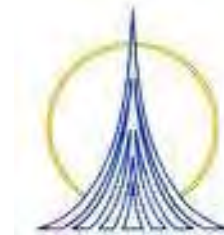




**“UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO”**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**



CARRERA DE BIÓLOGO

TESIS DE LICENCIATURA

**EL GÉNERO *Brachyphyllum*, EN EL MESOZOICO DE
MÉXICO**

PALEONTOLOGÍA

Presenta: Ricardo Ángeles Favila

Directora de Tesis: Dra. Ma. Patricia Velasco de León

Septiembre, 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA:

A Dios: Por haberme dado la dicha de vivir y permitirme compartir la vida con personas tan especiales.

A ti: Por que se que eres la única persona que sabe todo el esfuerzo que hay detrás de todos estos años y lo difícil que fue el lograr llegar hasta este momento.

A mis Padres: Ya que a través de un gran esfuerzo que lleva toda mi vida, han hecho hasta lo imposible para yo pudiera tener la oportunidad de salir adelante.

A Mony (Gurdss) por pasar momentos tan agradables y por contagiarme de tu alegría.

AGRADECIMIENTOS:

El término de este trabajo se debe a varias personas, que a través de su compañía, esfuerzo y voluntad me impulsaron a lograr la culminación de este trabajo.

Por todas las facilidades que mis padres el **Sr. Antonio Ángeles Barrientos** y la **Sra. Leonor Favila** me han brindado a lo largo de todos estos años y cuyo esfuerzo me ha permitido llegar al culmino de mi carrera profesional.

Un especial agradecimiento a mi Directora de Tesis la **Dra. Maria Patricia Velasco de León**, ya que gracias a su motivación, carisma y por haber depositado su confianza en mí, logre llevar a cabo este trabajo tan interesante.

A mis sinodales **M. en C. Carlos Pérez Malvás**, **M. en C. David N. Espinosa Organista**, **M. en C. Erica L. Ortiz Martínez** y **Biol. Rigoberto Rodríguez Becerra**, ya que gracias a sus observaciones y comentarios, contribuyeron a la mejora y enriquecimiento de este trabajo.

A la **Dra. Alicia Silva Pineda** por el gran aprecio que me ha manifestado y por el apoyo de toda índole que recibí de su parte.

A la **Dra. Socorro Lozano García** por brindarme su tiempo, amistad y conocimientos, al darme la oportunidad de conocer un área tan interesante como la Palinología.

A la **M. en C. Berenit Mendoza Garfias**, por brindarme su amistad y el tiempo necesario para lograr excelentes resultados durante el trabajo en Microscopio Electrónico de Barrido.

A la M. en C. Susana Sosa Nájera por brindarme su apoyo y conocimientos en el área de Palinología, al igual que mis amigas Pera y Clau por su amistad.

Por brindarme su apoyo y amistad desde el comienzo de mi estancia en el Laboratorio de Paleontología, a Diana y Peter.

A toda la banda: Vania, Kenia, Michelona, Chio, Nancha, Pimpollín y su hijo Brandon, al Teto, Alejandro y en especial a mi mejor amigo Omar.

A todos aquellos amigos que por diversas circunstancias no estuvimos en contacto durante el paso de todos los semestres, pero que conservamos una excelente amistad: Yuliett, Denise, Julio, Eleane, Chelis, Mary, Elva, Gaby, Cristina y en especial a Luz.

A mis grandes amigos del laboratorio de Paleo, por pasar ratos muy agradables principalmente en campo: Diana, Manuel, Pedro, Bety, Erika, Rigo, Janett, Dulce, Caro, Oscar y Kareem.

A mis amigos Ceci y Javo por hacer que perdure la amistad por mas de 10 años.

A mi hermano Antonio por su apoyo e interés en que lograra el término de mi carrera y mi hermano Rafael por su agradable compañía y por pasar buenos momentos.

Y un muy especial agradecimiento a Mony (Gurdss) por su incomparable y agradable compañía, por escucharme y darme los mejores consejos y pretextos.

Al súper Oxxo por acompañarme durante el mayor tiempo de la carrera y abastecer de dulces a toda la banda y proveerme de capital.

A Doña Mari por darnos de comer todos estos años y hacer el esfuerzo por mantener el mismo precio.

Y a todas aquellas personas (Amigos, compañeros y maestros) que directa o indirectamente contribuyeron e influenciaron que llegara hasta este momento.

ÍNDICE:

I) RESUMEN.....	1
II) INTRODUCCIÓN.....	2
III) MARCO TEÓRICO.....	5
IV) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
V) OBJETIVOS.....	8
Objetivos Particulares.....	8
VI) JUSTIFICACIÓN.....	9
VII) ANTECEDENTES.....	10
VIII) ZONA DE ESTUDIO.....	12
IX) MÉTODO.....	21
X) RESULTADOS.....	23
XI) ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
XII) CONCLUSIONES.....	55
XIII) BIBLIOGRAFÍA.....	56
XIV) APÉNDICES	
Apéndice I.....	59
Apéndice II.....	59
Apéndice III.....	60
Apéndice IV.....	63
Apéndice V.....	64

EL GÉNERO *Brachyphyllum*, EN EL MESOZOICO DE MÉXICO

RESUMEN:

En la localidad de San José Ayuquila perteneciente a la Formación Tecomazúchil dentro del estado de Oaxaca, se realizó un hallazgo de un morfotipo cuyas características diferían de las especies reportadas para la localidad. Con base en este hecho, se asignó preliminarmente al morfotipo dentro del género extinto "*Brachyphyllum*". A partir de este resultado se realizó una revisión bibliográfica sobre estas coníferas y se concluyó que la información es relativamente escasa, con ubicaciones taxonómicas a nivel probable de género y diagnosis incompletas.

A partir de este hecho se recurrió a la búsqueda de caracteres microscópicos (estomas y papilas) cuya importancia taxonómica permitiera la identificación de especie, por lo que el propósito de este trabajo fue realizar la taxonomía de tres de los ejemplares registrados y uno propuesto como *Brachyphyllum sp.*, empleando caracteres macroscópicos y el análisis cuticular por medio de replicas en caucho de silicón analizadas mediante Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) y estudios paleopalinoológicos. Además se recurrió al uso de la taxonomía numérica para mostrar la similitud entre los morfotipos en estudio y las demás especies reportadas para este género. Con base en estos datos se realizó una inferencia de las posibles condiciones en que pudieron prevalecer estas plantas.

Los caracteres macroscópicos y microscópicos utilizados para la verificación de género tienen validez taxonómica y permitieron precisar que los morfotipos colectados pertenecen al género *Brachyphyllum*.

A través del análisis de taxonomía numérica los cuatro morfotipos en estudio se compararon con 20 especies del mismo género, arrojando resultados favorables al no coincidir con ninguna especie.

Las condiciones paleoambientales se propusieron a partir de argumentos paleontológicos (proceso de fosilización, grado de preservación y autoctonía), fisiológicos (exceso de producción de ceras epicuticulares), paleo ambientales (datos florísticos y elaboración de fenograma) y geológicos (evidencia de cuerpos de agua (lagunas) y desarrollo de sistemas meándricos), que permitieron inferir que los cuatro morfotipos existieron dentro de un posible ambiente sin estrés hídrico.

