65             | 2.8           | 1.25       |
| <b>Lp</b>     | 1.078     | 1.01         | 0.727     | 0.723      | 1.036      | 0.9           | 0.828         | 0.766         | 0.737            | 1.241         | 0.757      |
| <b>Ap</b>     | 0.245     | 0.227        | 0.199     | 0.284      | 0.252      | 0.222         | 0.356         | 0.233         | 0.235            | 0.249         | 0.198      |
| Pop           | 99        | 99           | 99        | 99         | 99         | 99            | 99            | 99            | 99               | 99            | 0          |
| Pal           | 99        | 99           | 99        | 99         | 99         | 99            | 99            | 99            | 99               | 99            | 0          |
| Psb           | 99        | 99           | 99        | 99         | 99         | 99            | 99            | 99            | 99               | 99            | 3          |
| Pop-al        | 99        | 99           | 99        | 99         | 99         | 99            | 99            | 99            | 99               | 99            | 0          |
| Pop-sb        | 99        | 99           | 99        | 99         | 99         | 99            | 99            | 99            | 99               | 99            | 0          |
| <b>Me</b>     | 1         | 1            | 1         | 1          | 1          | 1             | 1             | 1             | 1                | 1             | 1          |
| <b>Mc</b>     | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| <b>MI</b>     | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| Ptf           | 1         | 1            | 1         | 1          | 1          | 1             | 1             | 1             | 1                | 1             | 1          |
| Pst           | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| <b>Re</b>     | 1         | 1            | 1         | 1          | 1          | 1             | 1             | 1             | 1                | 1             | 1          |
| <b>Rne</b>    | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| apR           | 1         | 1            | 1         | 1          | 1          | 1             | 1             | 1             | 1                | 1             | 1          |
| apA           | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| <b>AnP</b>    | 99        | 99           | 99        | 99         | 99         | 99            | 99            | 99            | 99               | 99            | 76.54      |
| Anp           | 77.082    | 88.46        | 78.34     | 82.33      | 79.99      | 74.78         | 86.26         | 83.76         | 76.8             | 82.34         | 72.72      |
| AnV1°         | 61.43     | 58.76        | 56.63     | 53.97      | 60.04      | 46.94         | 99            | 56.24         | 59.41            | 60.75         | 53.38      |
| <b>AnV2°</b>  | 46.37     | 52.09        | 41.93     | 38.65      | 45.79      | 38.202        | 43.15         | 44.11         | 48.34            | 47.16         | 46.43      |
| AR            | 99        | 99           | 99        | 99         | 99         | 99            | 99            | 99            | 99               | 99            | 0.267      |
| <b>ARn°</b>   | 0.077     | 0.07         | 0.073     | 0.076      | 0.104      | 0.086         | 0.042         | 0.07          | 0.074            | 0.085         | 0.068      |
| VI            | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| Vb            | 2         | 2            | 2         | 2          | 2          | 2             | 2             | 2             | 2                | 2             | 2          |
| Vr            | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| <b>pop</b>    | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| <b>psb</b>    | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| <b>pal</b>    | 0         | 0            | 0         | 0          | 0          | 0             | 0             | 0             | 0                | 0             | 0          |
| <b>pop-sb</b> | 4         | 4            | 4         | 4          | 4          | 4             | 4             | 4             | 4                | 4             | 4          |
| Sel           | 0         | 0            | 99        | 0          | 99         | 0             | 99            | 99            | 99               | 99            | 0          |
| Srd           | 2         | 2            | 99        | 2          | 99         | 2             | 99            | 99            | 99               | 99            | 2          |
| LS            | 0.017     | 0.018        | 99        | 0.011      | 99         | 0.02          | 99            | 99            | 99               | 99            | 0.02       |
| AS            | 0.017     | 0.018        | 99        | 0.011      | 99         | 0.02          | 99            | 99            | 99               | 99            | 0.02       |
| <b>Spb</b>    | 0         | 0            | 99        | 0          | 99         | 0             | 99            | 99            | 99               | 99            | 0          |
| <b>Spa</b>    | 0         | 0            | 99        | 0          | 99         | 0             | 99            | 99            | 99               | 99            | 0          |
| <b>Stp</b>    | 3         | 3            | 99        | 3          | 99         | 3             | 99            | 99            | 99               | 99            | 3          |
| Sm            | 0         | 0            | 99        | 0          | 99         | 0             | 99            | 99            | 99               | 99            | 0          |
| Sv            | 0         | 0            | 99        | 0          | 99         | 0             | 99            | 99            | 99               | 99            | 0          |
| Sc            | 3         | 3            | 99        | 3          | 99         | 3             | 99            | 99            | 99               | 99            | 3          |
| <b>Sxp</b>    | 20        | 3            | 99        | 25         | 99         | 6             | 99            | 99            | 99               | 99            | 10         |

|               | <b>Z29</b> | <b>Z32</b> | <b>Z42</b> | <b>Z54(1)</b> | <b>Z54(2)</b> | <b>Z55</b> | <b>Z57</b> | <b>Z59</b> | <b>Z62</b> | <b>Z64</b> | <b>Z67(+)</b> | <b>Z69</b> |
|---------------|------------|------------|------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|------------|
| <b>1°</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>2°</b>     | 2          | 2          | 2          | 2             | 2             | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2             | 2          |
| <b>3°</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>4°</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| LP            | 8          | 4          | 5.3        | 4             | 4             | 3.25       | 4.55       | 5          | 3.3        | 4.2        | 2.9           | 2.8        |
| AP            | 2.45       | 1.5        | 1.4        | 1.8           | 1.7           | 1.3        | 2.3        | 2.3        | 1.7        | 2.3        | 2.4           | 0.868      |
| <b>Lp</b>     | 1.22       | 0.95       | 0.676      | 0.85          | 0.745         | 0.637      | 1.1        | 1.2        | 0.744      | 0.831      | 1.128         | 0.436      |
| <b>Ap</b>     | 0.263      | 0.323      | 0.28       | 0.208         | 0.215         | 0.199      | 0.314      | 0.225      | 0.202      | 0.23       | 0.224         | 0.258      |
| Pop           | 99         | 99         | 99         | 99            | 99            | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Pal           | 99         | 99         | 99         | 99            | 99            | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Psb           | 99         | 99         | 99         | 99            | 99            | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Pop-al        | 99         | 99         | 99         | 99            | 99            | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Pop-sb        | 99         | 99         | 99         | 99            | 99            | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| <b>Me</b>     | 1          | 1          | 1          | 1             | 1             | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1             | 1          |
| <b>Mc</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>MI</b>     | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| Ptf           | 1          | 1          | 1          | 1             | 1             | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1             | 1          |
| Pst           | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>Re</b>     | 1          | 1          | 1          | 1             | 1             | 1          | 1          | 99         | 1          | 1          | 1             | 1          |
| <b>Rne</b>    | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 99         | 0          | 0          | 0             | 0          |
| apR           | 1          | 1          | 1          | 1             | 1             | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1             | 1          |
| apA           | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>AnP</b>    | 99         | 99         | 99         | 99            | 99            | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Anp           | 76.32      | 75.57      | 80.28      | 90            | 82.31         | 86.99      | 87.89      | 88.98      | 87.15      | 79.38      | 61.167        | 64.62      |
| AnV1°         | 57.17      | 55.86      | 58.07      | 59.65         | 62.82         | 60.84      | 65.58      | 53.99      | 64.18      | 57.46      | 47.94         | 39.86      |
| <b>AnV2°</b>  | 38.38      | 43.45      | 47.56      | 54.37         | 36.9          | 41.3       | 41.31      | 47.76      | 57.77      | 41.37      | 47.11         | 47.42      |
| AR            | 99         | 99         | 99         | 99            | 99            | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| <b>ARn°</b>   | 0.122      | 0.079      | 0.071      | 0.076         | 0.08          | 0.051      | 0.092      | 0.082      | 0.076      | 0.099      | 0.06          | 0.056      |
| VI            | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| Vb            | 2          | 2          | 2          | 2             | 2             | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2             | 2          |
| Vr            | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>pop</b>    | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>psb</b>    | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 2          |
| <b>pal</b>    | 0          | 0          | 0          | 0             | 0             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0             | 0          |
| <b>pop-sb</b> | 4          | 4          | 4          | 4             | 4             | 4          | 4          | 4          | 4          | 4          | 4             | 0          |
| Sel           | 99         | 0          | 99         | 0             | 99            | 99         | 0          | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Srd           | 99         | 2          | 99         | 2             | 99            | 99         | 2          | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| LS            | 99         | 0.024      | 99         | 0.019         | 99            | 99         | 0.026      | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| AS            | 99         | 0.024      | 99         | 0.019         | 99            | 99         | 0.026      | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| <b>Spb</b>    | 99         | 0          | 99         | 0             | 99            | 99         | 0          | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| <b>Spa</b>    | 99         | 0          | 99         | 0             | 99            | 99         | 0          | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| <b>Stp</b>    | 99         | 3          | 99         | 3             | 99            | 99         | 3          | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Sm            | 99         | 0          | 99         | 0             | 99            | 99         | 0          | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Sv            | 99         | 0          | 99         | 0             | 99            | 99         | 0          | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| Sc            | 99         | 3          | 99         | 3             | 99            | 99         | 3          | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |
| <b>Sxp</b>    | 99         | 8          | 99         | 18            | 99            | 99         | 9          | 99         | 99         | 99         | 99            | 99         |

