



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

FLÓRULA DEL JURÁSICO MEDIO DE LA
REGIÓN DE AYUQUILA, NOROESTE DEL
ESTADO DE OAXACA.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIOLÓGO

PRESENTA:

HERMENEGILDO ADAME JUÁREZ

TUTORA DRA. ALICIA SILVA PINEDA

2007





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
"Flórula del Jurásico Medio de la región de Ayuquila, Noroeste
del Estado de Oaxaca"

realizado por Hermenegildo Adame Juárez

con número de cuenta 08115650-8 , quien cubrió los créditos de la carrera de:
Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director
Propietario Dra. Alicia Silva Pineda

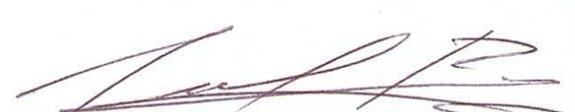
Propietario Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez

Propietario Dra. Silvia Rivera Olmos

Suplente Dr. Raúl Gío Argáez

Suplente M.en C. María Catalina Gómez Espinosa

Consejo Departamental de Biología FACULTAD DE CIENCIAS


M.en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a quienes me apoyaron para decirPOR FIN.....

Con mucho amor para:

Olivia López Torres “La Oli”

Frida Daniela Adame López “Mi Danis”

Diana Paola Adame López “Mi Chilis”

David Adame López “Mi Muchacho”

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco Infinitamente a la Dra. Alicia Silva Pineda por su paciencia y comprensión en el desarrollo y la dirección de este trabajo que sin su valiosa asesoría y el tiempo que me dedicó no habría llegado al final. Muchas gracias Doctora.

Mi agradecimiento y reconocimiento a la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez por sus valiosos comentarios y consejos en la revisión de este trabajo y por permitirme darme cuenta de las observaciones al mismo.

A la Dra. Silvia Rivera Olmos le expreso mi gratitud y reconocimiento por la revisión y sugerencias al desarrollo de este trabajo, gracias por sus consejos.

Dr. Raúl Gío Argáez le estoy muy agradecido por el tiempo y la aceptación que me otorgó en la revisión del trabajo y por todas las observaciones al mismo.

M. en C. María Catalina Gómez Espinosa le agradezco la aceptación de revisar y sugerir comentarios para la mejoría de este trabajo. Gracias Maestra.

Un agradecimiento especial a mi amigo el M. en C. José Francisco González Uribe por su apoyo incondicional y por el empujón que me dio para llevar a cabo este trabajo desde el principio hasta el final. Muchas Gracias "Pancho"

INDICE

	Pag.
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Antecedentes	3
Trabajos previos.....	10
Objetivos	12
Material y método	13
Diseño del trabajo	14
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	14
Localización	15
Vías de comunicación y acceso	16
Fisiografía.....	16
Clima	17
Vegetación reciente.....	17
Hidrología	18
Suelo	18
Marco geológico	18
Formación Tecomazúchil	18
Estratigrafía	20
Determinación de la zona de estudio	21.....
Caracterización de los sitios de colecta	22
Datos de campo	22

Trabajo de laboratorio	23
Sistematización de datos	23
Montaje y determinación de ejemplares	23
Fotografía de fósiles	24
Identificación de la taoflora	24
Resultados	26
Paleontología Sistemática	26
Implicaciones paleoclimáticas	37
Conclusiones	39
Bibliografía	41

INTRODUCCIÓN.

El conocimiento y el estudio de las diversas floras fósiles de México, son de gran importancia, debido a la información paleobotánica, paleofitogeográfica y paleoecológica que reportan. El estudio de las plantas fósiles depositadas durante el Jurásico en la porción noroeste y centro-occidental del estado de Oaxaca, nororiental del estado de Guerrero y sur del estado de Puebla, facilita la comprensión de la vegetación que se desarrolló en la Paleocuenca Guerrero-Oaxaca durante ese período, contribuyendo a destacar las condiciones en las cuales vivió, así como el ambiente en que quedó depositada. Cabe mencionar que dicho estudio, basado en plantas megafósiles, constituye un campo relativamente restringido, puesto que afloramientos continentales con floras abundantes y bien conservadas son escasos (Silva Pineda, 1978a).

El estudio se basa en el material fósil proveniente de un afloramiento situado en la región de Ayuquila, en la parte noroccidental del estado de Oaxaca y sur de Puebla donde aflora la Formación Tecomazúchil (Ortega, 1978) . Las plantas fósiles están representadas por cicadofitas (Bennettitales) y helechos, así como escasos representantes de equisetales.

Es válido afirmar que la presencia de floras continentales *in situ*, proporciona datos precisos e indiscutibles respecto al clima y la geografía del pasado, así como conocimientos con relación a la evolución de las plantas. Los estudios encaminados al entendimiento cada vez más preciso de dichas floras, constituye una contribución para la paleobotánica en México (Silva Pineda, 1978a).

Flórmula del Jurásico Medio de la región de Ayuquila, Noroeste del Estado de Oaxaca

RESUMEN

La tafoflora estudiada está compuesta de ocho especies de plantas megafósiles, provenientes de rocas jurásicas localizadas en la región sur del Estado de Puebla y noroccidental del Estado de Oaxaca (Formación Tecomazúchil), consta de cicadofitas, principalmente de Bennettitales (*Zamites*, *Otozamites*, *Ptilophyllum* y *Williamsonia*), algunos tallos de equisetales (*Equisetum*) y de helechos representados por la especie *Piazopteris branneri* (White) Lorch, la cual tiene una amplia distribución en el Jurásico de México y algunas partes del mundo. La flora sugiere un clima cálido húmedo sobre todo por la presencia de cicadofitas, helechos y equisetales, que actualmente se desarrollan en climas tropicales y subtropicales.

Las Plantas megafósiles jurásicas tienen una amplia distribución en otros afloramientos del Jurásico de México, tanto en la región noroccidental del Estado de Oaxaca (Formación Rosario, Formación Zorrillo y Formación Simón) como en el sur y noroeste del Estado de Puebla (Formación Tecomazúchil), noreste del Estado de Guerrero (Formación Rosario y Formación Cualac), noroeste del Estado de Veracruz y parte septentrional del estado de Hidalgo (Formación Huayacocotla) así como en el subsuelo de una región cercana a Ciudad Victoria, Estado de Tamaulipas (Formación Rosario), afloramientos con los que se puede establecer una correlación.

La edad del Jurásico Medio asignada a esta flora se basa en la posición estratigráfica de las rocas que la contienen y la presencia de una fauna marina de amonitas y pelecípodos, cercana a la localidad. Recientemente se reportó la presencia de fósiles de bivalvos y gasterópodos dulceacuícolas del Jurásico Medio, en las cercanías de Santiago Chilixtlahuaca, en la misma Formación Tecomazúchil, lo que apoya la edad que se asignó a las plantas fósiles que proceden de esta unidad, ya que la mayor parte de la flora aquí descrita tiene un alcance estratigráfico amplio del Triásico al Cretácico. Las rocas continentales jurásicas de las que se ha obtenido flora fósil en México, se encuentran bien distribuidas en una amplia región situada en la parte sur del país.

Antecedentes

Las floras fósiles más abundantes en México se encuentran en depósitos continentales de edad jurásica, 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 afloran en el Estado de Oaxaca.

Las unidades del Jurásico de Oaxaca que han aportado flora son: la Formación Rosario que se localiza al suroeste de Tezoatlán, la Formación Simón al noreste de San Juan Diquiyú cerca de Tezoatlán y la Formación Zorrillo al este de San Juan Diquiyú, donde la vegetación fósil es abundante y variada. Los géneros citados por Wieland (1914-1916), Person y Delevoryas (1982) y Silva Pineda (1984) en estas formaciones son: *Equisetum* (equisetales) *Piazopteris*, *Cladophlebis*, *Sphenopteris*, *Coniopteris*, *Gonatosorus* (helechos), *Zamites*, *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Pterophyllum*, *Anomozamites*, *Taeniopteris*, *Pseudoctenis*, *Cycadolepis*, *Williamsonia* (cicadofitas), *Perezlaria* (pteridosperma), *Araucarioxylon* (coniferofita), *Noeggerathiopsis*, *Pelourdea*, (cordaitales), *Mexiglossa incertae sedis*).

La flora del Jurásico está constituida fundamentalmente por gimnospermas entre las cuales destacan en primer lugar las cicadofitas y en segundo lugar las coniferofitas, ambos grupos durante este periodo alcanzaron su máximo desarrollo. La vegetación herbácea dominante durante el Jurásico seguramente estuvo constituida por helechos, ya que sus restos son muy abundantes.

En las floras jurásicas de México es notable la ausencia de ginkgofitas y la escasez de coníferas, lo cual probablemente significa, como indica Delevoryas (1969), que el clima del Jurásico en esta región era más cálido que en aquellas regiones donde estas plantas abundaron.

En la localidad fosilífera de la Formación Tecomazúchil que aportó la flórua aquí estudiada, únicamente se recolectaron plantas pertenecientes a tres grupos: cicadofitas que es el grupo dominante, helechos y equisetales que están escasamente representados.

División Cycadophyta

Las cicadofitas constituyen un grupo de plantas con hojas generalmente en forma de frondas pinadas, que forman una corona en la parte terminal del tronco, las cuales recuerdan morfológicamente a los helechos y a las palmeras aunque no existe parentesco entre ellos. El tronco generalmente no es ramificado y se encuentra cubierto por las cicatrices dejadas por las bases persistentes de las hojas, producen tanto semillas como polen en estructuras semejantes a estróbilos. En las semillas de estas plantas se han observado embriones dicotiledóneos (Delevoryas, 1971).