Se concluyó que los morfotipos estudiados, no coinciden con ninguna de las demás especies analizadas, tanto en características micro como macroscópicas, proponiendo así la presencia de nuevas especies de *Brachyphyllum*, para las formaciones Tecomazúchil, Conglomerado Cualac y localidad Coquimatlan.

INTRODUCCIÓN:

La Paleobotánica es la ciencia que trata sobre el estudio de la biología de plantas fósiles, su evolución, las relaciones con el medio que los rodeó y sus condiciones de preservación. También estudia la variabilidad de las floras en distintas latitudes geográficas del pasado ayudando a conocer la disposición de los continentes en ese momento y el clima imperante (Strickberger, 1993).

Esta ciencia se relaciona en forma estrecha con otras disciplinas como la Geología (sedimentología, estratigrafía) y se caracteriza por la naturaleza del registro fósil. Una planta fósil es una parte o un organismo completo, que vivió en tiempos geológicos pasados y que se ha conservado en rocas mediante un proceso físico-químico llamado fosilización (Strickberger, 1993).

El estudio de las plantas fósiles comprende aspectos descriptivos (anatómico-morfológicos), sistemáticos (clasificación), evolutivos (filogenéticos), fitogeográficos (distribución de las plantas), ecológicos (adaptación al ambiente) y taxonómicos, teniendo como objetivo integrar estos aspectos reconstruyendo la historia y evolución del reino plantae (Silva-Pineda, 2000).

Los estudios tradicionales de plantas fósiles se han desarrollado sobre órganos visibles al ojo humano, iniciando con aparatos ópticos de aumentos reducidos y culminando con el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), el cual permite observar detalles morfológicos externos con excelente definición utilizando aumentos de hasta 30.000 veces o más. Esta técnica ha sido aplicada con diversos órganos de plantas fósiles, tales como cutículas epidérmicas, polen y esporas (Archangelsky, 1991).

Se ha ensayado con éxito el uso del MEB con cutículas epidérmicas fósiles, demostrando que ciertas membranas orgánicas se conservan con poca alteración de su estructura y ultraestructura a través de millones de años, a tal punto que mantienen los mismos modelos que se encuentran en las plantas actuales. Por otra parte, permite estudiar cortes con aumentos de 100.000 veces (o más) reconociendo nuevas unidades estructurales con organización definida, esta técnica ha sido aplicada en el estudio de cutículas epidérmicas en órganos foliares y en fructificaciones femeninas y masculinas, incluyendo polen y esporas (Archangelsky, 1991).

Kerp (1991) propuso el *análisis cuticular* como un método valioso para la identificación, clasificación y correlación de restos de gimnospermas fósiles, ya que las características epidérmicas pueden ser muy provechosas para una mejor caracterización de taxa. El análisis puede ser aplicado de diferentes formas y con diferentes metas. Es usado para la identificación de plantas, la reconstrucción de órganos de plantas, correlación de órganos dispersados, bioestratigrafía, paleoecología, e interpretaciones paleoclimáticas.

La *epidermis* es una capa de células que cubre todo el cuerpo de las plantas, es la encargada de la protección, respiración, permite el paso de la luz, reconocimiento de patógenos, etc. Externamente presenta *cutícula*, la cual es una membrana resistente constituida por cutina y ceras, que cubre las partes de las plantas que están en contacto con la atmósfera: su función es la protección de los tejidos interiores más delicados y la regulación del intercambio hídrico entre el medio y la planta (Archangelsky, 1974).

Las cualidades de la cutícula la hacen resistente a los agentes químicos, físicos y biológicos de destrucción, por lo que tiene buenas posibilidades de fosilizar en ambientes propicios (Archangelsky, 1974).

La cutícula tiene una morfología particular, derivada naturalmente de su función primordial. En ella se reflejan claramente los contornos de la capa más externa de las células epidérmicas y las estructuras estomáticas; pero también puede tener efectos estructurales de forma propia y disposición variada. En suma, una cutícula presenta numerosos caracteres que pueden tener importancia sistemática y que son, por lo tanto, utilizados en diagnosis específicas y aún genéricas (Archangelsky, 1974).

La epidermis es un tejido complejo formado por varios tipos de células, entre ellas:

- ❖ *Aparatos estomáticos*: En botánica se denomina estoma a los pequeños poros de las plantas localizados en la superficie de las hojas. Constan de dos grandes células denominadas guarda u oclusivas. Entre las dos células oclusivas hay un pequeño orificio llamado ostíolo. La separación que se produce entre las dos células oclusivas (se pueden separar por el centro manteniéndose unidas por los extremos) regula el tamaño total del poro y por tanto, la capacidad de intercambio de gases y de pérdida de agua de la planta. El estoma puede estar rodeado de células anexas (subsidiarias), cuya cantidad y disposición determina el tipo de aparato estomático: anomocítico, paracítico, diacítico, anisocítico, tetracítico, etc (Kerp, 1991).
- ❖ Los tricomas son apéndices epidérmicos con diversa forma, estructura y función. Pueden estar en cualquier órgano de la planta. Son útiles en taxonomía, para caracterizar especies, géneros o a veces grupos más grandes. Sus funciones son variadas, incluso contrapuestas: favorecer o retardar la transpiración, atraer o repeler animales, entre otras. Existen varios tipos de tricomas y varían entre distintas especies. Ejemplo: Las papilas son abultamientos poco pronunciados, muchas veces sensitivos, pueden ser delgadas, parecidas a pelos (Strasburger et al., 1992).

Un área científica con gran trascendencia dentro de la Paleobotánica es el estudio del polen y esporas fósiles, cuya disciplina es la Paleopalínología. El estudio de estos microfósiles y el análisis microscópico de su simetría, aperturas en las paredes, contorno, forma, tamaño, etc. tienen un valor taxonómico y permiten distinguir taxones diferentes a distintos niveles (familia, géneros, especies). Es en el estudio paleontológico donde alcanza su máxima versatilidad, pues el polen tiene gran resistencia a la putrefacción debido a las características químicas de la exina (Hesse y Amots, 2000).

Los estudios palinológicos o polínicos permiten reconstruir el desarrollo histórico de la flora y sus reiteradas transformaciones como consecuencia de los cambios climáticos y las condiciones imperantes (Hesse y Amots, 2000).

Otra área que tiene estrecha relación con la Paleontología es la sistemática biológica, la cual, es una de las disciplinas científicas más antiguas que ha experimentado en los últimos cuarenta años un cambio debido al surgimiento de la taxonomía numérica (fenética) y filogenético (Villaseñor, 2000).

Las técnicas numéricas son una herramienta, que nos permite, mediante operaciones matemáticas, calcular la afinidad entre unidades taxonómicas con base en el estado de sus caracteres (Villaseñor, 2000).

La escuela fenética de clasificación ha sido definida como el agrupamiento por métodos numéricos de unidades taxonómicas operativas (OTU's) en taxones, para lo que se toma en cuenta sus estados de carácter. La similitud total entre dos entidades, esta en función de sus similitudes individuales en cada uno de los muchos caracteres en los cuales están siendo comparados. Es decir que la similitud total es igual a la suma de las similitudes parciales para cada carácter (Sneath y Sokal, 1973).