|               | <b>Z70</b> | <b>Z71</b> | <b>Z72(1)</b> | <b>Z88</b> | <b>Z103</b> | <b>Z127</b> | <b>Z44</b> | <b>Z23(-)(1)</b> | <b>Z53(-)</b> | <b>Z128</b> | <b>T1</b> | <b>T3</b> |
|---------------|------------|------------|---------------|------------|-------------|-------------|------------|------------------|---------------|-------------|-----------|-----------|
| <b>1°</b>     | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| <b>2°</b>     | 2          | 2          | 2             | 2          | 2           | 2           | 2          | 2                | 2             | 2           | 2         | 2         |
| <b>3°</b>     | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| <b>4°</b>     | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| LP            | 4          | 3.8        | 3             | 2.2        | 4.2         | 6.25        | 3.2        | 3.26             | 2             | 3.7         | 4.25      | 2.45      |
| AP            | 1.7        | 1.204      | 1.4           | 0.9        | 2           | 2.25        | 1.7        | 1.25             | 1             | 2           | 1.23      | 1.8       |
| <b>Lp</b>     | 0.8        | 0.57       | 0.709         | 0.45       | 1           | 1.06        | 0.758      | 1.055            | 0.5           | 1.45        | 0.93      | 0.85      |
| <b>Ap</b>     | 0.254      | 0.301      | 0.311         | 0.262      | 0.299       | 0.297       | 0.206      | 0.262            | 0.184         | 0.231       | 0.205     | 0.267     |
| Pop           | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 99          | 99         | 0                | 99            | 99          | 99        | 99        |
| Pal           | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 99          | 99         | 0                | 99            | 99          | 99        | 99        |
| Psb           | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 99          | 99         | 3                | 99            | 99          | 99        | 99        |
| Pop-al        | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 99          | 99         | 0                | 99            | 99          | 99        | 99        |
| Pop-sb        | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 99          | 99         | 0                | 99            | 99          | 99        | 99        |
| <b>Me</b>     | 1          | 1          | 1             | 1          | 1           | 1           | 1          | 1                | 1             | 1           | 1         | 1         |
| <b>Mc</b>     | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| <b>MI</b>     | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| Ptf           | 1          | 1          | 1             | 1          | 1           | 1           | 1          | 1                | 1             | 1           | 1         | 1         |
| Pst           | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| <b>Re</b>     | 1          | 1          | 1             | 1          | 1           | 1           | 0          | 1                | 1             | 1           | 1         | 1         |
| <b>Rne</b>    | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 2          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| apR           | 1          | 1          | 1             | 1          | 1           | 1           | 1          | 1                | 1             | 1           | 1         | 1         |
| apA           | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| <b>AnP</b>    | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 99          | 99         | 82.59            | 99            | 99          | 99        | 99        |
| Anp           | 81.99      | 90         | 90            | 65.64      | 75.29       | 70.038      | 80.31      | 71.81            | 77.6          | 88.07       | 81.7      | 85.4      |
| AnV1°         | 61.4       | 67.84      | 55            | 36.38      | 59.15       | 56.93       | 50.76      | 44.8             | 69.59         | 60          | 55.73     | 68.32     |
| <b>AnV2°</b>  | 50.37      | 41.81      | 40.74         | 43.48      | 39.08       | 43.05       | 54.63      | 44.63            | 32.52         | 52.59       | 41.8      | 48.14     |
| AR            | 99         | 99         | 99            | 99         | 99          | 99          | 99         | 0.388            | 99            | 99          | 99        | 99        |
| <b>ARn°</b>   | 0.073      | 0.048      | 0.068         | 0.051      | 0.065       | 0.067       | 0.07       | 0.12             | 0.064         | 0.103       | 0.061     | 0.073     |
| VI            | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| Vb            | 2          | 2          | 2             | 2          | 2           | 2           | 2          | 2                | 2             | 2           | 2         | 2         |
| Vr            | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| <b>pop</b>    | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| <b>psb</b>    | 0          | 0          | 0             | 2          | 0           | 0           | 0          | 0                | 2             | 2           | 0         | 0         |
| <b>pal</b>    | 0          | 0          | 0             | 0          | 0           | 0           | 0          | 0                | 0             | 0           | 0         | 0         |
| <b>pop-sb</b> | 4          | 4          | 4             | 0          | 4           | 4           | 4          | 4                | 0             | 0           | 4         | 4         |
| Sel           | 0          | 99         | 99            | 99         | 99          | 0           | 0          | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| Srd           | 2          | 99         | 99            | 99         | 99          | 2           | 2          | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| LS            | 0.024      | 99         | 99            | 99         | 99          | 0.042       | 0.024      | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| AS            | 0.024      | 99         | 99            | 99         | 99          | 0.042       | 0.007      | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| <b>Spb</b>    | 0          | 99         | 99            | 99         | 99          | 0           | 0          | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| <b>Spa</b>    | 0          | 99         | 99            | 99         | 99          | 0           | 0          | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| <b>Stp</b>    | 3          | 99         | 99            | 99         | 99          | 3           | 3          | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| Sm            | 0          | 99         | 99            | 99         | 99          | 0           | 0          | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| Sv            | 0          | 99         | 99            | 99         | 99          | 0           | 2          | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| Sc            | 3          | 99         | 99            | 99         | 99          | 3           | 0          | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |
| <b>Sxp</b>    | 16         | 99         | 99            | 99         | 99          | 11          | 12         | 99               | 99            | 99          | 99        | 99        |

|               | <b>T13</b> | <b>T15</b> | <b>T17</b> | <b>T30</b> | <b>T31</b> | <b>T67</b> | <b>T80</b> | <b>T110</b> | <b>T120</b> | <b>R15</b> | <b>R32</b> | <b>R40</b> | <b>R130</b> |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|
| <b>1°</b>     | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           |
| <b>2°</b>     | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2           | 2           | 2          | 2          | 2          | 0           |
| <b>3°</b>     | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 3           |
| <b>4°</b>     | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           |
| LP            | 3.8        | 2          | 6.3        | 4.5        | 1.66       | 5          | 2.8        | 6           | 4.4         | 5          | 2          | 3.3        | 4           |
| AP            | 1.7        | 2          | 1.5        | 1.7        | 0.6        | 1.8        | 2.1        | 2.45        | 1.15        | 1.9        | 0.9        | 1.9        | 2           |
| <b>Lp</b>     | 0.76       | 1          | 0.6        | 0.83       | 0.379      | 0.95       | 1.35       | 1.13        | 0.46        | 1          | 0.515      | 0.95       | 1           |
| <b>Ap</b>     | 0.183      | 0.199      | 0.188      | 0.208      | 0.159      | 0.225      | 0.209      | 0.258       | 0.253       | 0.278      | 0.197      | 0.322      | 0.28        |
| Pop           | 99         | 99         | 99         | 99         | 0          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         | 99         | 99          |
| Pal           | 99         | 99         | 99         | 99         | 0          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         | 99         | 99          |
| Psb           | 99         | 99         | 99         | 99         | 3          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         | 99         | 99          |
| Pop-al        | 99         | 99         | 99         | 99         | 0          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         | 99         | 99          |
| Pop-sb        | 99         | 99         | 99         | 99         | 0          | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         | 99         | 99          |
| <b>Me</b>     | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1           | 1           | 1          | 0          | 1          | 0           |
| <b>Mc</b>     | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 2          | 0          | 2           |
| <b>MI</b>     | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           |
| Ptf           | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1           | 1           | 1          | 1          | 1          | 1           |
| Pst           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           |
| <b>Re</b>     | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1           | 1           | 1          | 1          | 1          | 0           |
| <b>Rne</b>    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 2           |
| apR           | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1           | 1           | 1          | 1          | 1          | 0           |
| apA           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 2           |
| <b>AnP</b>    | 99         | 99         | 99         | 99         | 69.97      | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         | 99         | 99          |
| Anp           | 82.02      | 79.24      | 86.92      | 72.59      | 83.01      | 88.28      | 84.122     | 78.89       | 53.84       | 88.26      | 60.46      | 89.163     | 29.19       |
| AnV1°         | 59.05      | 61.8       | 60.89      | 60.07      | 55.4       | 62.07      | 58.33      | 61          | 42.49       | 67.04      | 38.42      | 66         | 32.03       |
| <b>AnV2°</b>  | 46.68      | 48.95      | 47.92      | 45.69      | 51.16      | 51.51      | 60.28      | 43.7        | 34.25       | 44.4       | 99         | 53.3       | 40.91       |
| AR            | 99         | 99         | 99         | 99         | 0.145      | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 99         | 99         | 99          |
| <b>ARn°</b>   | 0.066      | 0.045      | 0.078      | 0.112      | 0.042      | 0.071      | 0.071      | 0.093       | 0.08        | 0.087      | 0.033      | 0.075      | 0.1         |
| VI            | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           |
| Vb            | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2          | 2           | 2           | 2          | 2          | 2          | 2           |
| Vr            | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           |
| <b>pop</b>    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 0           |
| <b>psb</b>    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 2           | 2          | 0          | 2          | 0           |
| <b>pal</b>    | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0           | 0           | 0          | 0          | 0          | 3           |
| <b>pop-sb</b> | 4          | 4          | 4          | 4          | 4          | 4          | 4          | 4           | 0           | 0          | 4          | 0          | 0           |
| Sel           | 0          | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 1          | 99         | 99          |
| Srd           | 2          | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 0          | 99         | 99          |
| LS            | 0.02       | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 0.168      | 99         | 99          |
| AS            | 0.02       | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 0.095      | 99         | 99          |
| <b>Spb</b>    | 0          | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 1          | 99         | 99          |
| <b>Spa</b>    | 0          | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 0          | 99         | 99          |
| <b>Stp</b>    | 3          | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 0          | 99         | 99          |
| Sm            | 0          | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 0          | 99         | 99          |
| Sv            | 0          | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 2          | 99         | 99          |
| Sc            | 3          | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 0          | 99         | 99          |
| <b>Sxp</b>    | 7          | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99         | 99          | 99          | 99         | 1          | 99         | 99          |

|               | <b>R161</b> | <b>Ca</b> | <b>Pb338</b> | <b>Pb399</b> | <b>Cbr</b> | <b>Gn(T)</b> | <b>Gn(SP78)</b> | <b>Gn(SP84)</b> | <b>Cs</b> | <b>Cb</b> | <b>Cbl</b> | <b>Ch</b> |
|---------------|-------------|-----------|--------------|--------------|------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| <b>1°</b>     | 0           | 0         | 0            | 0            | 0          | 0            | 0               | 0               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| <b>2°</b>     | 0           | 2         | 2            | 2            | 0          | 2            | 2               | 2               | 0         | 2         | 2          | 2         |
| <b>3°</b>     | 3           | 0         | 0            | 0            | 3          | 0            | 0               | 0               | 3         | 0         | 0          | 0         |
| <b>4°</b>     | 0           | 0         | 0            | 0            | 0          | 0            | 0               | 0               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| LP            | 4.5         | 3.91      | 5            | 2            | 10         | 1.81         | 2.2             | 5               | 7.05      | 2.65      | 3.16       | 2.5       |
| AP            | 2.5         | 1.84      | 2            | 1            | 3.5        | 0.641        | 0.6             | 0.9             | 2.06      | 0.4       | 1.03       | 1         |
| <b>Lp</b>     | 1.2         | 1.209     | 1            | 0.5          | 5.5        | 0.314        | 0.3             | 0.4             | 0.147     | 0.6       | 0.69       | 0.55      |
| <b>Ap</b>     | 0.3         | 0.33      | 0.278        | 0.16         | 1.2        | 0.11         | 0.1             | 0.125           | 0.133     | 0.21      | 0.36       | 0.43      |
| Pop           | 99          | 0         | 99           | 99           | 0          | 99           | 0               | 99              | 1         | 99        | 0          | 0         |
| Pal           | 99          | 0         | 99           | 99           | 2          | 99           | 0               | 99              | 0         | 99        | 2          | 2         |
| Psb           | 99          | 3         | 99           | 99           | 0          | 99           | 3               | 99              | 0         | 99        | 0          | 0         |
| Pop-al        | 99          | 0         | 99           | 99           | 0          | 99           | 0               | 99              | 0         | 99        | 0          | 0         |
| Pop-sb        | 99          | 0         | 99           | 99           | 0          | 99           | 0               | 99              | 0         | 99        | 0          | 0         |
| <b>Me</b>     | 0           | 1         | 1            | 1            | 0          | 0            | 0               | 0               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| <b>Mc</b>     | 2           | 0         | 0            | 0            | 0          | 2            | 2               | 2               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| <b>MI</b>     | 0           | 0         | 0            | 0            | 3          | 0            | 0               | 0               | 3         | 3         | 3          | 3         |
| Ptf           | 1           | 0         | 1            | 1            | 1          | 1            | 1               | 1               | 0         | 0         | 1          | 1         |
| Pst           | 0           | 2         | 0            | 0            | 0          | 0            | 0               | 0               | 2         | 2         | 0          | 0         |
| <b>Re</b>     | 0           | 1         | 1            | 1            | 1          | 1            | 1               | 1               | 0         | 99        | 0          | 0         |
| <b>Rne</b>    | 2           | 0         | 0            | 0            | 0          | 0            | 0               | 0               | 2         | 99        | 2          | 2         |
| apR           | 0           | 0         | 1            | 1            | 0          | 1            | 1               | 1               | 0         | 0         | 1          | 1         |
| apA           | 2           | 2         | 0            | 0            | 2          | 0            | 0               | 0               | 2         | 2         | 0          | 0         |
| <b>AnP</b>    | 99          | 99        | 99           | 99           | 49.9       | 99           | 99              | 99              | 35.66     | 99        | 27.33      | 34.33     |
| Anp           | 49.92       | 99        | 80.61        | 77.46        | 48.15      | 56.62        | 35              | 42.5            | 31        | 45        | 43         | 45.33     |
| AnV1°         | 26.81       | 51.603    | 62.75        | 65.43        | 50.41      | 99           | 99              | 99              | 40.66     | 50        | 55.66      | 57.66     |
| <b>AnV2°</b>  | 52.91       | 0         | 60           | 49.04        | 0          | 99           | 99              | 99              | 0         | 0         | 0          | 0         |
| AR            | 99          | 99        | 99           | 99           | 0.076      | 99           | 0.15            | 99              | 0.2       | 0.4       | 0.3        | 0.1       |
| <b>ARn°</b>   | 0.09        | 0.084     | 0.118        | 0.052        | 0.018      | 0.029        | 0.05            | 99              | 0.02      | 0.05      | 0.1        | 0.05      |
| VI            | 0           | 1         | 0            | 0            | 1          | 0            | 0               | 1               | 99        | 99        | 1          | 1         |
| Vb            | 2           | 0         | 2            | 2            | 0          | 2            | 2               | 0               | 99        | 99        | 0          | 0         |
| Vr            | 0           | 0         | 0            | 0            | 0          | 0            | 0               | 0               | 99        | 99        | 0          | 0         |
| <b>pop</b>    | 0           | 1         | 0            | 0            | 0          | 0            | 0               | 0               | 0         | 0         | 1          | 0         |
| <b>psb</b>    | 0           | 0         | 2            | 2            | 0          | 0            | 0               | 0               | 0         | 2         | 0          | 0         |
| <b>pal</b>    | 3           | 0         | 0            | 0            | 0          | 0            | 0               | 0               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| <b>pop-sb</b> | 0           | 0         | 0            | 0            | 4          | 4            | 4               | 4               | 4         | 0         | 0          | 4         |
| Sel           | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 1            | 1               | 1               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| Srd           | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 0            | 0               | 0               | 2         | 2         | 2          | 2         |
| LS            | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 0.095        | 0.1             | 0.15            | 0.141     | 0.11      | 0.15       | 0.118     |
| AS            | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 0.051        | 0.05            | 0.1             | 0.133     | 0.11      | 0.09       | 0.09      |
| <b>Spb</b>    | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 1            | 1               | 1               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| <b>Spa</b>    | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 0            | 0               | 0               | 2         | 2         | 2          | 2         |
| <b>Stp</b>    | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 0            | 0               | 0               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| Sm            | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 0            | 0               | 0               | 1         | 1         | 1          | 1         |
| Sv            | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 2            | 2               | 2               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| Sc            | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 0            | 0               | 0               | 0         | 0         | 0          | 0         |
| <b>Sxp</b>    | 99          | 99        | 99           | 99           | 99         | 1            | 1               | 1               | 1         | 1         | 2          | 1         |