Las cicadofitas se dividen en varios órdenes. Cronquist (1969) menciona 4 órdenes, Cycadofilicales, Caytoniales y Bennettitales, grupos a los que pertenecen las especies fósiles y Cycadales al que pertenecen las especies

actuales y algunos fósiles. Stewart (1983) reconoce en la clase gimnospermopsida a las Cycadofitas y considera los órdenes Cycadales, Cycadeoidales y Pteridospermales. Los que han sido más reconocidos son el ya extinto orden Cycadeoidales o Bennettitales, que tienen su origen en el periodo Pérmico, (hace aproximadamente 230 millones de años), alcanzó su más alto florecimiento durante el Jurásico, constituyendo un importante componente de la vegetación de la tierra, cuando el clima en el mundo fue muy favorable para el desarrollo de las plantas (húmedo y cálido) y se extinguieron hasta la mitad del Cretácico, mientras que las cycadales fueron abundantes durante el Mesozoico, principalmente en el Jurásico y Cretácico Inferior. Las cicadas fueron colocadas en el orden Cycadales, el cual se considera como el grupo más antiguo de las gimnospermas vivientes, así como las más antiguas de todas las plantas actuales (Jones, 1993), aunque con escasos representantes. Al principio todos los géneros se incluyeron en la familia Cycadaceae (Archangelsky, 1970), pero más tarde se analizaron detalladamente otros caracteres de las cycadales y se les incluye actualmente en tres familias Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae (Jones, 1993).

Orden Bennettitales (Cycadeoidales)

Las plantas de este orden constituyen uno de los elementos más notables y dominantes de las floras del Mesozoico, aparentemente evolucionaron a fines del Carbonífero, alcanzaron su máximo desarrollo durante el Jurásico y declinaron rápidamente hasta extinguirse en el Cretácico, su proceso evolutivo resulta ser paralelo al auge y desaparición de los dinosaurios. Este orden

comprende dos familias Cycadeoidaceae y Williamsoniaceae. El género mejor conocido de las cicadeoidaceas es *Cycadeoidea*, que se caracteriza por sus tallos cortos y globosos, con un denso recubrimiento de cicatrices de las bases foliares dispuestas en espiral alrededor del tallo. Las frondas son pinadas, forman una corona en la parte apical del tallo, los órganos reproductores están incluidos en la superficie del tronco, consisten en fructificaciones en forma de cono que se conocen como estróbilos, cono o flor, que aunque existe cierta semejanza en la disposición de las flores de las magnolias no hay homología con las flores de las angiospermas (Jones, 1993).

El género más representativo de la familia Williamsoniaceae es *Williamsonia*, este género difiere de *Cycadeoidea* en que tiene los tallos más alargados y ramificados, cubiertos por las cicatrices foliares dispuestas en espiral y verticilos de hojas en el ápice de cada rama. Las hojas son frondas pinadas y con frecuencia se encuentran pinas de Bennettiales aisladas.

Entre las Bennettiales del Jurásico, los géneros más comunes son: *Otozamites*, *Ptilophyllum*, *Pterophyllum*, *Anomozamites*, *Nilssoniopteris*, *Zamites*, *Dictiozamites* y *Williamsonia* que alcanzaron su más alto florecimiento durante todo el Jurásico y sobrevivieron hasta el Cretácico. Las cicadofitas constituyen el componente principal de las floras jurásicas en el mundo, entre ellas la flora de Yorkshire en Inglaterra, de Rajmahal Hills en India, de los Alpes Venecianos en Italia y en la región sur de México. También se les ha citado en rocas mesozoicas de Australia, África del sur, América del norte, Alaska, Groenlandia y Antártida (Jones, 1993).

Orden Cycadales

El orden Cycadales se conoce desde el Triásico (Archangelsky, 1970), otros autores indican que tuvo su origen en el Pérmico, con posibles ancestros en el Carbonífero Superior (Stewart, 1983), fue muy abundante en el Jurásico, empezó a declinar en el Cretácico y actualmente es un grupo escaso que cuenta con 185 especies en once géneros distribuidos en los dos hemisferios.

Los géneros actuales conocidos hasta ahora son: *Bowenia* que es un género endémico en Australia, *Ceratozamia* distribuida en México, Guatemala y Belice, *Chigua* es endémico en Colombia, *Cycas* se encuentra en Asia, sudeste de Asia, Malasia, Filipinas, Indonesia, Nueva Guinea, Australia tropical, varias islas del Pacífico, Africa y Madagascar, *Dioon* se conoce en México y Honduras, *Encephalartos* es género endémico en el continente africano, *Lepidozamia* y *Macrozamia* son endémicos de Australia, *Microcycas* es endémico de Cuba, *Stangeria* endémico de Africa y *Zamia* que está distribuido en estados del sur de Norteamérica, América Central, América del Sur e islas del Caribe (Jones, 1993). La mayoría de estos géneros se encuentran confinados a climas tropicales y subtropicales, pero otros viven en condiciones semiáridas (Jones, 1993). Algunos de los géneros fósiles de Cycadales son: *Nilssonia*, *Andostrobus*, *Beania*, *Pseudoctenis* y *Michelilloa*.

Helechos

Los helechos son plantas vasculares provistas de raíz, tallo y hojas que se conocen como frondas, presentan estructuras reproductoras representadas por soros y esporangios. Actualmente se les encuentra en una gran variedad de habitats y climas de regiones tropicales y subtropicales, ocupan lugares muy húmedos (Cronquist, 1969; Archangelsky, 1970; Stewart, 1983). Los helechos son importantes en Paleontología como indicadores de climas ya que indican humedad y temperatura, si las frondas de éstos son muy grandes denotan un clima caliente (Dorf, 1970); este grupo se conoce a partir del Devónico, alcanzaron un gran desarrollo en el Carbonífero, también fueron abundantes en el Mesozoico constituyendo la vegetación herbácea dominante del Jurásico.

Durante el Mesozoico la mayoría de los helechos crecieron en lugares calientes y húmedos de áreas tropicales y subtropicales, aunque algunos se desarrollaron en condiciones muy secas como la Familia Matoniaceae (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002), la cual se menciona en este estudio ya que a ella pertenece el género *Piazopteris* que es el único helecho representado en esta flora. Van Konijnenburg-Van Cittert (2002) cita a *Piazopteris* como un género que creció en localidades secas tropicales y subtropicales durante el Jurásico y Cretácico, pero también menciona a *Phlebopteris* como un género de las matoniaceas que durante este tiempo creció en climas muy húmedos.

Equisetales

Los equisetos constituyen un grupo de plantas pertenecientes a la Clase Sphenopsida, que se caracteriza por presentar nudos y entrenudos en sus tallos y ramas, alrededor de cada nudo se forman pequeñas hojas reunidas en

vainas. Los esfenópsidos se conocen a partir del Devónico donde dominan las formas herbáceas, alcanzando su florecimiento durante el Paleozoico Superior, tiempo en el que dominaron las formas arborescentes. En México los esfenópsidos tienen un escaso registro fósil, sólo están representados por calamitales (*Calamites*) en rocas pérmicas y algunas equisetales (*Equisetum*) en rocas del Jurásico (Silva Pineda y Buitrón, 2000), actualmente los únicos representantes vivientes son los equisetos (Equisetales, Equisetaceae) conocidos comúnmente como colas de caballo. En la actualidad este grupo está representado únicamente por el género *Equisetum*, con pocas especies que se encuentran distribuidas en zonas muy húmedas, en estanques, pantanos, en las orillas de los ríos y lagos.

Trabajos Previos.

La primera observación sobre plantas fósiles de Oaxaca fue realizada por Aguilera en 1870 (Wieland, 1914-1916) y por Aguilera y colaboradores (1896). Ramírez (1882) reportó la impresión del género *Zamia* en un afloramiento localizado en el límite de los estados de Oaxaca y Puebla. Ward (1889) citó algunas especies de plantas que, desafortunadamente se perdieron. Nathorst (1889) mencionó la presencia de plantas del Cretácico temprano en el cerro de la Virgen en Tlaxiaco, Oaxaca. Durante el período de 1914 a 1916 Wieland recolectó y estudió fósiles de plantas de la Mixteca Alta (Oaxaca), publicando varios artículos desde 1909 hasta 1914, que culminaron en la elaboración de una monografía muy bien ilustrada, pero con descripciones taxonómicas incompletas. Sin embargo, sus aportaciones son de gran utilidad y se consultan frecuentemente. Posteriormente, Wieland produjo otros artículos sobre la flora de esa región (Wieland, 1921, 1926, 1929).

De 1966 a 1969, Delevoryas publicó varios artículos sobre la Paleoflora de Oaxaca (Delevoryas y Gould, 1971, 1973 y Delevoryas y Person, 1975, 1982). Person (1976) realizó su tesis doctoral con plantas jurásicas de Oaxaca. Silva-Pineda (1970) describió la flora fósil de Tezoatlán, Oaxaca, y la misma autora en 1978(b) las plantas del sur de Puebla y del noroeste de Oaxaca. La geología del área de Santa Cruz y Ayuquila la describió Ortega-Gutiérrez (1978). Se realizó la revisión y tipificación del material colectado por Wieland (Silva Pineda 1984).

Se han llevado a cabo también estudios estratigráficos, geológicos y paleontológicos en las áreas de Tlaxiaco y Tezoatlán, Oaxaca (Ferrusquía Villafranca, 1970; 1976; Carrasco, 1981; Silva-Pineda *et al*, 1986a, 1986b; González-Torres, 1989). En 1987, Arambarri y Silva Pineda describieron 14 especies de plantas megafósiles provenientes del sureste de Santa María Yucuquimi, Oaxaca.