El rechazo hacia los conceptos de especie biológica y filogenética por parte del feneticismo constituye un aspecto importante, ya que al ser imposible establecer al inicio de los estudios paleontológicos las relaciones reproductivas entre los organismos o las secuencias ancestro-descendiente de las poblaciones, se echa mano del concepto morfológico de especie, que la define como el conjunto de individuos morfológicamente similares, generalmente asociados entre sí por una distribución geográfica definida y separadas de otros conjuntos por discontinuidades morfológicas. Criterios que no se contraponen con los principios de la escuela fenética de clasificación (Sneath y Sokal, 1973).

La definición de especie tipológica también toma criterios que no contrastan con las bases fenéticas y se caracteriza por la postulación de un individuo o serie de individuos llamados "tipos", que por sus características representan al conjunto que forma la especie. Se define solamente con base en características morfológicas y se compone exclusivamente por individuos contemporáneos. Para gran número de personas este es el concepto de especie que se maneja en Paleontología. El concepto de especie paleontológica fue definido por Imbrie (1957) y Simpson (1961) como una serie cronológica en un solo linaje cuyos límites son por definición arbitrarios (García, 1992).

Todas las especies se encuentran ordenadas siguiendo una clasificación sistemática y cuando se describe una nueva especie, se hace con base en los caracteres del ejemplar tipo, al cual se asociará de manera inamovible el nombre asignando a esa entidad. Se establece preliminarmente un nombre científico, con base en los principios de Nomenclatura (1.- Que el taxón no haya sido nombrado antes, 2.- que su nombre esté en latín y no haya sido utilizado ya en otro taxón y 3.- que esté asociado a una descripción y a un ejemplar "tipo".) propuestos dentro del Código Internacional de Nomenclatura Botánica, cuyo objetivo es tener un nombre inequívoco y universal para cada especie y para cada taxón en general.

Cabe aclarar que este nombre es tentativo hasta que la Comisión Internacional de Nomenclatura lo haga valido y se lleve a cabo una publicación científica con referato (con peritos expertos en el tema que revisan las publicaciones para aceptarlas, corregirlas o rechazarlas).

En la categoría de especie los nombres son binominales (compuestos por dos palabras). La primera palabra es el nombre del género (se escriben siempre la letra inicial en mayúscula y con una tipología diferente (cursiva)), la segunda es el nombre que caracteriza a la especie, llamado "epíteto específico". Se escribe en minúscula y con una tipología diferente al resto del texto, como sucede con los géneros.

MARCO TEÓRICO:

La aparición de las plantas con base en el registro fósil, ocurrió hace aproximadamente 420 millones de años, hacia finales del Periodo Silúrico (435-408 Ma). En el Periodo Devónico (408-355 Ma) se desarrollaron grandes grupos de plantas terrestres: licofitas, esfenofitas, filicofitas, progimnospermoformas y gimnospermas (Taylor, 1993).

Las gimnospermas son plantas vasculares que forman semillas pero carecen de flores, son plantas leñosas de hábito arbóreo o arbustivo. Las semillas no están encerradas en carpelos, sino dispuestas sobre escamas organizadas en conos. Estas plantas con semilla son las más antiguas; al parecer, proceden de helechos del Devónico (Taylor, 1993).

En el Carbonífero (355-295 Ma) y Pérmico (295-250 Ma), grandes grupos de plantas alcanzan un gran desarrollo y aparecen las Pteridospermas (helechos con semilla) y las coníferas. Durante el Triásico (245-208 Ma) aparecieron nuevas familias de pteridospermas, las coníferas, cícadas y los ginkgos se convirtieron en los grupos de plantas más grandes e importantes (Taylor, 1993).

Las coníferas son plantas que poseen un tronco leñoso compacto y las estructuras reproductivas masculinas y femeninas forman verdaderos conos. Fueron y son plantas generalmente arbóreas que alcanzan grandes alturas y suelen vivir en comunidades puras o bien asociadas a otros grupos. Es uno de los grupos de Gimnospermas más antiguos y que adquirió gran difusión en el Mesozoico, especialmente durante los períodos Jurásico y Cretácico (Silva-Pineda, 2000).

Actualmente en México, las localidades con flora fósil continental, presentan baja presencia de coníferas. El primer registro de coníferas en México es en el Pérmico (Leonardiano) de la región de Tlahuelompa-San Mateo, en los estados de Hidalgo y Veracruz (Silva-Pineda et al., 1995).

El registro fósil de los géneros de coníferas del Mesozoico incluyen: *Brachyphyllum*, *Pagyophyllum*, *Cypariisidium*, *Geintzia*, *Elatocladus*, *Cupressinocladus*, *Pytyocladus* y *Podozamites* (Silva-Pineda, 2000).

En México los restos de coníferas fósiles están representados por los géneros: *Raritania*, *Arachenia*, *Kobalostrobis* y *Brachyphyllum* (Silva-Pineda, 2000). El género *Brachyphyllum*, se ha colectado en los estados de Coahuila, Colima, Puebla, Guerrero y tentativamente Oaxaca (Fig. 1).

El género *Brachyphyllum* se caracteriza por presentar pequeñas hojas arregladas en espiral. Cada hoja está compuesta por un cojinete basal ancho, la hoja es tan larga como ancha. En México está registrado en rocas Jurásicas y Cretácicas (Silva-Pineda, 2000). El polen producido por estas coníferas se denomina *Classopollis* o *Corollina*. En el Jurásico Temprano, la exina presenta una estructura baculada muy compleja, la cual integra bandas estriadas en el ecuador. Durante el Jurásico Tardío y Cretácico Temprano comienzan a desarrollarse sobre la exina diversos tipos de elementos esculturales.

Descripción Sistemática (*Brachyphyllum*):

SUBREINO: Tracheophyta
DIVISIÓN: Coniferophyta
SUBDIVISIÓN: Spermatophyta
CLASE: Coniferopsida
ORDEN: Coniferales
FAMILIA: Cheirolepidaceae

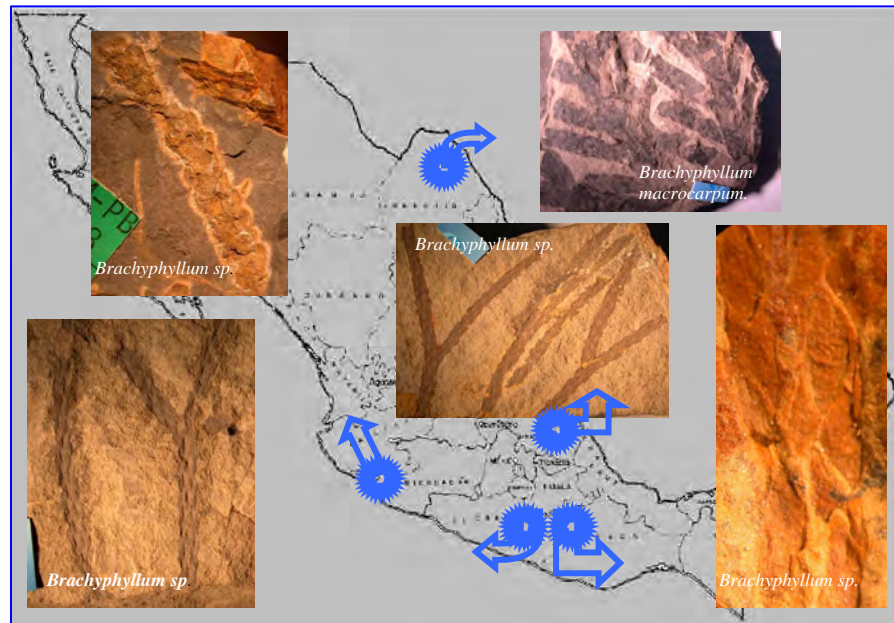


Fig. 1.- Estados de la República Mexicana con localidades fosilíferas y presencia de *Brachyphyllum*.