|               | <b>Cm</b> | <b>Cmg</b> | <b>Ka</b> | <b>El</b> | <b>Dm</b> | <b>Dk</b> | <b>P</b> | <b>Cp</b> | <b>Cw</b> | <b>Gsm</b> | <b>Cd</b> | <b>Ce</b> | <b>Cmz</b> | <b>Gp</b> |
|---------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| <b>1°</b>     | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0         | 0         | 99         | 0         | 0         | 0          | 0         |
| <b>2°</b>     | 0         | 2          | 0         | 2         | 2         | 2         | 2        | 0         | 0         | 99         | 2         | 2         | 2          | 2         |
| <b>3°</b>     | 0         | 0          | 3         | 0         | 0         | 0         | 0        | 3         | 3         | 99         | 0         | 0         | 0          | 0         |
| <b>4°</b>     | 4         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0         | 0         | 99         | 0         | 0         | 0          | 0         |
| LP            | 8.66      | 4.66       | 17        | 2.95      | 9         | 8         | 5.5      | 6         | 2         | 99         | 99        | 3.5       | 9          | 99        |
| AP            | 3.46      | 0.8        | 15        | 0.56      | 1.61      | 0.8       | 10       | 3         | 0.5       | 99         | 1.4       | 0.7       | 8          | 2.15      |
| <b>Lp</b>     | 0.425     | 0.43       | 0.73      | 0.71      | 1.075     | 0.43      | 5.5      | 0.25      | 0.12      | 4          | 0.8       | 0.423     | 6          | 1.1       |
| <b>Ap</b>     | 0.4       | 0.18       | 0.18      | 0.3       | 0.475     | 0.308     | 0.6      | 0.15      | 0.05      | 0.5        | 0.26      | 0.225     | 1.6        | 0.3       |
| Pop           | 0         | 0          | 0         | 0         | 99        | 0         | 99       | 0         | 1         | 0          | 0         | 0         | 99         | 0         |
| Pal           | 0         | 0          | 2         | 0         | 99        | 2         | 99       | 0         | 0         | 2          | 2         | 0         | 99         | 0         |
| Psb           | 3         | 0          | 0         | 3         | 99        | 0         | 99       | 0         | 0         | 0          | 0         | 3         | 99         | 0         |
| Pop-al        | 0         | 4          | 0         | 0         | 99        | 0         | 99       | 0         | 0         | 0          | 0         | 0         | 99         | 0         |
| Pop-sb        | 0         | 0          | 0         | 0         | 99        | 0         | 99       | 5         | 0         | 0          | 0         | 0         | 99         | 5         |
| <b>Me</b>     | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 1         | 1        | 0         | 0         | 1          | 0         | 1         | 0          | 0         |
| <b>Mc</b>     | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 2         | 0         | 0          | 0         |
| <b>MI</b>     | 3         | 3          | 3         | 3         | 3         | 0         | 0        | 3         | 3         | 0          | 0         | 0         | 3          | 3         |
| Ptf           | 0         | 99         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1        | 1         | 99        | 1          | 1         | 1         | 0          | 0         |
| Pst           | 2         | 99         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0         | 99        | 0          | 0         | 0         | 2          | 2         |
| <b>Re</b>     | 0         | 0          | 1         | 1         | 0         | 0         | 0        | 1         | 1         | 99         | 1         | 1         | 0          | 1         |
| <b>Rne</b>    | 2         | 2          | 0         | 0         | 2         | 2         | 2        | 0         | 0         | 99         | 0         | 0         | 2          | 0         |
| apR           | 1         | 1          | 0         | 1         | 1         | 1         | 1        | 0         | 1         | 1          | 0         | 1         | 1          | 1         |
| apA           | 0         | 0          | 2         | 0         | 0         | 0         | 0        | 2         | 0         | 0          | 2         | 0         | 0          | 0         |
| <b>AnP</b>    | 37.66     | 30.4       | 70        | 67.5      | 99        | 35.33     | 99       | 65        | 45        | 99         | 47.87     | 55.12     | 67.95      | 99        |
| Anp           | 49        | 99         | 25.33     | 43.33     | 29        | 51.33     | 90       | 35        | 60        | 70         | 70.93     | 66.71     | 60.61      | 70        |
| AnV1°         | 64        | 99         | 51.66     | 55.33     | 54.66     | 44.66     | 99       | 35        | 99        | 99         | 38.88     | 47.11     | 44.28      | 39.57     |
| <b>AnV2°</b>  | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 45        | 36.33     | 33.6       | 39.28     |
| AR            | 0.19      | 0.31       | 1.2       | 99        | 99        | 0.1       | 99       | 0.2       | 99        | 99         | 0.187     | 99        | 1.085      | 99        |
| <b>ARn°</b>   | 0.066     | 0.1        | 0.13      | 99        | 0.075     | 99        | 3.5      | 99        | 99        | 0.046      | 0.078     | 0.077     | 0.179      | 0.1       |
| VI            | 1         | 99         | 1         | 1         | 1         | 1         | 0        | 1         | 99        | 1          | 0         | 0         | 0          | 0         |
| Vb            | 0         | 99         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0         | 99        | 0          | 2         | 2         | 2          | 2         |
| Vr            | 0         | 99         | 0         | 0         | 0         | 0         | 3        | 0         | 99        | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         |
| <b>pop</b>    | 1         | 1          | 0         | 1         | 0         | 0         | 1        | 0         | 1         | 0          | 0         | 0         | 0          | 1         |
| <b>psb</b>    | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 0         | 0         | 0          | 0         | 2         | 0          | 0         |
| <b>pal</b>    | 0         | 0          | 3         | 0         | 3         | 3         | 0        | 0         | 0         | 3          | 3         | 0         | 3          | 0         |
| <b>pop-sb</b> | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0         | 0        | 4         | 0         | 0          | 0         | 0         | 0          | 0         |
| Sel           | 0         | 0          | 0         | 0         | 1         | 1         | 99       | 0         | 0         | 0          | 99        | 99        | 99         | 0         |
| Srd           | 2         | 2          | 2         | 2         | 0         | 0         | 99       | 2         | 2         | 2          | 99        | 99        | 99         | 2         |
| LS            | 0.07      | 0.425      | 0.175     | 0.07      | 0.075     | 0.241     | 99       | 0.1       | 99        | 99         | 99        | 99        | 99         | 0.046     |
| AS            | 0.063     | 0.215      | 0.175     | 0.051     | 0.025     | 0.141     | 99       | 0.1       | 0.05      | 99         | 99        | 99        | 99         | 0.046     |
| <b>Spb</b>    | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0         | 99       | 1         | 0         | 1          | 99        | 99        | 99         | 0         |
| <b>Spa</b>    | 2         | 2          | 2         | 0         | 0         | 2         | 99       | 0         | 2         | 0          | 99        | 99        | 99         | 0         |
| <b>Stp</b>    | 0         | 0          | 0         | 3         | 3         | 0         | 99       | 0         | 0         | 0          | 99        | 99        | 99         | 3         |
| Sm            | 1         | 1          | 1         | 1         | 1         | 0         | 99       | 0         | 0         | 0          | 99        | 99        | 99         | 0         |
| Sv            | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 2         | 99       | 2         | 0         | 0          | 99        | 99        | 99         | 0         |
| Sc            | 0         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0         | 99       | 0         | 3         | 3          | 99        | 99        | 99         | 3         |
| <b>Sxp</b>    | 1         | 3          | 1         | 3         | 3         | 1         | 99       | 1         | 99        | 1          | 99        | 99        | 99         | 16        |