Se realizaron estudios sobre las plantas fósiles del Jurásico Medio procedentes de nuevas localidades de la región de Chalcatongo, en el suroeste del mismo estado de Oaxaca (Silva-Pineda, 1990). Morales Lara y Silva-Pineda (1996) reportaron una flórmula jurásica de la región de San Miguelito (San Miguel Ixcatlán) también en el estado de Oaxaca. Recientemente Mendoza-Rosales (2002) realizó su tesis de Licenciatura en una región donde aflora la Formación Tecomazúchil, en las cercanías de Santiago Chilixtlahuaca, de este lugar reporta una fauna del Jurásico Medio cercana a las plantas, la cual mencionó y describió por vez primera. La fauna consiste en algunos pelecípodos y gasterópodos (*Unio ogamigoensis*, *Pila (Turbinicola?) niponica*) con las conchas delgadas, probablemente de agua dulce, por lo que propone la existencia de un cuerpo lacustre en esta área.

Cabe señalar que no existe hasta ahora, una descripción completa de la flórmula jurásica de la región de Ayuquila, por lo que el presente trabajo constituye una importante aportación al respecto.

Objetivos

Describir las plantas de una nueva localidad en la región de Ayuquila, Oaxaca, con el fin de dar a conocer aún más la vegetación que se desarrolló en la paleocuenca Guerrero-Oaxaca durante el Jurásico.

Hacer un análisis de la flora estudiando cada especie desde los puntos de vista morfológico y taxonómico, así como su distribución geográfica en México y otras regiones del mundo.

Establecer correlación estratigráfica con otras localidades.

Comparar la taoflora estudiada con la de otras localidades adyacentes, para delimitar la extensión que tuvo la vegetación en dicha paleocuenca durante el jurásico y tratar de conocer en que condiciones se desarrolló y quedó depositada.

Interpretar las condiciones paleoclimáticas que prevalecieron en el área donde se desarrolló este conjunto de plantas fósiles.

Material y método

El material fósil que se utilizó para el desarrollo de esta investigación proviene de la región de Ayuquila entre los estados de Puebla y Oaxaca, donde aflora la Formación Tecomazúchil de edad jurásica (Figura 1), se analizaron numerosos ejemplares de plantas que corresponden únicamente a tres grupos: cicadofitas, helechos y equisetales. Los fósiles se limpiaron de manera mecánica para apreciar mejor sus características, su morfología fue observada con un microscopio estereoscópico Olympus, las medidas se realizaron con un vernier y se dan en milímetros (mm)

Los caracteres que se observaron y midieron en las frondas, pinas y pínulas fueron: 1) morfología, 2) largo máximo, 3) ancho máximo, 4) ancho del raquis, 5) forma de la base, 6) forma del ápice, 7) disposición de pinnas y pínulas en el raquis 8) nervadura de pinas y pínulas y 9) número de costillas y surcos en los restos de tallos de equisetales. La identificación se realizó usando literatura especializada, se llevó a cabo una amplia revisión bibliográfica de floras jurásicas de México y de otras regiones del mundo.

Diseño del trabajo

El trabajo de investigación se resume en las siguientes fases:

1).- Recopilación de datos bibliográficos 2). Trabajo de campo 3). recolecta de ejemplares 4). trabajo de laboratorio 5). análisis de las muestras 6) implicaciones.

En la visita hacia la zona de estudio, se verificó en la misma, su fisonomía, geomorfología, litología, relieve, vegetación actual y otros aspectos generales de la misma.

Descripción del área de estudio

Localización

El área de estudio se encuentra en las cercanías de Ayuquila situada en la región de la Mixteca Baja a los 18° de latitud norte y 98° de longitud oeste (fig. 1), entre las poblaciones de Acatlán, Puebla y Huajuapán de León, Oaxaca, (Ortega Gutiérrez, 1978)

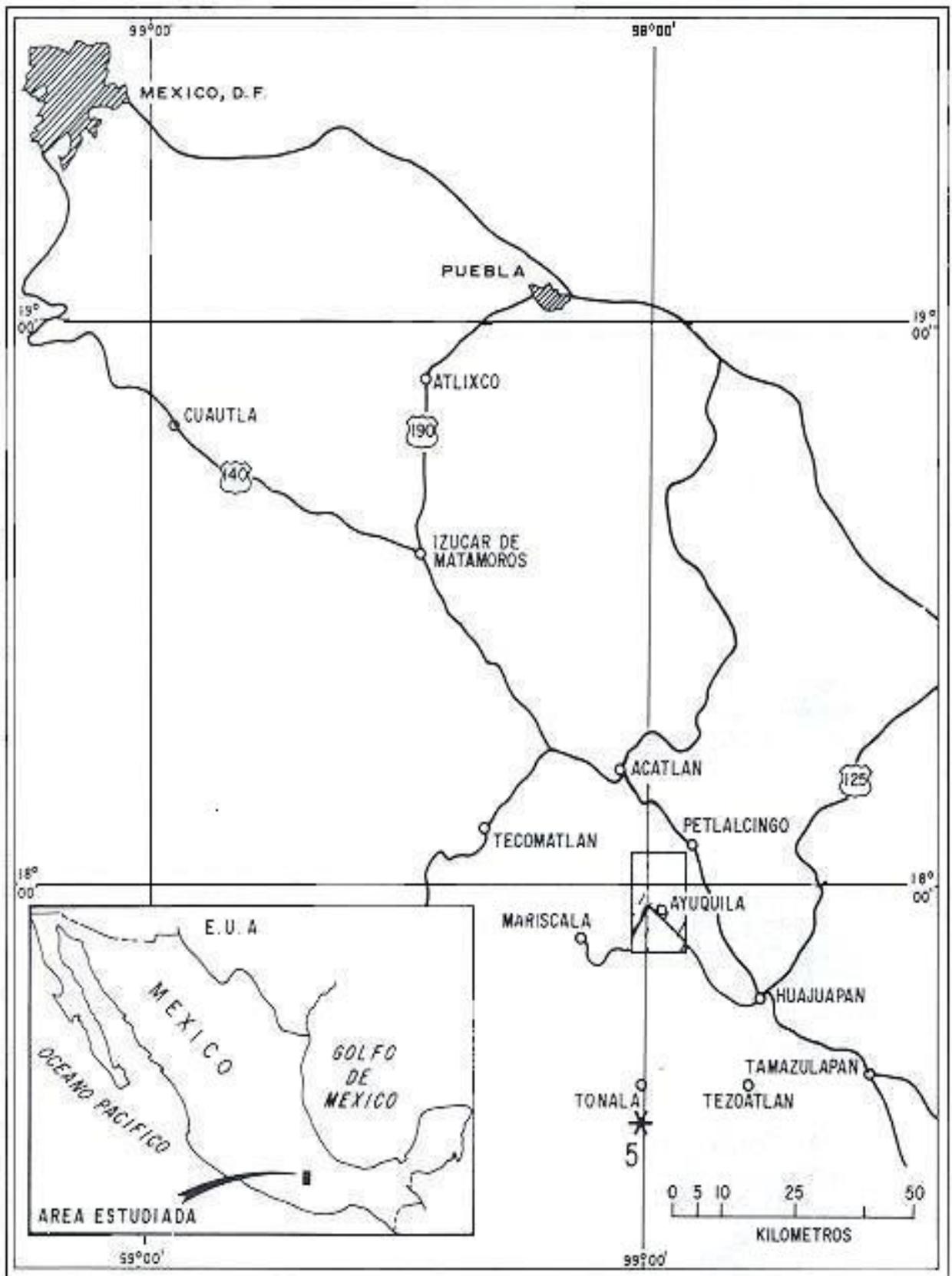


Fig. 1 Mapa que muestra la localización de la zona de estudio. (tomado de Ortega, 1978)

Fisiografía

El área de estudio forma parte de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, la cual limita al norte con la Provincia del Eje Neovolcánico, hacia donde se extiende, al este limita con la Llanura Costera del Golfo Sur, las Sierras de Chiapas y la Llanura Costera Centroamericana del Pacífico y al sur por el Océano Pacífico. La región presenta una altura máxima aproximada de 1,960 msnm (INEGI carta topográfica E14-D14).

Clima

El clima de acuerdo con la clasificación de Köpen modificado por García (1964), es del tipo Acw° que corresponde a cálido seco y muy cálido, con un régimen de lluvias en verano en la parte norte y semicálido húmedo con lluvias en verano en la parte meridional. Las temperaturas medias anuales son entre 26° y 28° y una precipitación anual que varía de los 800 a los 2000 mm.

La temperatura promedio es de 20.2° C y la precipitación promedio es de 747 mm.

Vegetación reciente

La vegetación en el área, es escasa y se desarrolla en un clima mas bien seco, es de tipo semidesértico donde solamente se encuentran plantas cactáceas y pequeños arbustos espinosos, sin embargo, en los causes de los arroyos principales crecen especies arbóreas con cierta abundancia (Ortega, 1978). En la región sudoriental de la provincia, en la depresión del Río Balsas predomina la selva baja caducifolia, los bosques de encinos y coníferas se encuentran en zonas elevadas y en la faja costera del sur predomina la selva mediana subcaducifolia (Mendoza Rosales, 2002).

Hidrología

El área se encuentra en la región del Río Balsas, está drenada por los ríos Acateco al norte y Mixteco al occidente, ambos afluentes del Río Balsas. Los principales ríos que irrigan la región son el Mixteco y el Boca (Ortega Gutiérrez, 1978).

Suelo

En la región de Ayuquila se presentan los siguientes tipos de uso de suelo (TA) agricultura de temporal con cultivos anuales (I) pastizal inducido y (Q) bosque de encino (Carta de uso de suelo E 14-9 1:250,000).