Se tiene el registro del género *Cheirolepis* sp (Díaz-Lozano, 1916), transferido por Weber (1980) a *Brachyphyllum* sp. en (Silva-Pineda y Gonzáles-Gallardo, 1988), perteneciente a la Formación Huayacocotla del Jurásico Inferior (Liásico) en la localidad de Huahuchinango, Puebla.

En el estado de Guerrero parte nororiental, en la región de la Montaña se ubica la Taoflora contenida en la unidad litoestratigráfica denominada Conglomerado Cualac, donde se tiene evidencia de *Brachyphyllum* sp en estratos con limolita y lutita del Jurásico Medio (Bajociano Temprano) (Silva-Pineda y Gonzáles-Gallardo, 1988).

En Colima se registra *Brachyphyllum* sp preservado como permineralización en calizas del Cretácico Temprano (Weber, 1980).

En el estado de Coahuila dentro de la Taoflora Maestrichtiana de la Formación Olmos, se menciona la presencia de *Brachyphyllum macrocarpum* con una distribución amplia en el Cretácico Tardío de Norteamérica (Weber, 1980).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En la localidad de San José Ayuquila, perteneciente a la Formación Tecomazúchil, asignada al Jurásico Medio, en el estado de Oaxaca, se colectaron fósiles de gimnospermas, cuyas características son particularmente de conífera, siendo diferentes a cualquiera de las especies reportadas para la localidad hasta el momento. Observaciones preliminares de este morfotipo sugieren que se trata de un género extinto: "*Brachyphyllum*", cuya filogenia y taxonomía no han sido plenamente aclaradas (Velasco de León et al., 2007).

Al realizar una búsqueda bibliográfica en las diferentes localidades donde se reportan estas coníferas, se encontró que solo se llega a nivel probable de género con diagnosis incompletas, por lo que la finalidad de este trabajo es realizar muestreos y taxonomía de los ejemplares reportados, que permitirán la confirmación de género y especie, además de corroborar o ampliar la distribución del género.

OBJETIVO GENERAL:

Verificar morfotipos reportados como *Brachyphyllum* para las formaciones Huayacocotla, Tecomazúchil, Conglomerado Cualac y localidad Coquimatlan, empleando estudios cuticulares mediante Microscopio Electrónico de Barrido y análisis Paleopalinológicos.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- ❖ Utilizar caracteres morfológicos macroscópicos, con validez taxonómica para la verificación de los especímenes colectados en las cuatro áreas de estudio, propuestos como *Brachyphyllum*.
- ❖ Aplicar el método de replicado en caucho de silicón, a los ejemplares fósiles seleccionados, para realizar un análisis cuticular mediante MEB, destacando la presencia de estomas, papilas y células epidérmicas, cuyo valor taxonómico es relevante.
- ❖ Comprobar la asignación taxonómica del morfotipo por medio de un estudio Paleopalinológico.
- ❖ Proponer condiciones paleoambientales en las que se desarrollaron estas plantas.
- ❖ Realizar un análisis numérico de las especies registradas de *Brachyphyllum* y las presentes en las localidades de México, para verificar la taxonomía propuesta.

JUSTIFICACIÓN:

La mayoría de los estudios Paleobotánicos habían sido enfocados únicamente a la morfología macroscópica de los ejemplares y no es, sino a partir del empleo de herramientas sofisticadas como el MEB y el análisis de caracteres microscópicos, que han permitido darle un nuevo enfoque a la Paleobotánica. A partir de este hecho a sido posible revelar todo el potencial de estudio que se ha preservado en estos fósiles, ya que en ellos esta guardada una inmensa cantidad de información científica aplicable en diversas disciplinas.

Por esta razón el presente trabajo tiene el propósito de incrementar la información hasta ahora publicada sobre coníferas de México, ya que es relativamente escasa y son pocas las localidades continentales con estos fósiles, debido a los procesos geológicos a que estuvo sujeto el territorio nacional invadido en su mayor parte por agua. De la misma forma estudios paleobotánicos han permitido descubrir grupos de plantas extintas, como el caso del género *Brachypylum*, de los cuales probablemente tuvieron que ver con la aparición de los grupos de plantas que hoy pueblan la superficie de la tierra (Silva-Pineda, 2000).

ANTECEDENTES:

Los estudios paleontológicos y geológicos reportados para las áreas en estudio pertenecientes a las formaciones Tecomazúchil, Huayacocotla, Conglomerado Cualac y la localidad Coquimatlan son:

Fm. Tecomazúchil:

Silva-Pineda (1969) hace referencia a las especies encontradas en las localidades de Santa Cruz y Ayuquila, en el estado de Oaxaca y menciona la litología propuesta por Perez-Ibargüengoitia et al. Los especímenes que reporta para las localidades corresponden a plantas fósiles del Jurásico Medio: *Equisetites*, *Cladophlebis*, *Piazopteris* y varias especies de *Ptilophyllum*, *Otozamites* y *Zamites*.

Ortega (1978) propuso una descripción más detallada sobre la estratigrafía de la Formación Tecomazúchil, específicamente en el área entre Santa Cruz y Ayuquila.

Morán-Zenteno et al., (1993) presentaron un modelo de la evolución paleogeográfica para el Jurásico-Cretácico de la porción norte del Terreno Mixteco, donde está presente la Formación Tecomazúchil y parte del Conglomerado Cualac.

Silva-Pineda (2000) realizó una descripción sobre las plantas vasculares fósiles en México, así como las principales formaciones que las presentan ubicadas por Era geológica, mencionando a la Formación Tecomazúchil.

Silva-Pineda et al., (2007) presentaron un estudio de Tafonomía de plantas Jurásicas de Oaxaca y Puebla, realizando un análisis comparativo del grado de fragmentación, órganos presentes y litología de las zonas.

Velasco de León et al., (2007) propusieron la presencia del género *Brachyphyllum* en la localidad de San José Ayuquila, del Jurásico de Oaxaca, a partir de revisiones bibliográficas y análisis morfológicos de este género.

Fm. Huayacocotla:

Díaz-Lozano (1916) realizó una breve descripción de algunas plantas de la flora Liásica de Huahuchinango, Puebla, donde menciona a (*Cheirolepis sp.*) dentro de la Formación Huayacocotla.

Fm. Conglomerado Cualac:

Corona-Ezquivel (1978) realizó un estudio geológico de los depósitos carboníferos de la porción noreste del Estado de Guerrero, donde hace referencia al Conglomerado Cualac.

Corona-Esquivel (1981) realizó la estratigrafía de la región de Olinalá-Tecocoyunca, al noreste del estado de Guerrero, donde describe la geología de la Formación Conglomerado Cualac.