|               | <b>Pc</b> | <b>Ps</b> | <b>Pa</b> | <b>Po</b> | <b>Sg</b> |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>1°</b>     | 1         | 1         | 1         | 1         | 0         |
| <b>2°</b>     | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>3°</b>     | 0         | 0         | 0         | 0         | 3         |
| <b>4°</b>     | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| LP            | 99        | 99        | 99        | 99        | 4.137     |
| AP            | 0.5       | 0.5       | 0.5       | 0.55      | 2.31      |
| <b>Lp</b>     | 0         | 0         | 0         | 0         | 1.007     |
| <b>Ap</b>     | 0         | 0         | 0         | 0         | 0.316     |
| Pop           | 0         | 1         | 0         | 0         | 99        |
| Pal           | 0         | 0         | 0         | 0         | 99        |
| Psb           | 3         | 0         | 0         | 3         | 99        |
| Pop-al        | 0         | 0         | 0         | 0         | 99        |
| Pop-sb        | 0         | 0         | 5         | 0         | 99        |
| <b>Me</b>     | 0         | 1         | 1         | 1         | 0         |
| <b>Mc</b>     | 2         | 0         | 0         | 0         | 2         |
| <b>MI</b>     | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Ptf           | 99        | 1         | 1         | 1         | 1         |
| Pst           | 99        | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>Re</b>     | 1         | 1         | 1         | 1         | 0         |
| <b>Rne</b>    | 0         | 0         | 0         | 0         | 2         |
| apR           | 1         | 0         | 99        | 0         | 0         |
| apA           | 0         | 2         | 99        | 2         | 2         |
| <b>AnP</b>    | 83.12     | 87        | 78.33     | 90        | 99        |
| Anp           | 0         | 0         | 0         | 0         | 36.36     |
| AnV1°         | 62.5      | 99        | 90        | 75        | 28.62     |
| <b>AnV2°</b>  | 0         | 0         | 0         | 0         | 43.81     |
| AR            | 0.173     | 0.25      | 0.15      | 0.25      | 99        |
| <b>ARn°</b>   | 0         | 0         | 0         | 0         | 0.076     |
| VI            | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Vb            | 0         | 2         | 0         | 2         | 2         |
| Vr            | 3         | 0         | 3         | 0         | 0         |
| <b>pop</b>    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>psb</b>    | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| <b>pal</b>    | 0         | 0         | 0         | 0         | 3         |
| <b>pop-sb</b> | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Sel           | 99        | 0         | 99        | 0         | 99        |
| Srd           | 99        | 2         | 99        | 2         | 99        |
| LS            | 99        | 0.095     | 99        | 0.1       | 99        |
| AS            | 99        | 0.095     | 99        | 0.1       | 99        |
| <b>Spb</b>    | 99        | 0         | 99        | 0         | 99        |
| <b>Spa</b>    | 99        | 0         | 99        | 0         | 99        |
| <b>Stp</b>    | 99        | 3         | 99        | 3         | 99        |
| Sm            | 99        | 0         | 99        | 0         | 99        |
| Sv            | 99        | 2         | 99        | 2         | 99        |
| Sc            | 99        | 0         | 99        | 0         | 99        |
| <b>Sxp</b>    | 99        | 66        | 99        | 40        | 99        |

## **XIII.    ÁPENDICE V**

### **Técnicas de preparación de los ejemplares fósiles**

#### **1.    Ácido fluorhídrico (HF)**

Esta técnica fue empleada únicamente en el ejemplar T24. Mediante un cincel pequeño y un martillo, se fragmento parte de la roca y se coloco en un frasco de platico (100ml de capacidad aproximadamente), se agrego ácido fluorhídrico a que cubriera apenas la roca y se tapo y dejo digerir por 2 hrs y media aproximadamente. Posteriormente, se decanto ese ácido y se lavo con agua destila, procurando no maltratar las cutículas sobrenadantes (Modificado de Wellman y Axe, 1999). Estas fueron colectadas mediante una aguja de disección y colocadas en un portaobjetos y posteriormente se montaron en Glicerina-Gel.

#### **2.    Peel de acetato de celulosa**

Se diluyeron 4 perlas de acetato de celulosa en suficiente acetona y mediante un pincel fino se coloco una capa delgada sobre las pinulas fértiles, se dejo secar y se repitió 5 veces más este procedimiento. Después con una aguja de disección, se levanto la capa seca del acetato y se coloco en un portaobjetos.

#### **3.    Cinta de poliéster (Brady)**

La cinta de poliéster (Fabricado por Brady Worldwide Inc., #60323; suministrado por Lab Safety Supply Inc., catalogo #17134) se corto a la medida de las pinulas y se coloco sobre ellas, presionando fuertemente, posteriormente con unas pinzas de disección se levanto y coloco en un portaobjetos. Una vez tomada la muestra, ésta se coloco dentro de un tubo de ensayo y se agrego unos cuantos mililitros de peróxido de hidrogeno al 20% por 20 minutos, se lavo con agua destilada y se agrego Chlorox (lejía) al 4% durante 15 minutos hasta el cambio de color. Posteriormente se sumergió en la solución de Schulze (una solución saturada de  $KClO_3$  en ácido nítrico ( $HNO_3$ ) al 70%), se dejo actuar por 5 min y se lavo con agua destilada, para después montar en Glicerina-Gel (Kouwenberg *et al.*, 2007).

#### **4. Roca**

Los fósiles fueron observados en un estereoscopio y se ubicaron las pinulas fértiles mejor conservadas. Posteriormente con una segueta y aguja de disección se extrajo la muestra del resto de la roca.

#### **5. Glicerina-Gel**

El frasco con Glicerina-Gel se colocó en un crisol a baño María, hasta que la consistencia de la Glicerina-Gel fuera más líquida, después, con un gotero se tomó una pequeña cantidad y se colocó una o dos gotas sobre el material biológico dispuesto en los portaobjetos y se cubrió con un cubreobjetos, se presionó sobre estos para eliminar burbujas de aire que pudieran permanecer dentro de la muestra. La preparación se dejó secar por dos días aproximadamente.

#### XIV. APÉNDICE VI

##### Taxonómia de los Filicales de la región Mixteca

**División** Pterophyta

**Clase** Filicopsida

**Orden** Filicales

**Familia** Dicksoniaceae

**Genero** *Cladophlebis*

*Cladophlebis exiliformis* (Geyler) Oishi, 1940

(Fig. I)

**Descripción:** Pinnas estériles, fragmentadas y separadas de la fronda, raquis estriado longitudinalmente. Pinnulas pinnatífidas, dispuestas al raquis de forma subopuesta en ángulos de 54° a 89°, ápice redondeado, margen entero, venación al menos tres veces bifurcada en ángulos primarios de 36° a 67° y secundarios de 34° a 73°.

**Dimensiones:** Fragmentos de tres pinnas, ancho del raquis secundario de 0.05 a 0.1 cm. Pinnas de 2.2 a 5 cm de longitud y de 0.7 a 2.5 cm de ancho. Pinnulas de 0.4 a 1.5 cm de longitud y de 0.08 a 0.3 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de pinnas estériles de los ejemplares CFZ-Tz71, CFZ-Tz71(+), CFZ-Z69, CFZ-Z88 y CFZ-T120.

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca, 17° 57' 1" N y 97° 57' 28.5" W; Río Numi, Formación Zorrillo, en el municipio de Tlaxiaco, Oaxaca, 17° 18' 15.9 N y 97° 42' 48.7 W y Cañada del ajo, Formación Tecocoyunca, en el municipio de Tecomatlán, Puebla, 18° 05' 30" N y 98° 87' W.

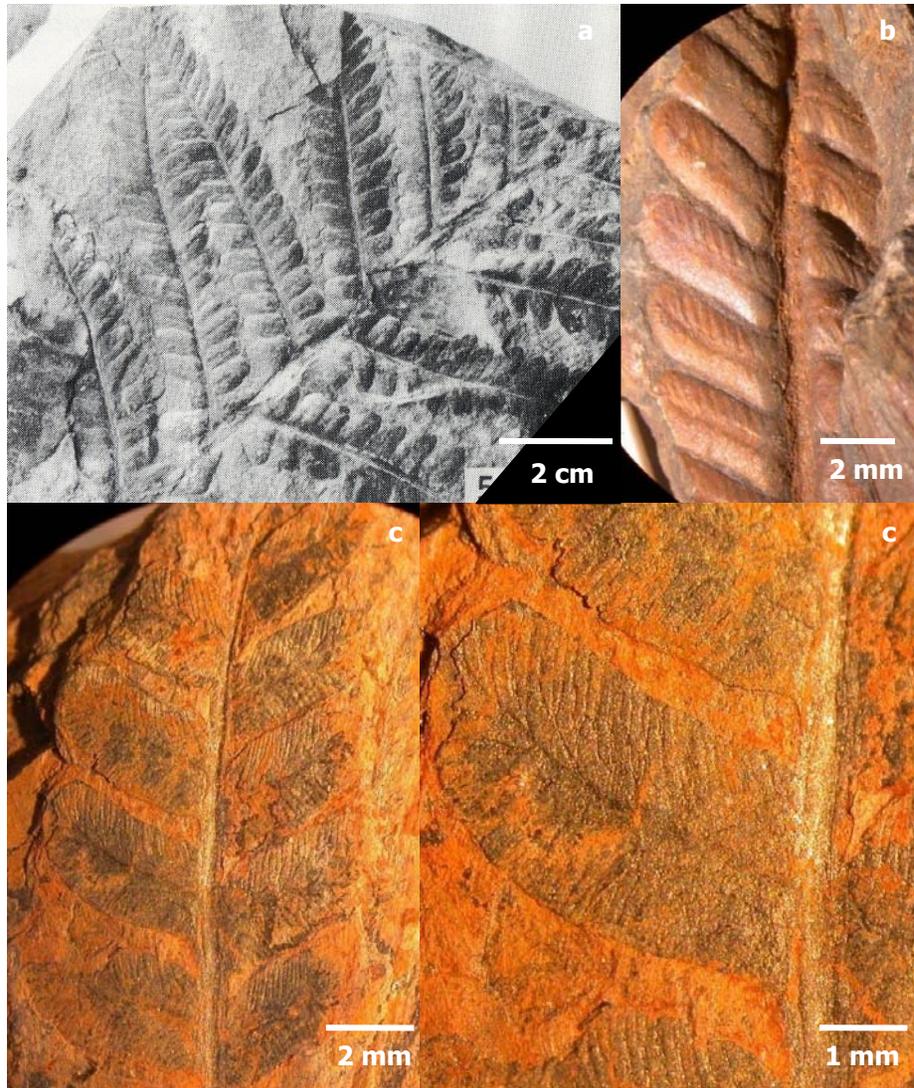


Figura 1. *Cladophlebis exiliformis*. a. Fronda incompleta, pinnas dispuestas al raquis de forma subopuesta (Lemoigne, 1984). b-c. Pinnas incompletas, pinnulas subopuestas, con margen entero, ápice redondeado, venación primaria bien marcada, CFZ-T120 y CFZ-Z69. d. Pinnula con venación primaria en ángulos de  $36^{\circ}$ - $67^{\circ}$  y venación secundaria al menos tres veces bifurcada en ángulos de  $34$ - $73^{\circ}$ , CFZ-Z88.

**Género** *Gonatosorus* Raciborski, 1894

*Gonatosorus nathorstii*

(Fig. II)

**Descripción:** Láminas al menos bipinnadas. Fragmentos de pinnas fértiles y estériles, en su mayoría fértiles, raquis estriado longitudinalmente. Pinna subopuestas, en ángulos de 75°; pinnulas pinnatífidas dispuestas al raquis de forma opuesta a subopuesta en ángulos de 35° a 60°, ápice redondeado, margen cercenado, venación bifurcada en ángulos primarios de 38° a 48°. Las pinnulas fértiles presentan un solo soros elongado en el centro de la base de cada pinnula.

**Dimensiones:** Raquis primario de 0.082 a 0.15 cm de ancho, raquis secundario de 0.01 a 0.05 cm de ancho. Pinna de 1.4 a 2.2 cm de longitud y de 0.2 a 0.9 cm de ancho. Pinnulas de 0.2 a 0.5 cm de longitud y de 0.1 a 0.2 cm de ancho. Soros de 0.084 a 0.168 cm de longitud y de 0.05 a 0.1 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de pinna de los ejemplares CFZ-Tz151(-) y CFZ-R32.