Marco geológico

Formación Tecomazúchil

En el área de Ayuquila se encuentran aflorando rocas mesozoicas que pertenecen a la Formación Tecomazúchil (fig.2). Esta formación fue propuesta por Pérez-Ivargüengoitia y colaboradores (1965), para una secuencia conglomerática que cubre al basamento metamórfico en forma discordante, y tiene contacto transicional en la región de Santa Cruz-Textcalapa con la Formación Chimeco de edad oxfordiana que la sobreyace, a esta secuencia se le da un espesor de 735 m en la localidad tipo. En la región de Ayuquila, la

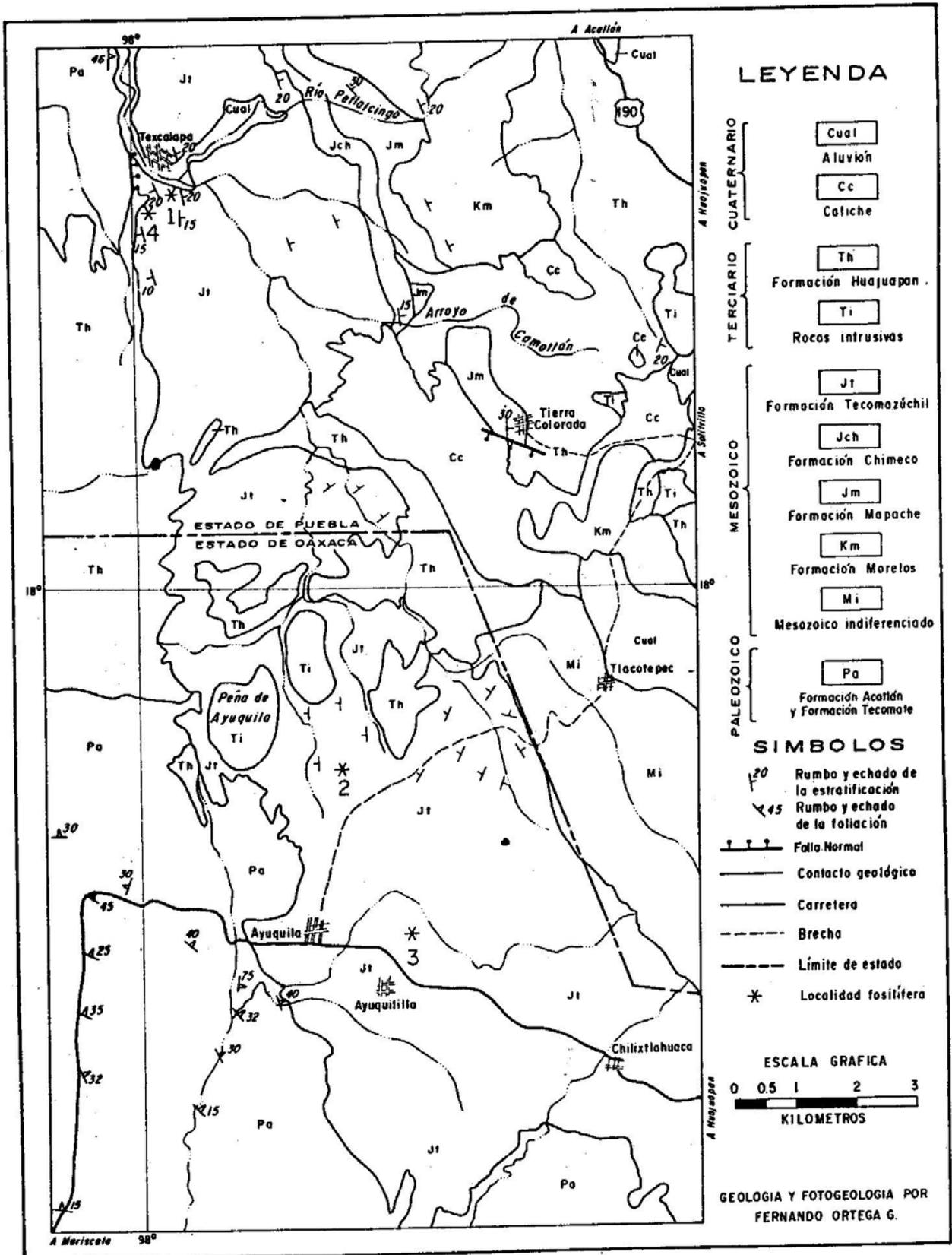


Figura 2. Mapa geol3gico de la Regi3n de Texcalapa y Ayuquila. Estados de Puebla y Oaxaca. (Tomado de Ortega, 1978).

Formación Tecomazúchil en su parte inferior muestra una secuencia de capas clásticas ricas en flora fósil y alcanza un espesor mínimo de 1000 m (Ortega-Gutiérrez, 1978), Las capas superiores son areniscas amarillentas, algo calcáreas, 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. Las areniscas muestran frecuentemente diastratificación con fuertes inclinaciones, y en algunos estratos se observan formas que semejan huellas de gusanos (Ortega-Gutiérrez, 1978).

Estratigrafía

En la región afloran rocas metamórficas del Paleozoico, de la Formación Acatlán, que cubren extensas regiones de la Mixteca, en los estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero, rocas sedimentarias marinas con amonitas y pelecípodos y rocas continentales con restos de plantas, también en la región de Santiago Chilixtlahuaca se reportan fósiles de bivalvos y gasterópodos dulceacuícolas del Mesozoico, que pertenecen a la Formación Tecomazúchil del Jurásico Medio (Mendoza Rosales, 2002). La Formación Tecomazúchil está cubierta por distintas unidades, hacia el norte la sobreyacen en forma concordante las calizas marinas de la Formación Chimeco de edad oxfordiana, mientras que hacia el sur subyace discordantemente a la Formación Teposcolula. La Formación Chimeco está cubierta concordantemente por las calizas arcillosas y limolíticas calcáreas de la Formación Mapache de edad

kimeridgiana-portlandiana (Jurásico Superior). La Formación Morelos del Cretácico descansa discordantemente sobre las rocas jurásicas, calizas y calizas dolomíticas fosilíferas. La Formación Huajuapán contiene conglomerados rojos en la parte inferior y unidades clásticas y volcánicas continentales del Cenozoico (fig. 2) (Ortega Gutiérrez, 1978; Mendoza Rosales, 2002).

Determinación de la zona de estudio.

Para determinar la zona de estudio se procedió a marcar el afloramiento en un mapa topográfico, que se tomó como base para el muestreo.

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación se efectuó una salida al campo en el mes de diciembre del 2002, con el fin de realizar la prospección geológica de la zona y coleccionar material fósil. La colecta se realizó con base a los métodos que se utilizan tradicionalmente, siendo el cincel y martillo de geólogo las herramientas fundamentales para la extracción de los ejemplares, es de gran utilidad el uso de un mapa, una lupa, marcadores, una libreta de notas, periódico y bolsas de plástico para proteger los fósiles recolectados (Rhodes, Zim y Shaffer, 1970). Al mismo tiempo que se iba recolectando el material éste fue etiquetado y envuelto en papel individualmente, para evitar fracturas causadas por las vibraciones y el transporte que pudiera deteriorarlo.

Caracterización de los sitios de recolecta

Para cada ejemplar que se recolectó se tuvo cuidado de anotar detalladamente las condiciones y características del sitio donde fue extraído, como son: localidad, litología general, para conocer mejor las condiciones en que quedó depositado. El área de donde provienen las plantas fósiles aquí estudiadas, se encuentra en la región de la Mixteca Baja, en el límite de los estados de Puebla y Oaxaca, donde aflora la Formación Tecomazúchil, en una secuencia de rocas clásticas. Los fósiles se encontraron como impresiones y compresiones en arenisca, para su referencia se numeraron los ejemplares en forma provisional.

Datos de campo

Para el registro de los ejemplares recolectados se utilizaron los criterios de Weber (1976); así como la bitácora de campo. Los ejemplares se recolectaron cuidadosamente con respecto al tiempo, se trató de recolectar de los estratos más antiguos a los más jóvenes. Los fósiles de cada estrato se numeraron por localidad y por estrato, envolviéndolos en papel y depositándolos en bolsas de plástico con su clave, para su posterior traslado al laboratorio.

Trabajo de laboratorio

Sistematización de los datos

En el laboratorio de Paleontología del Instituto de Geología se ordenaron los ejemplares colectados, de acuerdo a su localidad y estrato del que fue extraído, tomándose los siguientes datos merísticos: longitud y anchura de las frondas, pinas y pinulas, así como de los raquis, reportándose las medidas en cm y mm. A los ejemplares se les designó con las siglas AYU (que se refieren a las iniciales de la localidad de Ayuquila) y utilizando números progresivos.

Montaje y determinación de ejemplares

Para la preparación de los ejemplares, se seleccionó el material mejor conservado, se procedió a la limpieza y preparación de las muestras removiendo los sedimentos de mayor tamaño con ayuda de herramientas como agujas de disección o exploradores odontológicos; o bien, si los sedimentos se encuentran muy adheridos, se utilizaron aparatos eléctricos como vibradores (moto tool) y compresoras (sand blaster). Una vez preparado el material se procedió a su determinación, observando los ejemplares bajo un microscopio estereoscópico con el fin de distinguir sus caracteres morfológicos.

Fotografía de fósiles

Se tomaron fotografías del material recolectado, aplicando la técnica conocida como macrofotografía, las cuales se llevaron a cabo en el laboratorio de fotografía del Instituto de Geología, con la ayuda del Sr. Gregorio Chávez. Las fotos se hicieron a blanco y negro, y en papel brillante con las que armaron las láminas y figuras del trabajo.

Identificación de la taoflora

La identificación de los fósiles se llevó a cabo en primer lugar, familiarizándose con la morfología de estos, mediante la elaboración de dibujos a lápiz y con fotografías, asimismo se separaron las formas diferentes y se reunieron las formas similares.