Silva-Pineda y Gonzáles-Gallardo (1988) realizaron la descripción de algunas Bennettitales y Coníferales (*Brachyphyllum*) del Jurásico Medio del área de Cualac, Guerrero.

Localidad Coquimatlan:

Weber (1980) mencionó la presencia de *Brachyphyllum sp.* en el Cretácico Temprano de Coquimatlan, Colima.

Por otro lado la aplicación de técnicas de replicado en plantas fósiles empleando MEB, se ha reportado desde la década de los 70 para Europa y Argentina. Actualmente en México no se tiene reporte del uso de MEB para el estudio de estomas a partir de cutículas fósiles. Tampoco existe reporte de estudios Paleopalinológicos, para estas localidades Jurásico-Cretácicas.

Golubic (1970) realizó un estudio de moldes de algas y hongos fósiles por medio de MEB, donde detalla la manera en la que fue preparado el material para su montaje en MEB y la descripción de las estructuras observadas.

Archangelsky (1974) estudió de cutículas fósiles del Cretácico Inferior de Argentina, mediante el uso de MEB, centrandó su investigación en los aparatos estomáticos de varios géneros de los Ordenes Cycadeoidales (Bennettitales) y Cycadales.

Watson y Alvin (1976) realizaron el estudio de fragmentos de plantas silicificadas (coníferas del género *Frenelopsis*) pertenecientes al Cretácico en Sudan, por medio de moldes hechos con caucho de silicón analizados a través de MEB.

Watson (1988) realizó un análisis sobre la Familia Cheirolepidaceae, donde hace uso del MEB para el estudio de cutículas fósiles, además de involucrar aspectos Paleopalinológicos, Paleoecológicos y de distribución.

Kerp (1991) llevó a cabo un estudio detallado de las gimnospermas fósiles por medio de análisis cuticular, en el cual muestra criterios de identificación y clasificación de cutículas fósiles a través del uso de MEB.

ZONAS DE ESTUDIO:

1) OAXACA:

Ubicación: La primera zona de estudio se encuentra ubicada en la localidad de San José Ayuquila perteneciente a la Formación Tecomazúchil, localizada en el municipio de Huajuapán de León, ubicado en la parte noroeste del estado, en la región de la Mixteca, en las coordenadas 97° 16' longitud oeste, 17° 48' latitud norte y a una altura de 1,600 msnm. Limita al norte con el Estado de Puebla y los municipios San Pablo Tequixtepec y Zapotitlán Palmas; al sur con Santos Reyes Yucuná, San Marcos Arteaga, y Santiago Cacaloxtotec; al oriente con Santiago Miltepec, Asunción Cuyotepeji, Santa María Camotlán, Santiago Huajolotitlán y San Andrés Dinicuiti; al poniente con Santiago Ayuquililla, San Miguel Amatitlán y San Jerónimo Silacayoapilla (Fig. 2).



Fig. 2.- Región Mixteca, en el estado de Oaxaca, destacando en el recuadro el poblado de San José Ayuquila

Geología: La Formación Tecomazúchil consiste en una secuencia clástica continental no rítmica, una alternancia de conglomerados arcósicos, conglomerados arenosos y areniscas líticas y arcósicas, limolitas y lodolitas. Presenta 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 sobreyace (Ortega, 1978).

Este conglomerado se distingue por su aspecto masivo y por consistir principalmente de fragmentos de cuarzo blanco y esquistos derivados del basamento adyacente. La sección expuesta por debajo de este conglomerado, consiste de capas pefíticas con numerosas intercalaciones de limolitas y areniscas. Inmediatamente al sur de Textcalapa, la flora fósil abunda en areniscas verdes (Ortega, 1978).

La parte de la Formación Tecomazúchil; por encima del conglomerado cuarzoso es arenosa. Hacia abajo, estas capas están sustituidas por una secuencia de areniscas arcósicas con interestratos de limolitas. Las areniscas muestran frecuentemente diastratificación y algunos estratos contienen estructuras fósiles que semejan huellas de gusanos. Infrayace a esta sección una serie de capas conglomeráticas que incluyen un fragmento de tronco de madera fosilizado de 2 m de largo y 40 cm de diámetro, localizado unos 5 km al sur oriente de Texcalapa, sobre el Arroyo de Las Peñas (Ortega, 1978).

La localidad tipo de la Formación Tecomazúchil, esta localizada al este de las rancherías de Santa Cruz y Texcalapa, particularmente en los cerros del Borrego y de La Sillera y en el Arroyo Tecomazúchil, en el estado de Puebla (Silva-Pineda, 1969).

En el área de Ayuquila, la Formación Tecomazúchil en su parte inferior muestra una secuencia adicional de capas clásticas ricas en flora fósil alcanzando así un espesor mínimo estimado de 1,000 m y un espesor máximo superior a 2,000 m. Silva-Pineda (1969) cita un espesor de 735 m a la localidad tipo. Cabe aclarar que las medidas propuestas no coinciden con las observadas en campo, ya que estas fueron menores a las reportadas.

Litología y Edad: Los fósiles colectados en San José Ayuquila, Oaxaca corresponden a impresiones en lutita, cuyos estratos están ubicados en las coordenadas $97^{\circ}, 57', 1.0''$ N y $97^{\circ}, 57', 28.5''$ W a una altitud de 1548 msnm. Silva-Pineda (1969) menciona que esta localidad se caracteriza por presentar estratos alternos de conglomerado cuarzoso y alternancia de areniscas, limolitas y lutitas de origen continental, de color beige a rojizo o morado (Fig. 3).



Fig. 3.- Estrato de lutitas de origen continental, con restos fósiles, en la localidad de San José Ayuquila.

La columna estratigráfica de este afloramiento tiene aproximadamente 24 m de espesor. Los fósiles colectados se sitúan comenzando en los primeros 5 m a partir de la base de la columna, entre la sección M1 y M2 (Fig. 4).

La sección M1 esta conformada por el tipo de roca sublitoarenita. La matriz es de minerales arcillosos, el cementante esta conformado por óxido de hierro de allí que tenga el color pardo característico, la mayor parte de los fragmentos son restos de esquistos, los granos de cuarzo son subredondeados y algunos angulosos, son equigranulares de tamaño medio, por lo que la roca presenta una clasificación moderada. El cuarzo es de origen metamórfico. La sección M2 se conforma de roca grauwaca lítica. Los fragmentos de roca son de partes de esquistos y otras rocas metamórficas, la matriz esta conformada por minerales arcillosos, los granos de cuarzo son semiangulosos, los componentes de la roca son inequigranulares, por lo que la roca presenta una mala clasificación y el cementante presenta oxidación (Grimaldo, Comunicación personal).