**Localidades:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca, **17° 57' 1" N y 97° 57' 28.5" W** y Rosario Nuevo, Formación Rosario, en el municipio de Tezoatlán, Oaxaca, **17° 36' 10.7" N y 97° 51' 26.6" W**.

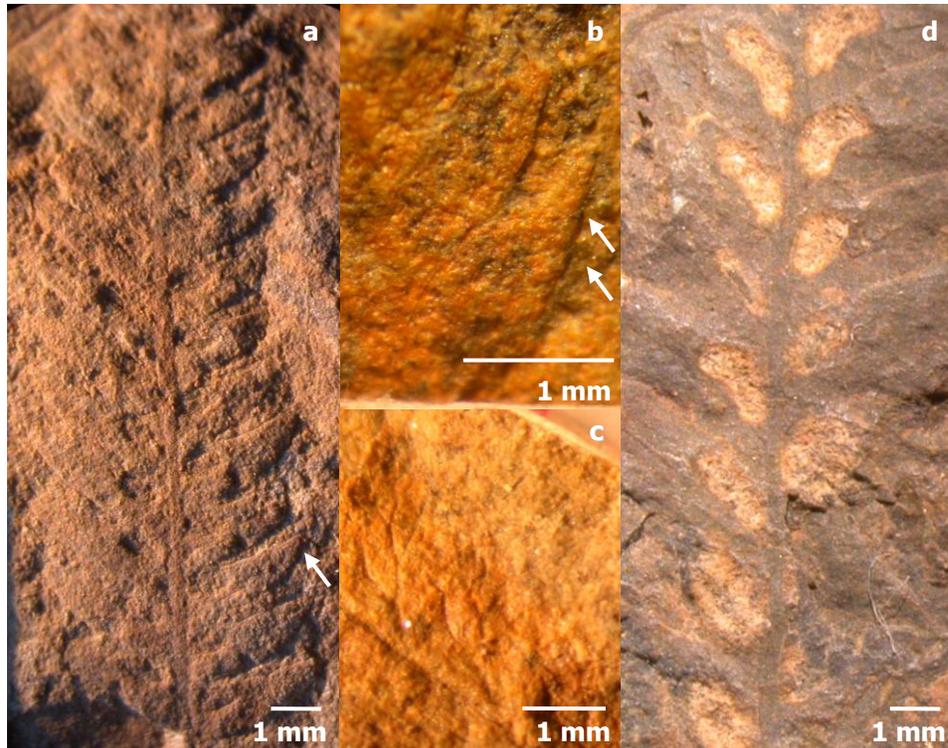


Figura II. *Gonatosorus nathorstii*. a. Pina fértil con pinnulas dispuestas al raquis de forma opuesta a subopuesta, la flecha señala el ápice redondeado, IGM-PB 1608 342. b. Margen cercenado señalado por las flechas CFZ-Tz151(-). c. Venación al menos tres veces bifurcada, CFZ-Tz151(-). d. Presenta un solo soro elongado dispuesto en el centro de la base de cada pinnula, CFZ-R32.

**Familia** Matoniaceae

**Genero** *Piazopteris* Lorch, 1967

*Piazopteris branneri* (White) Lorch

(Fig. III)

**Descripción:** Fragmentos de pinnas estériles, raquis estriado longitudinalmente, debido a la fragmentación no se observa la inserción de las pinnas al raquis. Pinnulas pinnatífidas, dispuestas al raquis de forma subopuesta, ápice redondeado, margen entero, venación bifurcada en ángulos primarios de 60° a 69° y secundarios de 32° a 60°.

**Dimensiones:** Ancho del raquis secundario de 0.052 a 0.118 cm. Pinnas de 2 a 5 cm de longitud y de 1 a 2 cm de ancho. Pinnulas de 0.9 a 1.5 cm de longitud y de 0.16 a 0.3 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de pinnas de los ejemplares CFZ-Z53(-), CFZ-Z128, CFZ-R15 y CFZ-R40

**Localidad:** Río Numi, Formación Zorrillo, en el municipio de Tlaxiaco, Oaxaca,  $17^{\circ} 18' 15.9 \text{ N}$  y  $97^{\circ} 42' 48.7 \text{ W}$  y Rosario Nuevo, Formación Rosario, en el municipio de Tezoatlán, Oaxaca,  $17^{\circ} 36' 10.7'' \text{ N}$  y  $97^{\circ} 51' 26.6'' \text{ W}$ .



Figura III. *Piazopteris branneri*. a. Fragmento de pinna, pinnulas subopuestas, ápice redondeado, CFZ-R15. b. Presenta raquis estriado longitudinalmente, la venación es bifurcada, aunque la venación primaria es mas marcada que la secundaria, CFZ-R40. c. Las pinnulas son pinnatífidas, la flecha marca la venación secundaria, que en este tipo de material se aprecia un poco más, CFZ-Z128.

**Familia** Gleicheniaceae

**Genero** *Sphenopteris* (Brongniart) Sternberg, 1825

*Sphenopteris (Ruffordia) cf. geopperti* Dunker, 1846

(Fig. IV)

**Descripción:** Pinnas estériles al menos tripinnadas (tres veces divididas), el raquis no presenta estrías. Pinnulas pinnatífidas, dispuestas al raquis de forma alterna en ángulos de 30° a 50°, ápice agudo, margen entero, venación bifurcada en ángulos primarios de 26.8° a 32° y secundarios de 41° a 53°.

**Dimensiones:** Ancho del raquis secundario de 0.1 cm. Pinnas de 4 a 4.5 cm de longitud y de 2 cm a 2.5 cm de ancho. Pinnulas de 1 cm de longitud y de 0.3 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de pinnas de los ejemplares CFZ-R130 y CFZ-R161.

**Localidad:** Cañada del ajo, Formación Tecocoyunca, en el municipio de Tecamatlán, Puebla, 18° 05' 30" N y 98° 87' W.

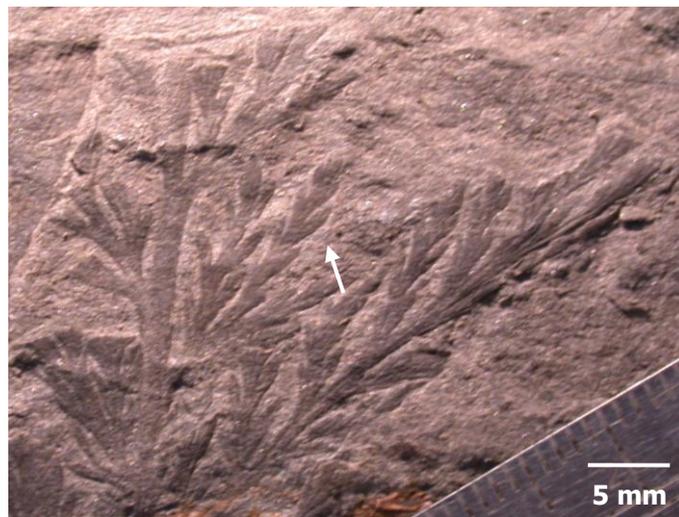


Figura IV. *Sphenopteris geopperti*. Fragmentos de frondas al menos tripinnadas, las flechas señalan las pinnulas que presentan margen entero y ápice agudo, IGM-PB.

## Morfoespecie 1 (E1)

(Fig. V)

**Descripción:** Lamina al menos bipinnada, raquis primario y secundario sin estrías. Pinnas opuestas en ángulos de  $60^\circ$ ; pinnulas pinnatifidas, dispuestas en forma subopuesta con ángulos de  $51^\circ$ , ápice redondeado, margen entero, venación libre con ángulos de  $38^\circ$ . No hay presencia de pinnulas fértiles.

**Dimensiones:** El raquis primario presenta 0.111 cm de ancho y el raquis secundario 0.026 cm de ancho. Las pinnas tienen en promedio una longitud de 2.53 cm y 0.73 cm de ancho, mientras que las pinnulas alcanzan 0.457 cm de longitud y 0.444 cm de ancho.

**Material:** Fragmento estéril de una fronda del ejemplar CFZ-Tz32

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca,  $17^\circ 57' 1''$  N y  $97^\circ 57' 28.5''$  W.

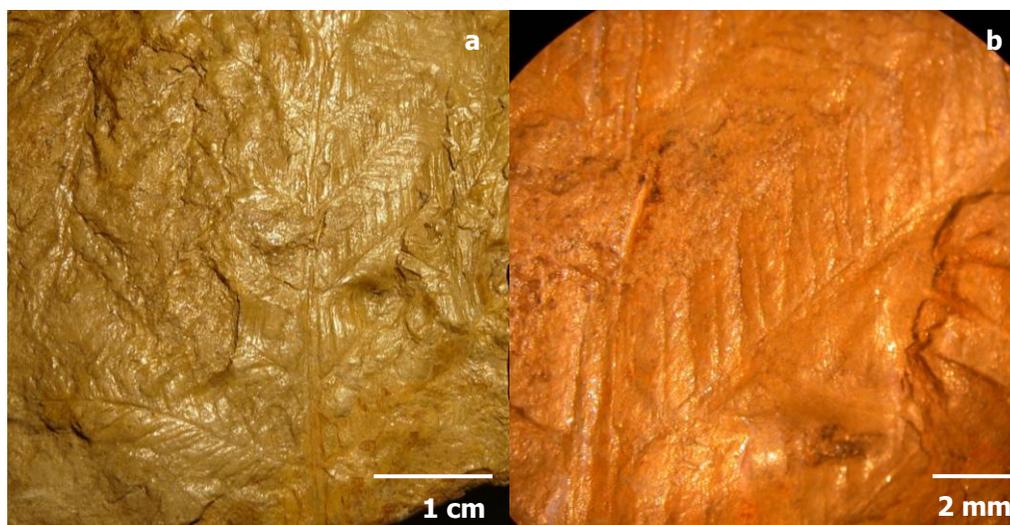


Figura V. Morfoespecie 1 (E1). a. Fragmento de fronda estéril, pinnas dispuestas al raquis en forma opuesta. b. Pinnulas de margen entero y venación libre, CFZ-Tz32.

## Morfoespecie 2 (F3)

(Fig. VI)

**Descripción:** Fragmento de pinnas fértiles, se observa únicamente la presencia del raquis secundario, el cual no presenta estrías. El arreglo de las pinnas es alterno; pinnulas pinnatífidas, dispuestas al raquis de forma subopuesta en ángulos de  $47^\circ$ , ápice redondeado, margen ligeramente cercenado, venación libre en ángulos de  $36^\circ$ . Las pinnulas fértiles presentan en promedio diez soros redondos dispuestos cerca de la vena media, a lo largo de toda la pinnula.

**Dimensiones:** Raquis secundario de 0.027 cm de ancho. Pinnas de 1.5 cm de longitud y de 0.7 cm de ancho. Pinnulas de 0.365 cm de longitud y de 0.11 cm de ancho. Soros de 0.012 x 0.012 cm.

**Material:** Fragmentos de pinnas sueltas del ejemplar CFZ-Tz52

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca,  $17^\circ 57' 1''$  N y  $97^\circ 57' 28.5''$  W.