Posteriormente se compararon las plantas fósiles aquí estudiadas, con láminas y descripciones de taofloras representadas en estudios paleontológicos previos tanto nacionales como de otras partes del mundo.

El examen de los fósiles debe ser muy cuidadoso, para su identificación se tomaron en cuenta los siguientes estados de carácter: la morfología (forma de

las hojas, pinas, pínulas), forma y disposición de la nervadura en las hojas, pinas o pinulas (vena media, venas secundarias), la posición de la base de éstas con relación al raquis, se midió el ángulo que forman las pinas con el raquis, así mismo se puede tomar en cuenta la disposición de las estructuras reproductoras si éstas se conservaron. La presencia de detalles cuticulares es muy importante en la sistemática, ya que la identificación es más confiable. En los ejemplares estudiados no fue posible observar estructuras cuticulares, debido a que el tipo de conservación no permitió que fueran observadas. Una vez identificado el material fósil, se procedió a la descripción del mismo.

RESULTADOS

Paleobotánica sistemática

División Sphenophyta

Orden Equisetales

Familia Equisetaceae

Género *Equisetum* Linneo 1753

Equisetum sp.

Lámina 1, Figuras 1-2

Descripción. Fragmentos de tallos de equisetales que tienen una longitud que varía entre los 40 mm y los 132 mm y una anchura de 8 mm a 22 mm. Los tallos están ornamentados por surcos y costillas longitudinales en número de 16 a 25 costillas en la cara expuesta, con un espacio de 0.5 mm entre una y otra, las costillas presentan finas estrías longitudinales. Algunas de las marcas transversales que se observan en los tallos corresponden a fracturas y no a nudos, únicamente en el ejemplar de mayor longitud se puede apreciar la presencia de tres nudos, con una distancia entre ellos de 35 mm a 40 mm. No se observaron hojas, cicatrices de ramas ni estructuras reproductoras.

Discusión. La descripción se basó en 12 ejemplares representados por impresiones de tallos de equisetos. La ausencia de vainas con hojas, de cicatrices de ramas y de estructuras reproductoras dificulta una identificación

precisa, sin embargo la presencia de costillas bien marcadas en todos los ejemplares, de nudos y ligeros residuos de hojas, nos permite colocarlos dentro del género *Equisetum*.

Los esfenópsidos estuvieron bien representados en el pasado geológico, aparecieron en el Devónico donde dominaron las formas herbáceas, mientras que durante el Paleozoico Superior florecieron las formas arborescentes como Calamitales (Stewart, 1983)

Las equisetales se conocen a partir del Pérmico y es frecuente encontrarlos durante todo el Mesozoico. Es el único grupo de los esfenópsidos que tiene representantes actuales, los cuales viven en lugares muy húmedos, en las orillas de ríos, en lagos y en pantanos, por lo que se consideran representantes de un hábitat muy particular. Se supone que sus parientes en el pasado también se desarrollaron en las mismas condiciones que los actuales. Este grupo se considera de gran utilidad en estudios paleoecológicos (Stewart, 1983).

En México el género *Equisetum* se cita en varias localidades jurásicas de los estados de Oaxaca y Puebla, en las formaciones Zorrillo y Rosario (Person y Delevoryas, 1982; Silva Pineda, 1984) y en el límite entre los estados de Oaxaca y Puebla, en la Formación Tecomazúchil (Silva Pineda, 1978a), también se conocen tallos de equisetales en el Triásico Tardío de la Formación Santa Clara en el Estado de Sonora (Weber *et. al.* 1980), así como en el Pérmico de Hidalgo en la Formación Guacamaya (Silva Pineda, 1987) y en la

región de Olinalá, Guerrero en la Formación Olinalá-Los Arcos (Silva Pineda, *et al*, 1998

División Pteridophyta

Orden Filicales

Familia Matoniaceae

Género *Piazopteris* Lorch 1967

Piazopteris branneri (White) Lorch

Lámina 1, Figuras 3, 5, 6

Descripción. Frondas por lo menos bipinadas, que no se conservaron, solamente se cuenta con pinas de último orden incompletas, la base y el ápice no se observaron, miden de 20 mm a 120 mm de longitud y de 25 mm a 30 mm de anchura, el raquis de la pina alcanza de 1 mm a 1.5 mm de grueso y presenta finas estrías longitudinales. Las pínulas son pequeñas, miden de 9 mm a 14 mm de largo y de 3 mm a 4 mm de ancho cerca de la base, disminuyendo su anchura hacia el ápice que es redondeado, están dispuestas a lo largo del raquis en forma opuesta o subopuesta y en ángulos rectos. La nervadura consta de un nervio medio muy bien marcado que nace en el raquis y se extiende hasta el ápice de la pínula, da nacimiento a los nervios secundarios, los cuales forman una nervadura reticular claramente visible en algunos ejemplares. No se observaron pinas fértiles.

Discusión. La descripción se basó en 11 ejemplares representados por impresiones de pinas estériles incompletas de *Piazopteris branneri* (White) Lorch, especie bien distribuida en varias localidades jurásicas de México - principalmente en los estados de Oaxaca y Puebla, (Silva Pineda 1984, Silva-Pineda y Alzaga-Ruiz, 1991, Silva-Pineda y Arambarri Reyna, 1991). Flores (1974) cita esta especie asociada con otros grupos de plantas en el subsuelo de la región de Tampico, en el Estado de Tamaulipas, rocas con las que se puede establecer una correlación. También se le encuentra en varias regiones del mundo, está reportada del Jurásico de Makhtesh Ramon, Israel (Lorch, 1963, 1967), del Jurásico Inferior de Egipto (Ash, 1972), es muy abundante en la región occidental de Cuba, donde aflora la Formación San Cayetano del Jurásico Inferior y Medio (Vachramev, 1966; Areces Mallea, 1990), también ha sido mencionada del Cretácico de Brasil (White, 1913). Lorch (1963) observó que las formas fértiles son escasas en *P. Branneri*, ya que en su colección encontró que entre cientos de impresiones de pinas de esta especie, solamente cerca de una docena presentaron esporangios. En el material aquí revisado las pinas fértiles no se conservaron.

El género *Piazopteris* es uno de los helechos más abundantes de la familia Matoniaceae, la cual estuvo ampliamente distribuida en el pasado durante el Jurásico y el Cretácico, mientras que en la actualidad las matoniaceas están confinadas a una pequeña área que comprende algunas regiones de Malaya, Borneo y Nueva Guinea (Ash, 1972).

División Cycadophyta

Orden Cycadeoidales

Familia Cycadeodaceae

Género *Zamites* Brongniart 1820

Zamites oaxacensis (Wieland) Person y Delevoryas

Lámina 1, Figura 4

Descripción. Fronda incompleta, mal conservada, aparentemente grande, alcanza 75 mm de largo y 75 mm de ancho, presenta un raquis de 2.0 mm de grueso, las pinas también son grandes e incompletas, la de mayor longitud mide 70 mm de largo y el ancho varía entre 7.0 y 8.0 mm cerca de su base, tienen los bordes enteros, están dispuestas muy cercanas entre sí, divergen del raquis en ángulos muy abiertos mas o menos de 80°. Las bases de las pinas están mal conservadas, en algunas de ellas se puede notar una base simétrica, con ambos ángulos basales igualmente desarrollados y los ápices no se conservaron. La nervadura consiste en nervios finos y numerosos que nacen en la base de la pina, se bifurcan una o más veces haciéndose paralelos en el resto de la pina, en número aproximado de 27 a 28 nervios por pina.

Discusión. El único ejemplar conservado presenta caracteres muy similares a *Zamites oaxacensis* (Wieland) Person y Delevoryas, por lo cual, aunque la preservación de éste es mala, es posible considerarlo como *Zamites*

oaxacencis. (Wieland) Person y Delevoryas. Person y Delevoryas (1982), comparan a *Z. oaxacensis* con *Z. gigas*, especie que describió Harris (1969) del Jurásico de Yorkshire, en Inglaterra, las cuales se pueden diferenciar del ejemplar mexicano en que éste tiene las pinas más anchas y la concentración de nervios es mayor en *Z. oaxacensis*, pero realmente es poca la diferencia. *Z. oaxacensis* está bien representada en varias localidades de las formaciones Rosario y Zorrillo que afloran en la región noroccidental del Estado de Oaxaca.

Género *Ptilophyllum* Morris 1840

Ptilophyllum acutifolium Morris

Lámina 1, Figura 7, Lámina 2, Figuras 1a, 2

Descripción. Frondas grandes, incompletas, el ejemplar de mayor tamaño alcanza una longitud de 11.8 cm y un ancho de 35 a 45 mm, presenta un raquis delgado que mide de 1.5 a 2.0 mm de grueso. Las pinas son largas y delgadas, de 24 a 35 mm de largo y de 2.0 a 3.0 mm de ancho, tienen bordes enteros y paralelos, se fijan al raquis por todo el ancho de su base en ángulos mas o menos de 70°, el ángulo basal basiscópico es decurrente y el acroscópico parece ser recto, el ápice de las pinas termina en punta. Los nervios se notan poco, se encuentran al menos entre 7 y 8 nervios por pina.

Discusión. Los ejemplares en los que se basó esta descripción se encuentran fragmentarios y mal conservados, pero tienen gran semejanza con *Ptilophyllum acutifolium* en su aspecto general, tanto de la fronda como en la forma de las pinas, pero en estos ejemplares la disposición de las pinas en el raquis y la

nervadura no son claras, por lo que debido a su mala preservación se tiene cierta duda en su identificación.