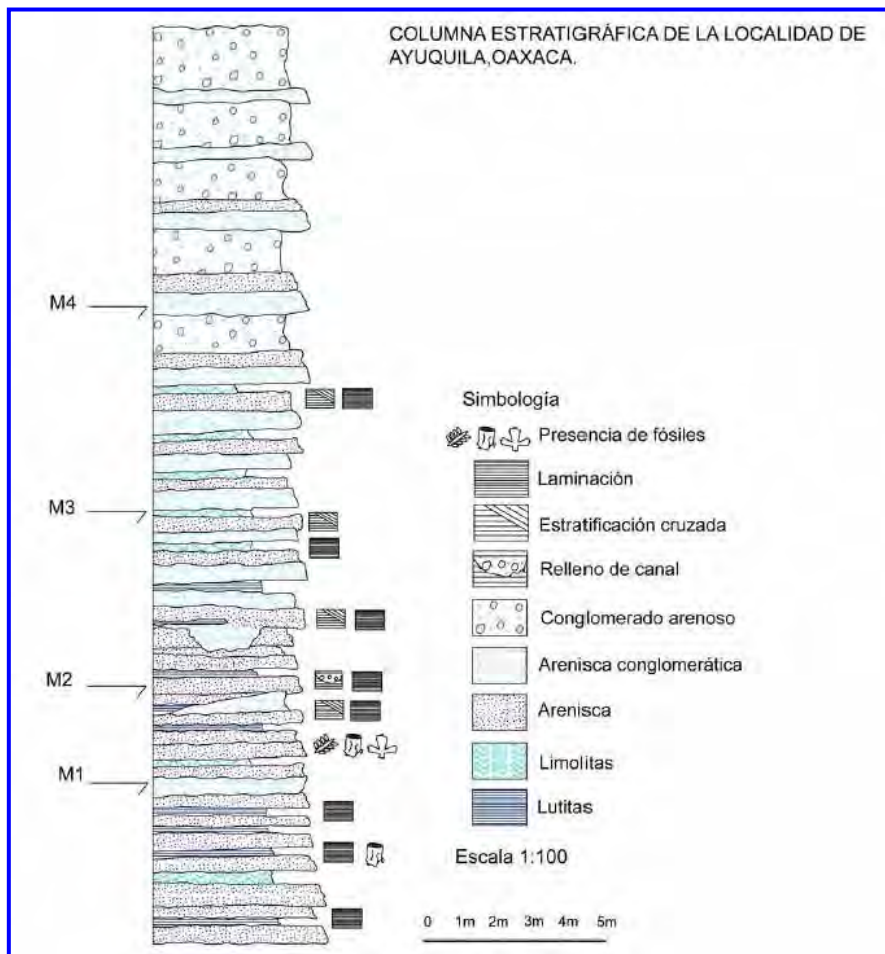


Fig. 4. Columna estratigráfica de la localidad de San José Ayuquila perteneciente a la Formación Tecomazúchil (Grimaldo, Comunicación personal).

A la Formación Tecomazúchil se le ha asignado una edad Jurásica Media, ya que se correlaciona con el Grupo Tecocoyunca, aunque la parte inferior es correlativa probablemente con el Conglomerado Cualac. En la parte superior descansa la Caliza Chimeco del Oxfordiano, en contacto transicional (Silva-Pineda, 1969).

2) GUERRERO: *Brachyphyllum* sp.

Ubicación: La segunda área de estudio se encuentra en la localidad de Cualac, ubicada en el municipio que lleva el mismo nombre, el cual se localiza al noreste de Chilpancingo; está comprendido dentro de la región montañosa, entre los paralelos 17°39' y 17°51' de latitud norte y los 94°34' y 98°51' de longitud oeste respecto del meridiano de Greenwich. Limita al norte con Olinalá; al sur con Tlapa y Atlixnac; al oeste con Olinalá y Ahuacuotzingo; y al este con Huamuxtitlán (Fig. 5).



Fig. 5.- Localidad Cualac (recuadro), localizada en el municipio que lleva el mismo nombre, en el estado de Guerrero.

Geología: El Conglomerado Cualac aflora generalmente en franjas que tienen una orientación NE-SW. Este mismo aflora al norponiente en las cercanías del pueblo de Mitlalingo hasta Tierra Quemada en una franja que se extiende NE-SW, con una longitud aproximada a los 10 Km y cambia de rumbo para volverse a E-W. Otra franja de dirección NE-SW está ubicada al norte de Ayotzinapa y culmina al norte de la desviación Olinalá, tiene una longitud aproximada a los 14 Km. En Cualac sobreyace discordante al Complejo Acatlán y su contacto inferior con la Formación Olinalá es probablemente discordante. Su contacto con la Formación Zorrillo es concordante y transicional, subyace discordante a la caliza del Cretácico Inferior (Corona-Ezquivel, 1978).

Esta unidad litoestratigráfica consiste de capas gruesas de conglomerado de matriz generalmente cuarcítica, duro, de color blanco y a veces algo amarillento. Está compuesto casi exclusivamente de guijarros de cuarzo lechosos con diámetro entre 0.5 y 5 cm, los diámetros mayores no exceden a los 10 cm y también se presentan en menor cantidad guijarros de mica-esquistos, gneiss e ignimbrita. Su espesor varía de 30 a 200 m (Corona-Ezquivel, 1981).

Litología y edad: La columna estratigráfica del Conglomerado Cualac tiene un espesor aproximado de 350 m (Fig. 6). El espesor de los estratos es muy potente, alcanzando ocasionalmente más de 2 m. En ocasiones se interestratifica con limolitas y lutitas. En su parte basal incluye rocas metamórficas (Corona-Ezquivel, 1981).

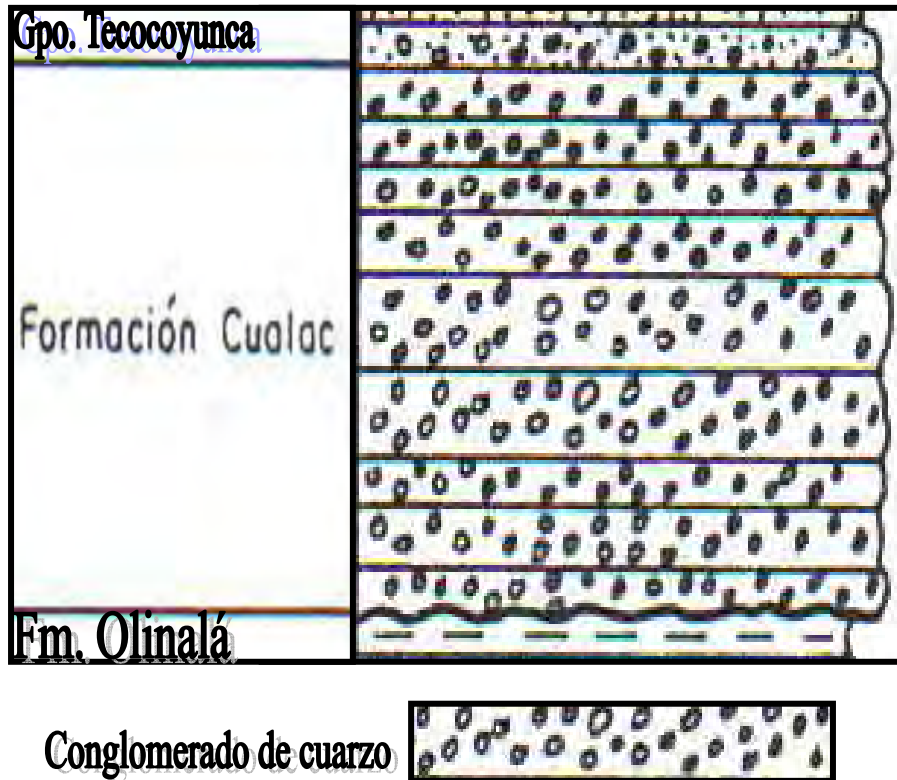


Fig.6.- Columna estratigráfica de la Formación Conglomerado Cualac (Bajociano Temprano), mostrando estratos de diverso espesor de conglomerado de cuarzo (Corona-Ezquivel, 1981).