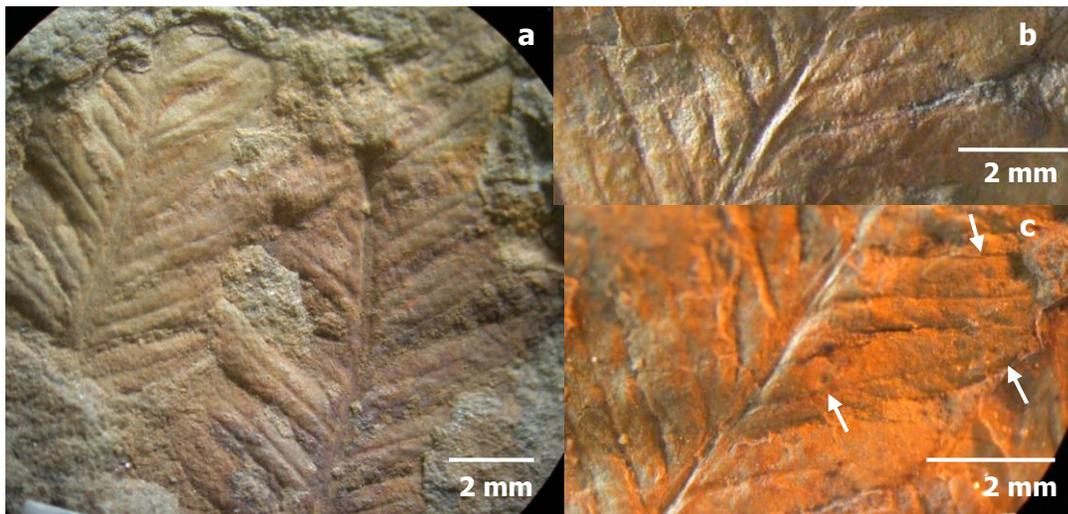


Figura VI. Morfoespecie 2 (F3). a. Pinnas fértiles incompletas de la base y el ápice. b. Pinnulas dispuestas al raquis de forma subopuesta, venación libre. c. Soros circulares dispuestos a lo largo de la vena media.

### Morfoespecie 3 (F8 y E3)

(Fig. VII)

**Descripción:** Láminas al menos bipinnadas. Fragmentos de pinnas fértiles y estériles, raquis estriado longitudinalmente. Pinnas de opuestas a alternas en ángulos de 50°; pinnulas pinnatífidas, dispuestas al raquis de forma subopuesta en ángulos de 45° a 84°, ápice agudo, margen entero, venación libre en ángulos de 33° a 70°. Las pinnulas fértiles presentan de 16 a 18 soros redondos dispuestos cerca de la vena, a lo largo de toda la pinnula.

**Dimensiones:** Raquis primario de 0.018 a 0.26 cm de ancho, raquis secundario de 0.008 a 0.6 cm de ancho. Pinnas de 1.4 a 2.8 cm de longitud y de 0.4 a 0.6 cm de ancho. Pinnulas de 0.2 a 0.5 cm de longitud y de 0.05 a 0.17 cm de ancho. Soros de 0.02 x 0.02 cm.

**Material:** Fragmentos de pinnas fértiles y estériles de los ejemplares CFZ-Tz114, CFZ-Tz128, CFZ-Tz149, CFZ-Tz138 y CFZ-Tz129.

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca, 17° 57' 1" N y 97° 57' 28.5" W.

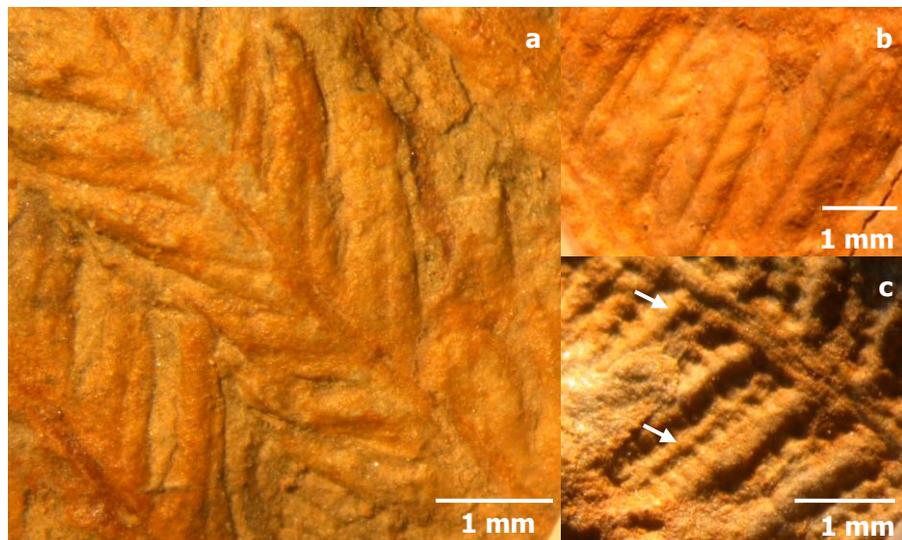


Figura VII. Morfoespecie 3 (F8 y E3). Pinnulas dispuestas al raquis de forma subopuesta, ápice agudo, margen entero, CFZ-Tz129. b. Venación libre en ángulos de 33°-70°, CFZ-Tz128. c. Pinnulas con soros redondos cerca de la vena media y dispuestos a lo largo de toda la pinnula, CFZ-Tz114.

## Morfoespecie 4 (E2)

(Fig. VIII)

**Descripción:** Lamina al menos bipinnada, raquis primario y secundario presenta estrías longitudinales. Pinnas alternas en ángulos de  $52^\circ$ ; pinnulas pinnatifidas, dispuestas en forma subopuesta con ángulos de  $55^\circ$  a  $56^\circ$ , ápice redondeado, margen entero, venación libre con ángulos de  $38^\circ$  a  $41^\circ$ . No hay presencia de pinnulas fértiles.

**Dimensiones:** El raquis primario presenta 0.143 cm de ancho y el raquis secundario 0.023 a 0.056 cm de ancho. Las pinnas tienen en promedio una longitud de 2.3 y 0.5 cm de ancho, mientras que las pinnulas alcanzan de 0.3 a 0.5 cm de longitud y 0.1 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de los ejemplares estériles CFZ-Tz122 y CFZ-Tz150.

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca,  $17^\circ 57' 1''$  N y  $97^\circ 57' 28.5''$  W.

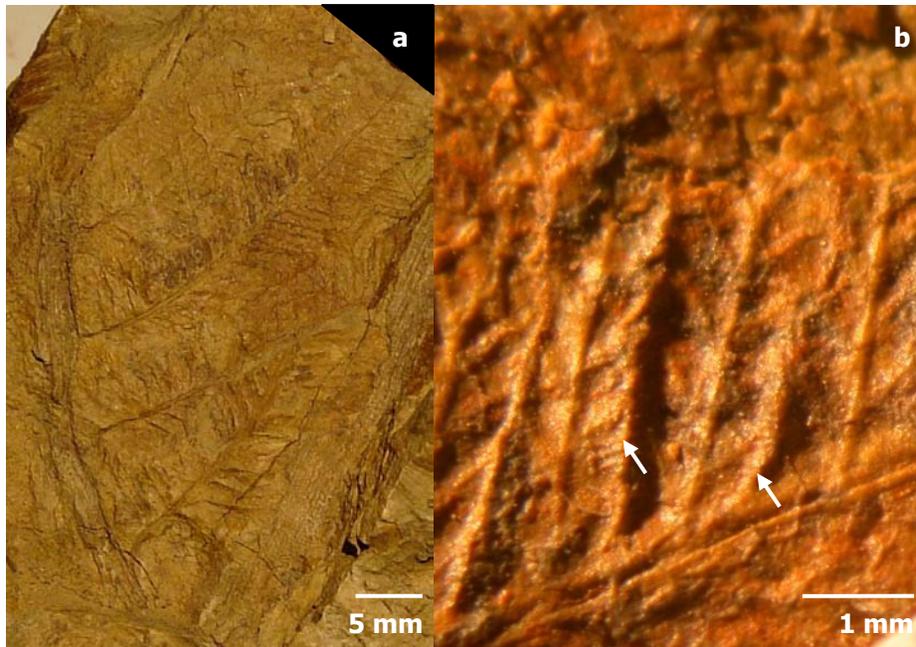


Figura VIII. Morfoespecie 4 (E2). a. Fragmento de fronda, raquis estriado longitudinalmente, pinnas fragmentadas del ápice, CFZ-Tz150. b. Ápice redondeado, margen entero y venación libre, CFZ-Tz122.

### Morfoespecie 5 (F3)

(Fig. IX)

**Descripción:** Pinna al menos bipinnada, raquis estriado, posición de las pinnas alternas. Pinnulas opuestas en ángulos de  $34.23^\circ$ , pinnatifidas, margen entero, ápice redondeado, venación libre en ángulos de  $41.62^\circ$ . Las pinnulas fértiles presentan aproximadamente 22 soros elongados por pinnula, dispuestos a lo largo de toda la pinnula, pero cerca del margen.

**Dimensiones:** No hay presencia del raquis primario, raquis secundario de 0.079 cm de ancho, pinnas de 1.95 cm de longitud y de 0.56 cm de ancho; pinnulas de 0.309 cm de longitud y de 0.096 cm de ancho. Los soros tienen en promedio una longitud de 0.018 cm y 0.015 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de pinnas del ejemplar CFZ-Tz152.

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca,  $17^\circ 57' 1''$  N y  $97^\circ 57' 28.5''$  W.

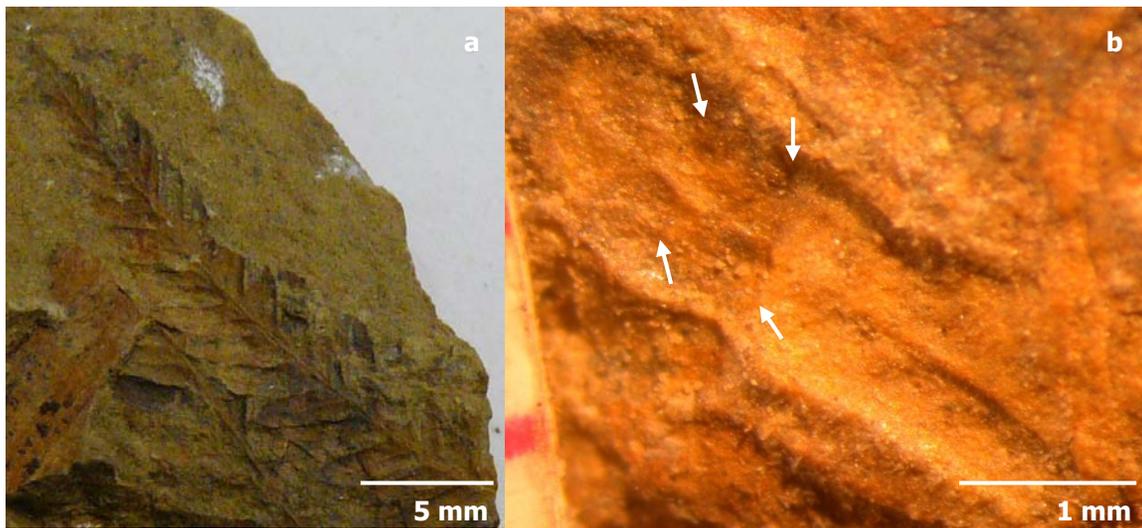


Figura IX. Morfoespecie 5 (F3). a. Las pinnulas hacia el ápice de la pinna se van reduciendo de tamaño. b. Ápice agudo, margen entero y soros elongados.