P. acutifolium es una especie bien representada en varias localidades de las formaciones Rosario y Zorrillo del Jurásico del Estado de Oaxaca, (Person y Delevoryas, 1982; Silva Pineda, 1984), presente también en el Jurásico Inferior de la Formación Huayacocotla en el Estado de Veracruz (Díaz Lozano, 1916) y en el Jurásico Medio de la Formación Tecomazúchil del sur del Estado de Puebla (Silva Pineda, 1978b). También se le conoce en varias regiones del mundo, se cita en Inglaterra (Harris, 1969), Israel (Lorch, 1967) y el género se considera cosmopolita (Archangelsky, 1970).

Ptilophyllum sp

Lámina 2, Figura 1b

Descripción. Fronda incompleta mal conservada, de tamaño grande que mide 90 mm de longitud y 70 mm de ancho, aproximadamente en la parte media de la fronda. Presenta un raquis delgado y bien marcado que mide de 1.5 a 2.0 mm de grueso, las pinas son largas y delgadas de 45 a 55 mm de largo y de 4.0 a 5.0 mm de ancho, cerca del ápice de la pina se adelgazan terminando en punta, tienen los bordes enteros y paralelos, se disponen en el raquis en ángulos de 60° a 65° haciéndose ligeramente mas cerrados hacia el ápice de la hoja, se unen a éste con todo el ancho de su base, el ángulo basal basiscópico es decurrente y el ángulo basal acroscópico es recto o ligeramente contraído. La nervadura mal conservada se nota poco, consta de nervios finos y paralelos.

Discusión. La descripción se basó en dos ejemplares, uno aunque es incompleto se trata de una fronda grande que tiene semejanza con *Ptilophyllum acutifolium* pero con las pinas más anchas, los nervios y as bases de las pinas no se observan con claridad. El otro ejemplar es un fragmento de fronda pequeño, cuyas pinas incompletas no presentan sus bases, son largas y anchas, el ápice termina en punta, este ejemplar también tiene semejanza con *P. acutifolium*, pero debido a que son ejemplares muy fragmentarios se les considera como *Ptilophyllum* sp. El género *Ptilophyllum* está bien representado en el Jurásico de México y tiene una amplia distribución en el mundo del Jurásico al Cretácico (Archangelsky, 1970).

Género *Otozamites* Braun 1842

Otozamites hespera Wieland

Lámina 2, Figura 3

Descripción. Fronda grande incompleta, que mide 13.5 cm de largo por 40 mm de ancho, el raquis mide de 1.5 a 2.0 mm de grueso. Las pinas son largas, rectas, tienen los bordes paralelos y enteros, alcanzan 42 mm de largo y de 4.0 a 5.0 mm de ancho. La base de las pinas es asimétrica, el ángulo basal superior es mas desarrollado que el inferior, carácter que se observa solo en tres de las pinas del ejemplar conservado. Las pinas divergen del raquis en ángulos de 65°

a 70° y los ápices de las pinas son obtusos. La nervadura consta de nervios finos, mal conservados en la base de las pinas, en el ángulo basal acroscópico

se notan curvos, pero en el resto de la pina están bien marcados, paralelos y en número aproximado de 20 nervios por pina.

Discusión. La descripción se basó en un solo ejemplar incompleto pero bien conservado, que tiene gran semejanza con *Otozamites hespera*, especie que describe por vez primera Wieland (1914) del Liásico de El Consuelo en el Estado de Oaxaca, este autor distinguió las variedades *latifolia* e *intermedia* en esta especie. Existe una gran semejanza entre *O. hespera* y *O. hespera* var. *latifolia* por lo que se consideran dentro de la misma unidad taxonómica, mientras que *O. hespera* var. *intermedia* tiene diferencias bien marcadas en su morfología y posiblemente corresponde a otra especie. *O. hespera* Wieland más tarde es descrita por Person y Delevoryas (1982) y Silva Pineda (1984) del mismo estado, donde se encuentra bien representada en varias localidades de las formaciones Rosario y Zorrillo, así como en el Liásico de la Formación Huayacocotla, en el Estado de Veracruz (Díaz Lozano, 1916), Jurásico Medio de Tecamatlán, en el Estado de Puebla (Silva Pineda, 1969) y en la región de Cualac en el Estado de Guerrero (Silva Pineda y González Gallardo, 1988), este género también se cita del Jurásico Superior (Kimeridgiano-Titoniano) de Veracruz (Silva Pineda, 1992). El género *Otozamites* se considera cosmopolita (Archangelsky, 1970).

Género *Williamsonia* Carruthers 1870

Williamsonia netzahualcoyotlii Wieland

Lámina 2, 4

Descripción. El ejemplar consiste en la impresión de un cono incompleto que alcanza 44 o 45 mm de diámetro, en la parte central de éste se encuentra la cicatriz del pedúnculo muy bien marcada, que mide 4.0 mm de diámetro, el cual no se conservó.

El cono presenta la superficie cubierta por marcas que probablemente corresponden a impresiones de escamas interseminales, que tienen forma poligonal (cuadrangulares, pentagonales o hexagonales). Estas estructuras disminuyen su tamaño hacia la base del cono y cada una de ellas tiene un orificio central que mide solamente .5 mm de diámetro.

Discusión. El ejemplar que aquí se describe aunque se encuentra incompleto y mal conservado, tiene gran semejanza con las fructificaciones de *Williamsonia netzahualcoyotlii* Wieland, que se describen del Jurásico de México (Wieland, 1914; Delevoryas y Gould, 1973; Person y Delevoryas, 1982; Silva Pineda, 1978b; 1984). La estructura de las escamas se considera un carácter importante en el que Wieland (1914) se basó para hacer la distinción específica entre *W netzahualcoyotlii* Wieland y *W. nathorstii* Wieland, este autor observó que en la primera especie las escamas son poligonales, triangulares o cuadrangulares, mientras que en la segunda especie son mas bien redondeadas.

W. netzahualcoyotlii fue originalmente descrita por Wieland (1914) del Liásico de la región de El Consuelo en el Estado de Oaxaca y es la especie de *Williamsonia* mejor representada en localidades jurásicas de los estados de Oaxaca y Puebla. *Williamsonia* es un género con una amplia distribución en el mundo, se considera cosmopolita (Archangelsky, 1970).

Williamsonia nathorstii Wieland

Lámina 2, Figura 5

Descripción. Fructificación representada por la impresión hundida de un cono imperfectamente conservado, se trata de una depresión que tiene forma redondeada y alcanza 44 mm de diámetro, es ligeramente alargada. En la parte central del cono se observa la cicatriz del pedúnculo que mide 4 mm de diámetro, pero éste no se conservó. El cono se encuentra cubierto por un mosaico formado por estructuras contiguas, semejantes a rosetas de forma irregular (pentagonales o hexagonales), pero que más bien parecen ser redondeadas, las cuales disminuyen su tamaño a medida que se acercan a la base del cono, estas estructuras probablemente corresponden a escamas interseminales mal conservadas, cuya forma bien definida no fue posible observar.

Discusión. La descripción se basó únicamente en la impresión de un cono que tiene gran semejanza con el que se describió del Jurásico Medio de una región situada en el sur de Puebla y noroeste de Oaxaca (Silva-Pineda, 1978b) y en la

región de El Consuelo en Oaxaca (Wieland, 1914-1916), al que Wieland designó como *Williamsonia nathorstii*, basándose en la morfología de las escamas. Estos especímenes solamente se diferencian en las dimensiones del cono, el que se describe e ilustra de Puebla y Oaxaca es más pequeño que el ejemplar aquí estudiado y el que se describe El Consuelo, Oaxaca es de mayor tamaño que los dos anteriores.

Implicaciones paleoclimáticas

Mendoza Rosales (2002) hace una interpretación paleoambiental del área estudiada, en la que menciona la presencia de una sedimentación marina transicional que ocurrió hacia el sur de Huajuapán de León, Oaxaca y más hacia el norte en la secuencia de la Formación Tecomazúchil en la región de Chilixtlahuaca, durante el Jurásico Medio se llevó a cabo una sedimentación de carácter continental donde se encontraron cuerpos lacustres, que favorecieron el desarrollo de invertebrados acuáticos (gasterópodos y bivalvos) y posiblemente la existencia de un lago que contenía abundantes sedimentos arcillosos al que denominó Lago Chilixtlahuaca.

La presencia de cuerpos lacustres durante el Jurásico Medio en la Formación Tecomazúchil, fue un factor importante para el desarrollo de la flora que creció en el área durante ese periodo, a la que probablemente proporcionaron suficiente humedad, favoreciendo su crecimiento. Las plantas fósiles de esta localidad que consisten en cicadofitas, helechos y equisetales, seguramente vivieron en climas tropicales y subtropicales, cálidos y húmedos, ya que sus

parientes actuales viven en este medio, sin embargo algunos representantes vivientes de las cícadas crecen en climas semi-áridos y pueden soportar periodo mas o menos cortos de sequía (Jones, 1993).

Se considera que las plantas fósiles reflejan el clima donde vivieron, así como las plantas actuales reflejan el clima donde viven. Algunos autores señalan que el método más confiable para la interpretación de climas antiguos es por medio de las plantas fósiles, pues su distribución está controlada por las condiciones climáticas (Dorf, 1970; Ash, 1972; Silva Pineda, 1978a). Dorf (1970) considera entre los caracteres morfológicos más utilizados para conocer los climas durante el Mesozoico a las frondas de los helechos, los troncos de las coníferas (presencia de anillos en los tallos) y los tallos de las equisetales, cuando éstos alcanzan tamaños más grandes denotan climas calientes y probablemente tierras bajas.