La localidad de donde fueron extraídos los fósiles se ubica específicamente cerca del paraje denominado Crucero ($17^{\circ} 35'19.8''$ N y $98^{\circ} 44'56''$ W), posterior a los poblados de Chilapa, Atixtlac y Tlahuiquitepec con dirección a Olinalá, en la parte nororiental del estado de Guerrero. La flora fue obtenida de estratos limolíticos interestratificados en el Conglomerado Cualac (Fig. 7). Las plantas provenientes de esta localidad están conservadas principalmente como impresiones en limolitas. Con base en la flora fósil ha sido posible fechar a esta unidad litoestratigráfica con una edad Jurásica Media correspondiente al piso Bajociano Temprano, validadas por la posición estratigráfica que presentan las rocas que las contienen respecto a la Formación Zorrillo, de esta edad, que está cubierta por la Formación Taberna que contiene una fauna marina característica del Bajociano Medio y Superior y Batoniano Inferior. Las plantas fósiles de estas dos unidades son taxonómicamente similares, con excepción de la conífera del género *Brachyphyllum* (Silva-Pineda y González-Gallardo, 1988).



Fig. 7.- Estratos limolíticos interestratificados en el Conglomerado Cualac, donde fueron colectados los especímenes fósiles.

3) PUEBLA: *Brachyphyllum* sp.

Ubicación: La tercera zona de estudio está localizada en el municipio de Huauchinango, cuya localidad presenta el mismo nombre, dentro del estado de Puebla, la cual pertenece a la Formación Huayacocotla; sus coordenadas geográficas 20° 05' 30" y 20° 17' 06" de latitud norte y 97° 57' 00" y 98° 08' 06" de longitud occidental. Sus colindancias son: al Norte con Xicotepec de Juárez y Juan Galindo, al Sur con Ahuazotepec y Zacatlán, al Oeste con Juan Galindo y Tlaola y al Poniente con Naupan, Ahuazotepec y el Estado de Hidalgo (Fig. 8).

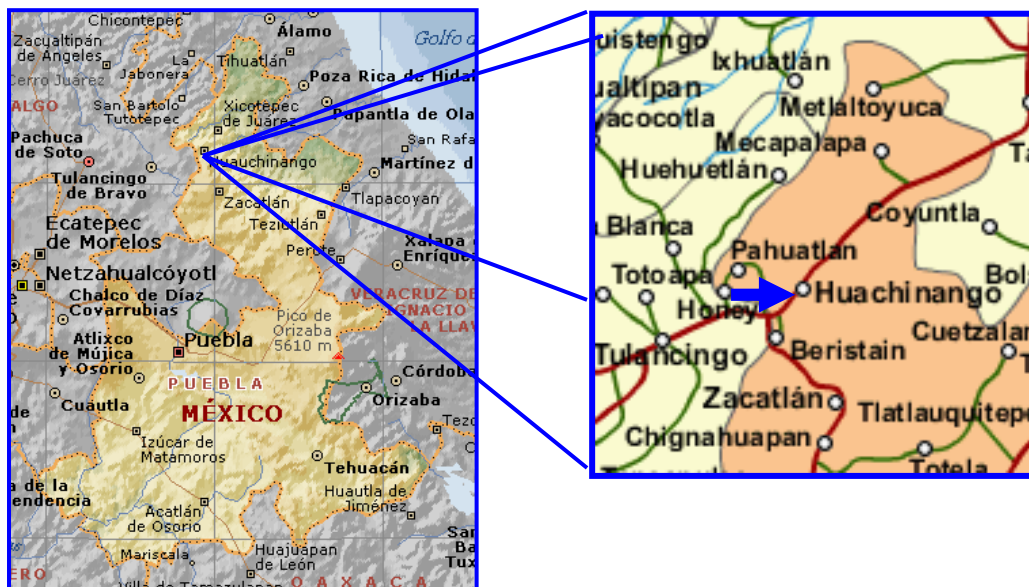


Fig. 8.- Ubicación de la localidad Huauchinango, estado de Puebla

Geología: La Formación Huayacocotla de edad Liásica, aflora a todo lo largo del Anticlinorio de Huayacocotla. Esta secuencia se depositó dentro de una estructura tipo graben de rumbo NW-SE de 600 Km de longitud que se ha interpretado como un Aulacógeno. La Formación Huayacocotla, bio- y litofacialmente, representa la transición de la Formación Totolapa, exclusivamente lutítica a la Formación Divisadero, en la cual predominan rocas clásticas de grano algo más grueso. Dicha transición se muestra por la presencia de elementos arenáceos y por el aumento del tamaño de grano en las rocas de la Formación Huayacocotla, así como el aumento en número de pelecípodos y predominancia de cefalópodos (Erben, 1956).

El espesor total de la Formación Huayacocotla se estima en aproximadamente 400 m, aunque Hernández-Pérez y colaboradores (1996) citan un espesor de 800 m para esta Formación. Su contacto inferior no es conocido. En su contacto superior, con ligera discordancia angular, descansa sobre ella la Formación Huizachal (Erben, 1956).

La localidad tipo de la Formación Huayacocotla se encuentra localizada en un tramo del río Vinazco, cerca de Huayacocotla, Veracruz, entre los ranchos La Calera y Badta, asignada al Jurásico Inferior “Liásico” (Erben, 1956).

Litología y edad: En las litofacies de la Formación Huayacocotla es muy típica la existencia de lutitas bandeadas y de areniscas o limolitas bandeadas, es decir de rocas sedimentarias que muestran una microestratificación en estratos delgadísimos de diferente color, siendo en general, los microestratos oscuros más arcillosos y los claros más arenáceos. También parece que hay pequeñas diferencias en el tamaño de grano (Erben, 1956).

Dentro de la Formación Huayacocotla existe una secuencia litológica con nueve unidades; las ocho primeras con presencia de distintos géneros de amonites. En la sección más alta de la columna estratigráfica aproximadamente a 350 m de la base, se tiene reporte de plantas fósiles preservadas en lutitas y lodolitas gris oscuras y negras, con poco crucero, en láminas grandes, conteniendo plantas (Fig. 9). Areniscas de grano fino, cuarcititas, color amarillento claro, de estratificación muy delgada, rajándose en fragmentos angulosos en forma de placas y alternando con lutitas grises. Areniscas de grano medio, grises y cafés, de estratificación mediana y localmente un banco de caliza negro azulado, espática con pelecípodos (Erben, 1956).