## Morfoespecie 6 (F4 y E4)

(Fig. X)

**Descripción:** Lamina al menos bipinnada, fragmentos de pinnas fértiles y estériles, raquis primario y secundario con estrías longitudinales. Pinnas alternas en ángulos de  $48^\circ$ ; pinnulas pinnatífidas, dispuestas en forma subopuesta con ángulos de  $40^\circ$  a  $66^\circ$ , ápice redondeado, margen cercenado, venación bifurcada con ángulos primarios de  $33^\circ$  a  $37^\circ$  y ángulos secundarios de  $38^\circ$  a  $41^\circ$ . Las pinnas fértiles presentan en promedio ocho soros elongados por pinnula, dispuestos cerca de la vena media y a lo largo de toda la pinnula.

**Dimensiones:** El raquis primario presenta 0.036 cm de ancho y el raquis secundario 0.015 a 0.058 cm de ancho. Las pinnas tienen en promedio una longitud de 1.26 cm y de 0.53 a 1.78 cm de ancho, mientras que las pinnulas alcanzan de 0.362 a 1 cm de longitud y de 0.1 a 0.25 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de pinnas fértiles y estériles de los ejemplares CFZ-Tz70(1) y CFZ-Tz120(-).

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca,  $17^\circ 57' 1''$  N y  $97^\circ 57' 28.5''$  W.

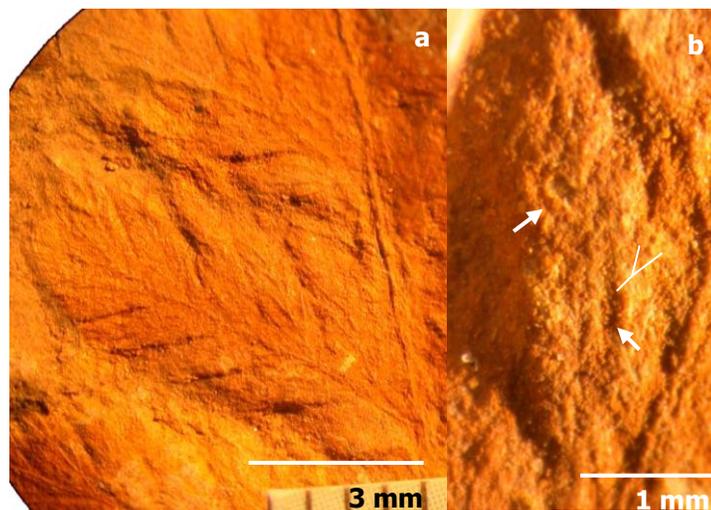


Figura X. Morfoespecie 6 (F4 y E4). a. Pinna alterna, CFZ-Tz120(-). b. Pinnula pinnatífida, margen cercenado y venación bifurcada, CFZ-Tz120(-).

## **Morfoespecie 7 (F6 y E5)**

(Fig. XI)

**Descripción:** Lamina al menos bipinnada, fragmentos de pinnas fértiles y estériles, raquis primario y secundario presentan estrías longitudinales. Debido a la fragmentación, en la mayoría de las pinnas no se observa la disposición de estas con el raquis, sin embargo, en tres de ellas se observa su posición subopuesta, en ángulos de 67° a 83°; pinnulas pinnatifidas, dispuestas en forma opuesta a subopuesta con ángulos de 61° a 90°, ápices redondeados, margen entero, venación bifurcada con ángulos primarios de 45° a 68° y ángulos secundarios de 37° a 60°. Las pinnas fértiles presentan en promedio 13 (6 mínimo y 25 máximo) soros redondeados a lo largo de toda la pinnula.

**Dimensiones:** El raquis primario presenta de 0.145 a 0.388 cm ancho y el raquis secundario de 0.042 a 0.12 cm de ancho. Las pinnas tienen en promedio una longitud de 1.3 a 8 cm y de 0.6 a 2.8 cm de ancho, mientras que las pinnulas alcanzan de 0.379 a 1.35 cm de longitud y de 0.159 a 0.356 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de los ejemplares CFZ-Z1, CFZ-Z3, CFZ-Z5(+), CFZ-Z9, CFZ-Z18, CFZ-Z19, CFZ-Z20(-), CFZ-Z22(1), CFZ-Z22(2), CFZ-Z23(+), CFZ-Z23(-)(1), CFZ-Z23(-)(2), CFZ-Z27, CFZ-Z29, CFZ-Z32, CFZ-Z42, CFZ-Z54(1), CFZ-Z54(2), CFZ-Z55, CFZ-Z57, CFZ-Z59, CFZ-Z62, CFZ-Z64, CFZ-Z67(+), CFZ-Z70, CFZ-Z71, CFZ-Z72(1), CFZ-Z103, CFZ-Z127, CFZ-T1, CFZ-T3, CFZ-T13, CFZ-T15, CFZ-T17, CFZ-T30, CFZ-T31, CFZ-T67, CFZ-T80 y CFZ-T110.

**Localidad:** Río Numi, Formación Zorrillo, en el municipio de Tlaxiaco, Oaxaca, **17° 18' 15.9 N** y **97° 42' 48.7 W** y Cañada del ajo, en el municipio de Tecamatlán, Puebla, **18° 05' 30" N** y **98° 87' W**.

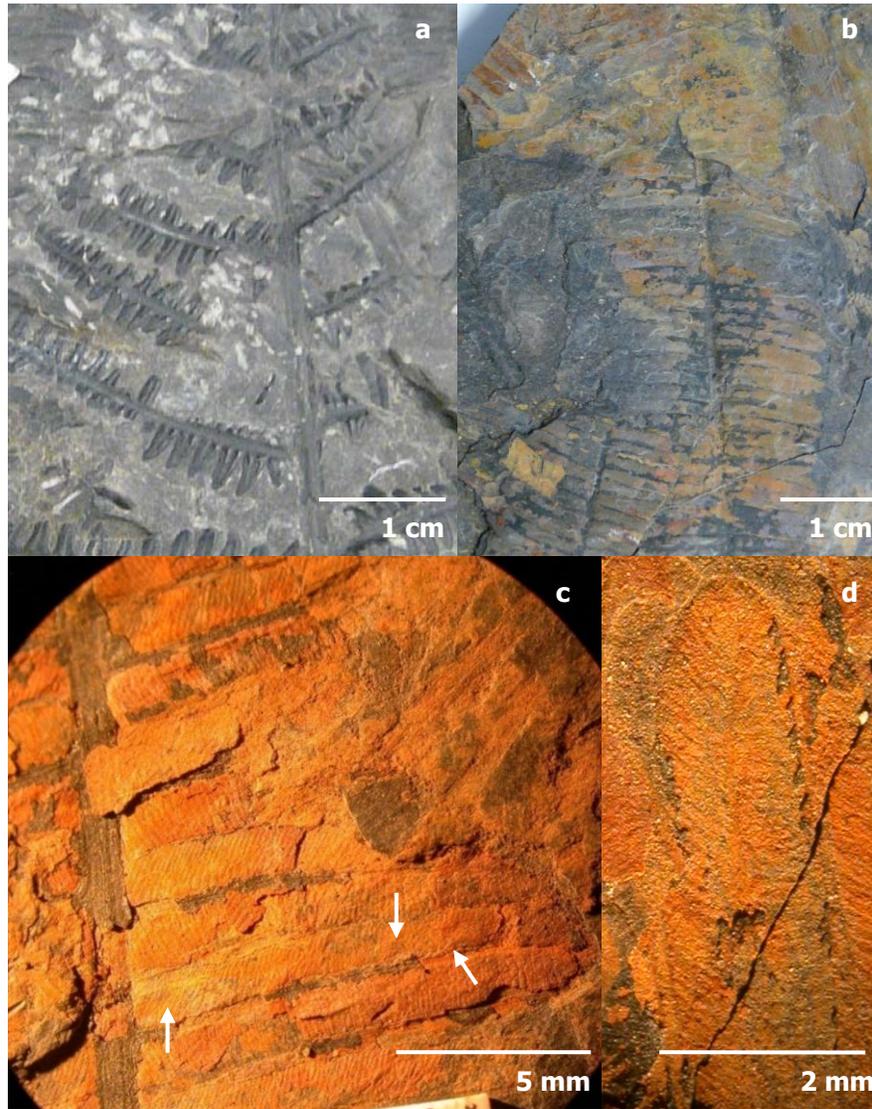


Figura XI. Morfoespecie 7 (F6 y E5). a. Parte superior de la fronda, pinnas dispuestas al raquis de forma subopuesta, CFZ-T31. b. Pinnulas dispuestas al raquis de forma opuesta a subopuesta, ápice redondeado, margen entero, CFZ-Z23(-)(1). c. Soros redondeados a lo largo de toda la pinnula, CFZ-Z27. d. Venación bifurcada con ángulos primarios de  $45^{\circ}$  a  $68^{\circ}$  y ángulos secundarios de  $37^{\circ}$  a  $60^{\circ}$ , CFZ-Z29.

## Morfoespecie 8 (F7 y E6)

(Fig. XII)

**Descripción:** Fragmento de pinnas fértiles y estériles, raquis sin estrías. No se observa la disposición de las pinnas; pinnulas pinnatifidas, dispuestas en forma opuesta a subopuesta con ángulos de  $80^\circ$  a  $88^\circ$ , ápice redondeado, margen entero, venación bifurcada con ángulos primarios de  $50^\circ$  y ángulos secundarios de  $30^\circ$  a  $55^\circ$ . Las pinnas fértiles presentan 12 soros redondos cercanos a la vena media, dispuestos a lo largo de toda la pinnula.

**Dimensiones:** No hay presencia de raquis primario, el raquis secundario mide de 0.07 a 0.115 cm de ancho. Las pinnas tienen en promedio una longitud de 3.2 a 4 cm y de 1.7 a 2.2 cm de ancho, mientras que las pinnulas alcanzan de 0.758 a 1.288 cm de longitud y de 0.206 a 0.305 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos fértiles y estériles de los ejemplares CFZ-Z2 y CFZ-Z44.

**Localidad:** Río Numi, Formación Zorrillo, en el municipio de Tlaxiaco, Oaxaca,  $17^\circ 18' 15.9$  N y  $97^\circ 42' 48.7$  W.

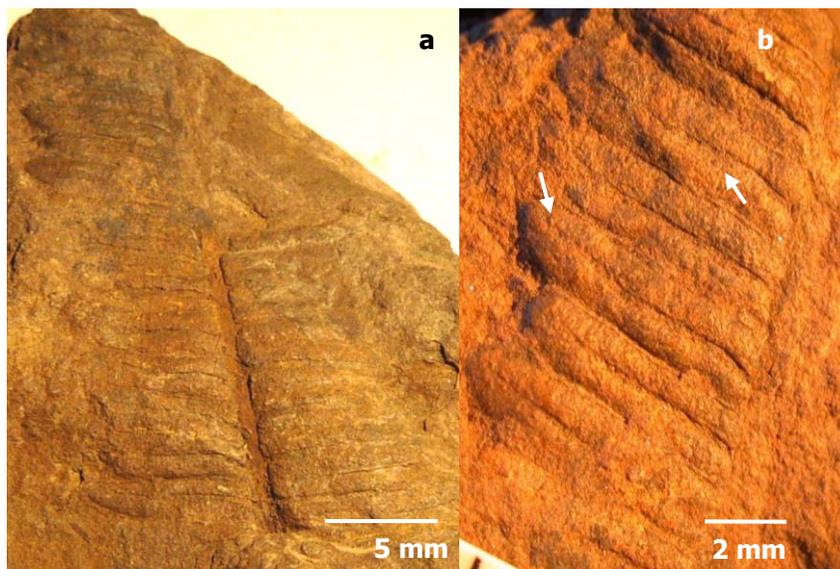


Figura XII. Morfoespecie 8 (F7 y E6). a. Fragmento de pinna, el raquis no presenta estrías, pinnulas con ápice redondeado y margen entero, CFZ-Z44. b. Las pinnulas presentan en promedio 12 soros redondos cercanos a la vena media y dispuestos a lo largo de toda la pinnula, CFZ-Z44.