Conclusiones

Las plantas fósiles que se encuentran en los afloramientos del Jurásico Medio de la Formación Tecomazúchil, en la región de Ayuquila, localizada en el sur de Puebla y noroeste de Oaxaca, son de tipo continental y formaron parte de la vegetación que pobló la paleocuenca Guerrero-Oaxaca

El análisis de la flora jurásica de la región de Ayuquila, nos permite señalar que desde el punto de vista taxonómico en esta flora, el grupo dominante es el de las cicadofitas, representadas por cuatro géneros (*Zamites*, *Otozamites*, *Ptilophyllum* y *Williamsonia*) y seis especies (*Zamites oaxacensis*, *Otozamites hespera*, *Ptilophyllum acutifolium*, *Ptilophyllum* sp., *Williamsonia nathorstii* y *W. netzahualcoyotlii*), el resto de este conjunto de plantas consiste en escasos representantes de helechos (*Piazopteris branneri*) y equisetales (*Equisetum* sp.). El estudio de esta flora permite establecer correlaciones con otros afloramientos donde se desarrollaron plantas jurásicas, como son los estados de Puebla, Hidalgo, Veracruz, Guerrero y Oaxaca, así como con las capas que contienen flora de la misma edad en el subsuelo de la región de Tampico, en el Estado de Tamaulipas, ya que en todos estos afloramientos se desarrollaron formas comunes, algunas veces se encuentran los mismos géneros y en ocasiones las mismas especies, que sin duda crecieron bajo las condiciones, paleoclimáticas y paleoecológicas similares a las que reflejan las plantas provenientes de los estratos jurásicos de la Formación Tecomazúchil.

Las plantas de Ayuquila también se compararon con la vegetación de localidades jurásicas adyacentes (noroeste de Oaxaca y sur de Puebla) que forman parte de la mencionada paleocuenca, estos conjuntos de plantas tienen

gran parecido, los cuales probablemente crecieron y quedaron depositadas en un ambiente húmedo y cálido.

Anteriormente estas plantas constituían los únicos fósiles conocidos en esta formación, pero recientemente en otros afloramientos localizados en las cercanías de Chilixtlahuaca, se encontró un abundante contenido fosilífero de gasterópodos y bivalvos dulceacuícolas así como restos de plantas, que fueron reportados por Mendoza Rosales (2002), quien mencionó que los fósiles de invertebrados se localizaron en una secuencia areno-arcillosa, que parecen ser de agua dulce, por lo que sugieren la presencia de cuerpos lacustres, que posiblemente aportarán datos importantes en estudios paleoambientales y paleoclimáticos (Mendoza Rosales, 2002).

Este conjunto de plantas probablemente se desarrolló en tierras bajas con un clima cálido y húmedo por la presencia de cicadofitas, helechos y equisetales, así como por la escasez de coníferas y ausencia ginkgoales, lo que probablemente se debe a diferencias paleoecológicas, que sugieren que el clima no permitió el desarrollo de estos elementos, los que posiblemente evolucionaron en tierras más elevadas (Delevoryas, 1969).

Bibliografía

- Aguilera, J. G., E. Ordóñez, y R. Buelna. 1896. Bosquejo geológico de México. Inst. Geol. México, Bol. 4-6, p. 1-267.
- Arambarri Reyna, G. y Silva Pineda, A., 1987. Flora fósil de la región de Yucukimi, Oaxaca (Formación Rosario). Revista de la Sociedad Mexicana de paleontología, v. 1, p. 55-74.
- Archangelsky, S., 1970. Fundamentos de Paleobotánica. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Serie Técnica Didáctica 10, La Plata, Argentina, 347 p.
- Areces Mallea, A. E., 1990. *Piazopteris branneri* (White) Lorch, helecho del Jurásico Inferior y Medio de Cuba. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, v. 3, n. 1, p. 25-40.
- Ash, S. R., 1972. *Piazopteris branneri* from the Lower Jurassic, Egypt. Rev. Paleobot. Palynol. (Amsterdam, Elsevier), v. 13, p. 147-154.
- Carrasco, R. S., 1981. Geología jurásica del área de Tlaxiaco, Mixteca Alta, Oaxaca. UNAM, Facultad de Ciencias, Tesis de Maestría, Inédito, 105 p.

Cevallos Ferriz, S. R. S. y Silva Pineda, A., 1995. Aspectos de la historia de la vegetación de México con base en macrofósiles de angiospermas
Bol.Soc.Bot.Mex. 58(1) 99-111.

Cronquist, A., 1969. Introducción a la Botánica. Compañía Editorial Continental
(C.E.C.S.A.), México, 800 p.

Delevoryas, T., 1966. Hunting fossil plants in Mexico. Discovery (New Haven,
U. S. A.), v. 2, n. 1, p. 7-13.

Delevoryas, T., 1968. Jurassic Paleobotany in Oaxaca, Mexico City. Geol. Soc.
America, Ann. Meeting, Guidebook 7, p. 10-14.

Delevoryas, T. 1969. Glossopterid leaves from the Middle Jurassic of Oaxaca,
Mexico. Science 165:895-896.

Delevoryas, T., 1971. Biotic provinces and the Jurassic-Cretaceous floral
Transition. Chicago, Nirth Am. Paleont. Convention, Proc. L., p. 1660-
1674.

Delevoryas, T. y Gould, R. E.,1971. An unusual fossil fructification from the
Jurassic of Oaxaca, Mexico. Am. Jour. Botany, v. 58, n. 7, p. 616-620.

Delevoryas, T. y Gould, R. E., 1973. Investigations of North American
cycadeoids; Williamsonian cones from the Jurassic of Oaxaca, Mexico.
Rev. Paleobot. Palynol. (Amsterdam, Elsevier), v. 15, p. 27-42.

- Delevoryas, T. y Person, C. P., 1975. *Mexiglossa varia* Gen. et sp. nov., A new genus of glossospteroid leaves from the Jurassic of Oaxaca, Mexico. *Palaeontographica Abt. B*, 154, p. 114-120.
- Díaz Lozano, E., 1916. Descripción de algunas plantas liásicas de Huayacocotla, Veracruz. *Inst. Geol. México, Bol.* 34, 18 p.
- Dorf Erling, 1970. Paleobotanical evidence of Mesozoic and Cenozoic climate changes. *Proc. North American Paleontological Convention, Chicago 1969, Simposium*, p. 323-346
- Ferrusquia Villafranca, I., 1970. Geología del área Tamazulapan - Teposcolula - Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca. En: Segura, Luis R. y Rafael Rodríguez Torres (eds.) *Libro guía de la excursión México - Oaxaca* Sociedad Geológica Mexicana, p.97-119
- Ferrusquia Villafranca, I., 1976. Estudios geológico - paleontológicos en la región Mixteca, pt.1: geología del área Tamazulapan, Teposcolula, Yanhuitlan, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca, México *Bol.-Inst.Geol.* (97) UNAM 160p.
- Flores Rafael, 1974. Datos sobre la Bioestratigrafía del Jurásico Inferior y Medio del subsuelo de la región de Tampico, Tamps. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, p. 6-15.

García, E., 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) México, D. F., Offset Larios S. A., 71 p.

González Torres, E. A., 1989, Geología y Paleomagnetismo del área de Tezoatlán, Oaxaca. Tesis de Licenciatura , Fac. Ingeniería, UNAM, 188 p.

Harris, T. M., 1969. The Yorkshire Jurassic flora. Bennettiales. London British Mus. (Nat. History), 186 p.

Jones D. L., 1993. Cycads of the world. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C., 312 p.

Lorch, J., 1963. Two fossil Floras of the Negev Desert; Makhtesh Ramon and Israeli site yield relicts of Jurassic Plants. Nat History Mag., v. 72, p. 28-38.

Lorch, J., 1967. A Jurassic flora of Makhtesh Ramon, Israel. Israel Jour. Botany, v 16, p. 131-155.

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, UNAM, 79 p.

Morales Lara, A., y Silva Pineda, A., 1996. Flórula jurásica de una nueva localidad en la región de San Miguelito, Oaxaca. Sociedad Geológica Mexicana, Bol., t. LII, Nos. 3 y 4, p. 31-41.

Nathorst, A., 1889. Versteinerungen aus dem mexicanisches staat Oaxaca. In Felix y Lenk, Beitrage zur Geologie und Palaontologie der Republik Mexico, pt. 2, Stuttgart, Schewizerbat'sche verl. P. 38-54.

Ortega-Gutiérrez, F. 1978. Notas sobre la geología del área entre Santa Cruz y Ayuquila, estados de Puebla y Oaxaca. Univ. Nac. Autón. México, Inst. Geol. Paleontología Mexicana. 44, pte. 2, p. 17-26.

Pérez-Ibarguengoitia, J. M. Hokuto, C. A., y Cserna, Zoltan de, 1965. Reconocimiento geológico del área Petlalcingo-Santa Cruz, Municipio de Acatlán, Estado de Puebla: Univ. Nal. Autón. México, Inst. de Geología, Paleontología Mexicana 21, pte, 1, 22 p.

Person, C. P., 1976. The Middle Jurassic of Oaxaca, Mexico. Austin, Texas University, Tesis Doctoral, 145 p.(inédita)

Person, C. P. y Delevoryas, T., 1982. The Middle Jurassic of Oaxaca, Mexico. Palaeontographica, Bd. 180, Abt. B, p. 82-119.

Ramírez, S., 1882. Estudio de unos ejemplares de carbón mineral procedentes del Distrito de Tlaxiaco en el Estado de Oaxaca. Anal. Fomento Minero, v. 7, p. 108-113.

Rhodes, F. H. T., Zim, H. S. y Shaffer, P. R., 1970. Fósiles. Ediciones Daimon, Manuel Tamayo, Barcelona, España, 160 p.

Silva-Pineda, A., 1969. Plantas fósiles del Jurásico Medio de Tecomatlán, Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana 27, pte. 1, p. 1-76.

Silva Pineda, A., 1970. Plantas fósiles del Jurásico Medio de la región de Tezoatlán, Oaxaca. Libro-guía de la Primera Convención Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana, p. 129-153.

Silva-Pineda, A., 1978a. Paleobotánica del Jurásico de México. Universidad Nac. Autónoma de México, Instituto de Geología Paleontología Mexicana. 44, pte. p.1-17.

Silva-Pineda, A., 1978b. Plantas del Jurásico Medio del sur de Puebla y noroeste de Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana 44, pte. 3,p. 58-117.

Silva Pineda, A., 1984. Revisión taxonómica y tipificación de las plantas jurásicas colectadas y estudiadas por Wieland (1914) en la región de

El Consuelo, Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana 49, 102 p.

Silva Pineda, A., 1987. Algunos elementos paleoflorísticos del Pérmico de la región de Calnali, Estado de Hidalgo. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, v. 1, n. 1, p. 313-327.

Silva Pineda, A., 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, v. 2 n. 2, p. 7-15

Silva Pineda, A. 1992. Presencia de Otozamites (Cycadophyta) y Podozamites (Coniferophyta) en el Jurásico Superior (Kimeridgiano - Titoniano) del sur del estado de Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México, Revista del, Inst. Geología, Revista, v. 10, n. 1, p. 94-97

Silva Pineda, A. y González Gallardo, S., 1988. Algunas Bennettiales (Cycadophyta) y Coniferales (Coniferophyta) del Jurásico Medio del área de Cualac, Guerrero. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 7, n. 2, p. 244-248.

Silva Pineda, A. y Alzaga-Ruiz, H., 1991. Una nueva localidad con plantas del Jurásico en el Estado de Puebla, México. Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 33, n. 2, p. 13-16.

Silva-Pineda, A. y Arambarri-Reyna, G., 1991. Flórmula Jurásica de San Andrés Yutatio en el Noroeste de México. Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología vol. 4, p. 57-61

Silva Pineda, A. y B. E. Buitrón, 2000. Paleontología de México. Plantas Vasculares Fósiles. Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 93 p.

Silva Pineda, A., B. E. Buitrón y R. S. Carrasco, 1986a. Bioestratigrafía del Jurásico de la región de Tlaxiaco, Oaxaca.. VIII Convención Geológica Nacional, Soc. Geol. Mexicana, p. 85-86..

Silva Pineda, A., Buitrón, B. E. y Carrasco, R. S., 1986b. Consideraciones paleoecológicas de las formaciones Zorrillo-Taberna (?Aaleniano-Batoniano) en la región de Tlaxiaco, Oaxaca. VI Coloquio sobre Paleobotánica y Palinología, p. 45.

Silva Pineda, A., Buitrón Sánchez, B. E. y Flores de Dios, A., 1998. Biota (continental y marina) del Pérmico de la región de Olinalá, Estado de Guerrero. Primera Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, Libro Resúmenes, p. 55.

Stewart, W. N., 1983. Paleobotany and the evolution plants. Cambridge University Press, 405 p.

Vachramev, V. A., 1966. Primer descubrimiento de flora del Jurásico en Cuba.
Revista Tecnológica, v. 2, p. 22-25.

Van Konijnenburg-Van Cittert, J. H. A., 2002. Ecology of some Late Triassic to
Early Cretaceous ferns in Eurasia. Review Palaeobotany and
Palynology v. 119, p. 113-124.

Ward, L. F., 1889. The geographical distribution of fossil plants. U. S. Geol.
Survey, Ann. Rept. 8, pte. 2, p. 663-960.

Weber, R., Zambrano García, A. y Amozurrutia Silva, F., 1980. Nuevas
contribuciones al conocimiento de la taoflora de la Formación Santa
Clara (Triásico Tardío) de Sonora. Universidad Nacional. Autónoma de
México, Instituto de Geología, Revista, v. 4, n. 2 (1980), p. 125-137.

White, D., 1913. A new fossil plant from de State of Bahia, Brazil. Am. Jour.
Sci., v. 35, p. 633-636.

Wieland, G. R., 1909. The Willimsonias of the Mixteca Alta. Bot. Gaz., 48, p.
427-441.

Wieland, G. R., 1911. On the Williamsonian tribe. Am. Jour. Sci., v. 32, p. 433-
476.

Wieland, G. R., 1912. La flora fósil de la Mixteca Alta. Bol. Soc. Geol. Mexicana, v. 8, p. 8. (resumen).

Wieland, G. R., 1913. The Liassic flora of the Mixteca Alta of Mexico, its composition, age and source. Am. Jour. Sci., v 36, p. 251-281.

Wieland, G. R., 1914-1916. La flora liásica de la Mixteca Alta. Inst. Geol., México, Bol. 31, 165 p.

Wieland, G. R., 1921, Monocarpy and pseudomonocarpy in the cycadeoids. Amer. J. Bot., v. 8, p. 218-230.

Wieland, G. R., 1926. The El Consuelo cycadeoids. Bot. Gaz., v. 81, p. 72-86.

Wieland, G. R., 1929. A new cycad from the Mariposa slates. Bull. Dept. Geol. Sci. Univ. California, Berkeley, v. 17, n. 12, p. 303-323.

Lamina 1

Figuras 1, 2. *Equisetum* sp.

1 y 2. Fragmentos de tallos con restos de nudos y entrenudos (X 1)

Figuras 3, 5, 6. *Piazopteris branneri* (White) Lorch

3. Fragmento de pina de último orden (X 1)

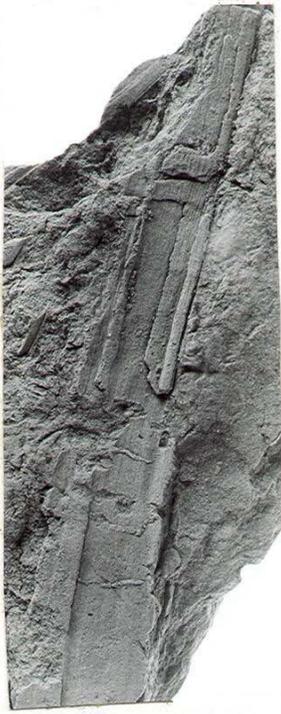
5. Pina incompleta de último orden, mostrando nervio medio bien marcado y nervios secundarios (X 1).

6. Pina incompleta (X 1)

Figura 4. *Zamites oaxacensis* (Wieland) Person y Delevoryas. Se observa la base de una pina y pinas incompletas con nervadura (X .7)

Figura 7. *Ptilophyllum acutifolium* Morris.

Lamina I



1



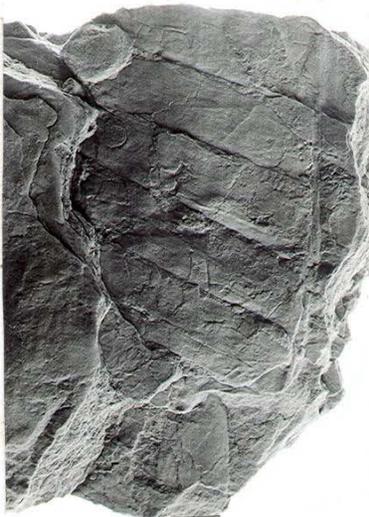
2



3



5



4



6



7

Lámina 2

Figuras. 1a, 2, *Ptilophyllum acutifolium* Morris

1a. Fronda incompleta con pinas muy delgadas (X .62)

2. Fronda incompleta, cerca del ápice (X2)

Figura 1b, *Ptilophyllum* sp. Fronda incompleta con pinas anchas (X. 62).

Figura 3. *Otozamites hespera* Wieland (X 1)

Figura 4. *Williamsonia netzahualcoyotlii* Wieland. Cono incompleto mostrando cicatriz del pedúnculo y escamas poligonales (X 2)

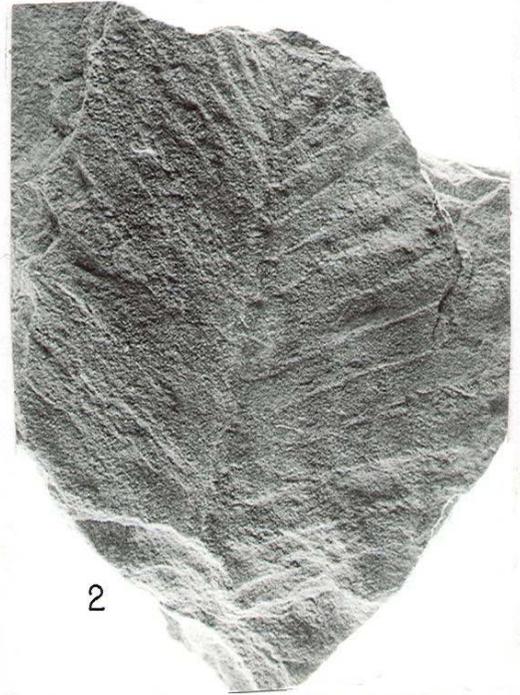
Figura 5. *Williamsonia nathorstii* Wieland. Cono completo mostrando escamas redondeadas y la cicatriz del pedúnculo.

Lamina 2

1a



1b



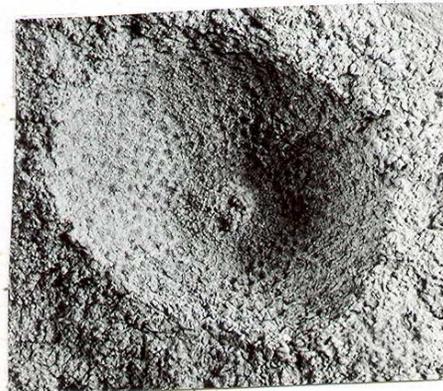
2



3



4



5