## Morfoespecie 9 (E8)

(Fig. XIII)

**Descripción:** Lamina al menos bipinnada, el raquis presenta estrías longitudinales. Pinnas alternas en ángulos de  $60^\circ$  a  $67^\circ$ ; pinnulas pinnatisectas, dispuestas en forma alterna con ángulos de  $32^\circ$  a  $38^\circ$ , ápice agudo, margen entero, venación bifurcada con ángulos primarios de  $41^\circ$  a  $57^\circ$  y ángulos secundarios de  $32^\circ$  a  $38^\circ$ . No hay presencia de pinnulas fértiles.

**Dimensiones:** El raquis primario presenta de 0.067 a 0.1 cm de ancho y el raquis secundario de 0.03 a 0.04 cm de ancho. Las pinnas tienen en promedio una longitud de 1.23 a 2.03 cm y de 0.43 a 0.63 cm de ancho, mientras que las pinnulas alcanzan de 0.327 a 0.44 cm de longitud y de 0.1 a 0.15 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de pinnas estériles de los ejemplares CFZ-Tz133(-) y CFZ-Tz135

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca,  $17^\circ 57' 1''$  N y  $97^\circ 57' 28.5''$  W.



Figura XIII. Morfoespecie 9 (E8). a. Pinnulas pinnatisectas dispuestas al raquis de forma alterna, margen entero, CFZ-Tz133(-). b. Venación bifurcada con ángulos primarios de  $41^\circ$  a  $57^\circ$  y ángulos secundarios de  $32^\circ$  a  $38^\circ$ , CFZ-Tz135.

## Morfoespecie 10 (F1)

(Fig. XIV)

**Descripción:** Fragmento de pinnas fértiles, raquis estriado longitudinalmente. Pinnas alternas en ángulos de  $60^\circ$ ; pinnulas pinnatífidas, dispuestas en forma subopuesta con ángulos de  $52^\circ$ , ápice redondeado, margen lobulado, venación libre con ángulos de  $26^\circ$ . Las pinnas fértiles presentan 13 soros elongados cercanos a la vena media y dispuestos a lo largo de toda la pinnula.

**Dimensiones:** El raquis primario presenta 0.071 cm de ancho y el raquis secundario 0.03 cm de ancho. Las pinnas tienen en promedio una longitud de 2.6 cm y 0.56 cm de ancho, mientras que las pinnulas alcanzan 0.315 cm de longitud y 0.273 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos de fronda fértil del ejemplar CFZ-Tz39(+).

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca,  $17^\circ 57' 1''$  N y  $97^\circ 57' 28.5''$  W.

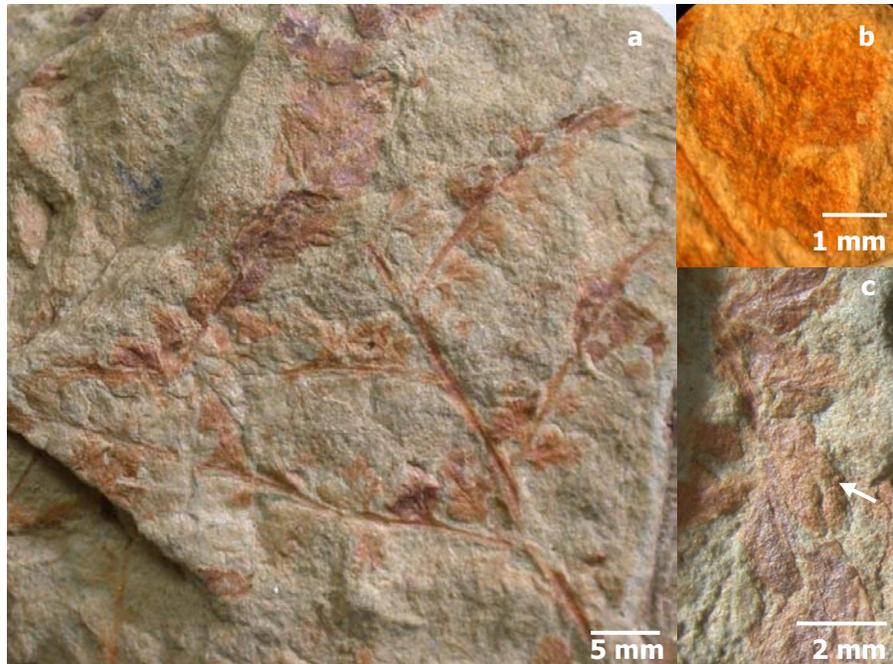


Figura XIV. Morfoespecie 10 (F1). a. Fragmento de una fronda fértil, las pinnas están dispuestas de forma alterna al raquis. b. Pinnulas pinnatífidas con margen lobulado. c. Soros elongados cercanos a la vena media y dispuestos a lo largo de toda la pinnula.

## Morfoespecie 11 (F9)

(Fig. XV)

**Descripción:** Fragmentos de pinnas fértiles, raquis estriado longitudinalmente. Pinnas opuestas en ángulos de  $60^\circ$ ; pinnulas pinnatifidas, dispuestas en forma alternas en ángulos de  $63^\circ$ , ápice redondeado, margen entero, venación reticulada con ángulos de  $35^\circ$ . Las pinnas fértiles presentan un solo soro elongado cerca de la vena media y dispuesto en el ápice de las pinnulas.

**Dimensiones:** El raquis primario presenta 0.065 cm de ancho y el raquis secundario 0.016 cm de ancho. Las pinnas tienen en promedio una longitud de 1.16 cm y 0.4 cm de ancho, mientras que las pinnulas alcanzan 0.3 cm de longitud y 0.36 cm de ancho.

**Material:** Fragmento de pinna fértil del ejemplar CFZ-Tz44.

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca,  $17^\circ 57' 1''$  N y  $97^\circ 57' 28.5''$  W.

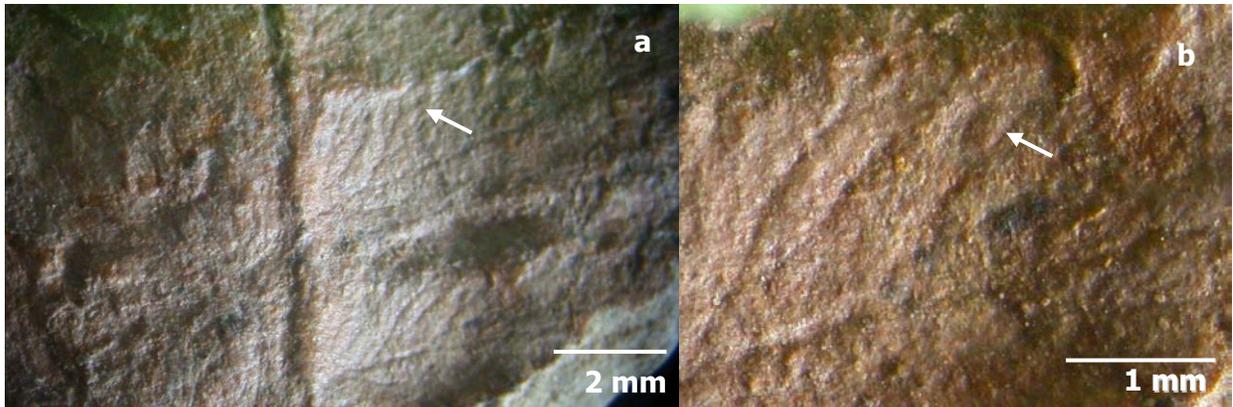


Figura XV. Morfoespecie 11 (F9). a. Pinnulas pinnatifidas, margen entero, ápice redondeado. b. Presentan un solo soro elongado cerca de la vena media y dispuesto en el ápice de las pinnulas.

## Morfoespecie 12 (E7)

(Fig. XVI)

**Descripción:** Lamina al menos bipinnada, raquis primario y secundario sin estrías. Pinnas alternas en ángulos de  $60^\circ$ ; pinnulas pinnatífidas, dispuestas en forma subopuesta con ángulos de  $57^\circ$ , ápice redondeado, margen entero, venación libre con ángulos de  $29^\circ$ . No hay presencia de pinnulas fértiles.

**Dimensiones:** El raquis primario presenta 0.082 cm de ancho y el raquis secundario 0.031 cm de ancho. Las pinnas tienen en promedio una longitud de 1.46 cm y 0.3 cm de ancho, mientras que las pinnulas alcanzan 0.374 cm de longitud y 0.104 cm de ancho.

**Material:** Fragmentos del ejemplar CFZ-Tz124.

**Localidad:** Ayuquila, Formación Tecomazúchil, en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca,  $17^\circ 57' 1''$  N y  $97^\circ 57' 28.5''$  W.

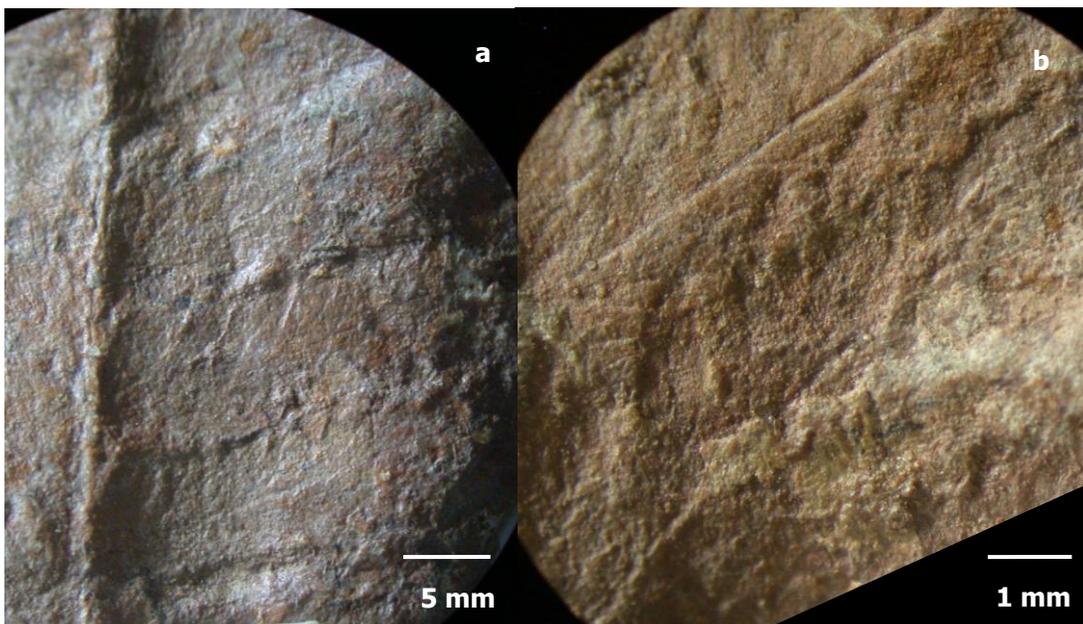


Figura XVI. Morfoespecie 12 (E7). a. Raquis primario, fuertemente marcado pinnas dispuestas en forma alterna al raquis. b. Pinnulas pinnatífidas, presentan margen entero y venación libre.