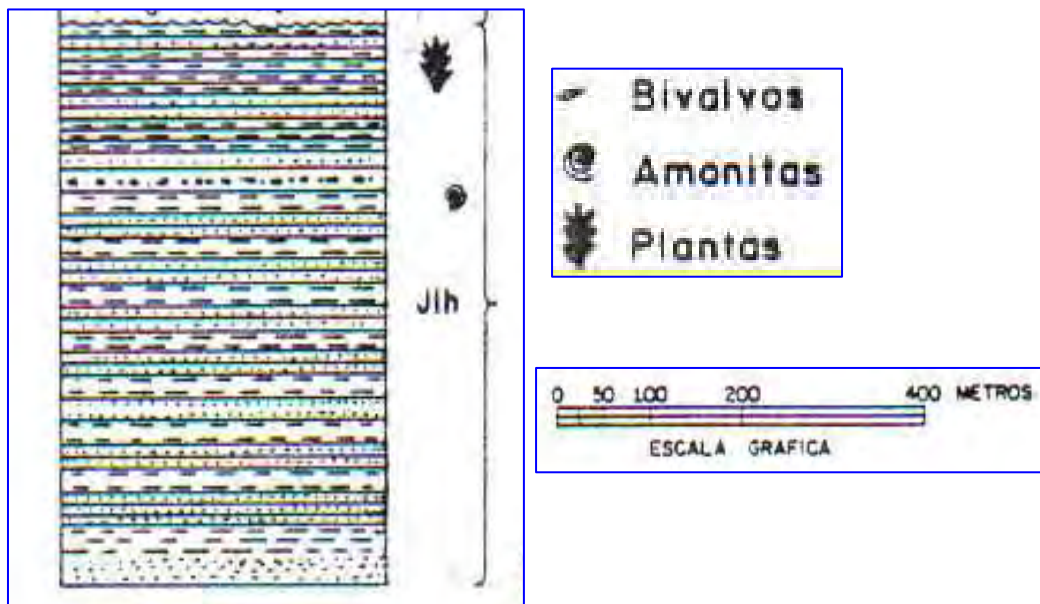


Fig.9.- Columna estratigráfica de la Formación Huayacocotla, la cual consiste en secuencias de arenisca y lutitas en estratos de 20 a 50 cm. Localmente en la parte superior, presenta un intervalo de lutitas con plantas fósiles bien preservadas (Ochoa-Camarillo, 1996).

La unidad superior de la Formación Huayacocotla, consiste en limolita y lutita ligeramente verdosa con restos de plantas fósiles (Fig. 10), así como algunos estratos de arenisca y conglomerado. El diámetro de los clastos, por lo general es menor a 3 cm. Esta sección corresponde a la unidad de lutita con plantas fósiles definida por Erben (1956) y está representando un ambiente continental, con un espesor aproximado entre 50 y 60 m. Este intervalo está representado por una alternancia semirrítmica de lutita gris con arenisca cuarcífera. Algunos intervalos de lutita presentan impresiones de plantas, principalmente helechos (Ochoa-Camarillo, 1996).



Fig. 10.- Estrato de lutitas y lodolitas negras, con algunos restos de plantas fósiles.

Los ejemplares se ubican bajando de Huayacocotla hacia el Oriente a 4 Km de distancia y a poca altura sobre el borde del río Vinazco, encontrando un lugar llamado “La Calera”. El afloramiento de la capa con plantas fósiles, está situado en la margen izquierda del río Vinazco, a un lado del camino llamado “Camino Real del Zopilote” entre el arroyo llamado “El zopilote” y el de “El Durazno”, que desembocan en el mismo río Vinazco. Los estratos corresponden a lutita carbonosa ubicada específicamente en las coordenadas $20^{\circ} 31' 22.4''$ y $98^{\circ} 28' 38.8''$ a 1798 msnm. Las especies reportadas para esta localidad son: *Otozamites obtusus*, *Otozamites hennoqui*, *Sphenozamites sp.*, semilla de *Cycadeospermum Sap?* y *Cheirolepis sp.* (Díaz-Lozano, 1916).

Cabe aclarar que en esta localidad no fue posible coleccionar el morfotipo reportado como *Brachyphyllum sp.* (Weber, 1980), únicamente se coleccionaron fragmentos de hojas mal preservadas (probablemente cícadas) y algunas de ellas acompañados de amonites.

COLIMA: *Brachyphyllum sp.*

Ubicación: El área de estudio se encuentra en la localidad de Coquimatlan, en el estado de Colima, ubicada en el municipio que lleva el mismo nombre, la cual se localiza al centro del territorio del estado (Fig. 11), dentro de las coordenadas $19^{\circ} 03'$ a $19^{\circ} 18'$ de latitud norte y $103^{\circ} 48'$ a $104^{\circ} 06'$ de longitud oeste, con una altura máxima de 400 y mínima de 230 msnm. Colinda al Norte con el municipio de Villa de Álvarez, al Sur con los municipios de Tecomán y de Armería; al Este con el municipio de Colima, al Oeste con el de Manzanillo y al Noroeste con el municipio de Minatitlán. La distancia a la capital del estado es de nueve kilómetros.

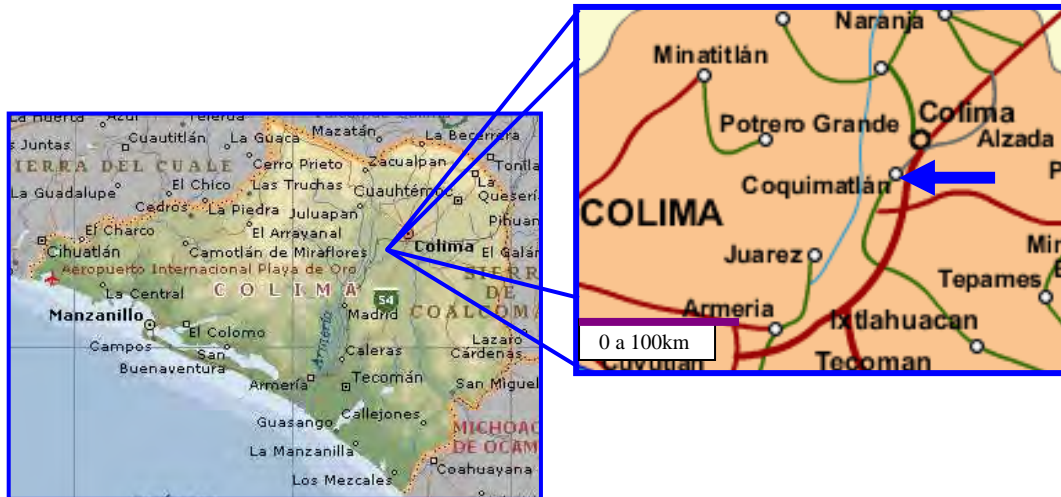


Fig. 11.- Localidad de Coquimatlan en el estado de Colima.

Los fósiles fueron colectados como permineralizaciones conservadas en calizas (Fig. 12) señalados con una edad Cretácico Temprana por Weber (1980). Las rocas sedimentarias marinas del Cretácico están ampliamente distribuidas por el territorio de la entidad (Fig. 13) y forman estructuras plegadas, discontinuas, debidas a las rupturas producidas en la corteza terrestre por la actividad volcánica tectónica.



Fig.12.- Estrato de calizas con abundancia de plantas fósiles y restos de amonites.



Fig. 13.- Mapa geológico del estado de Colima, destacando la zona de estudio (Cretácico Temprano).

METODOLOGÍA:

FASE DE CAMPO:

1) Se realizaron tres salidas a campo al estado de Oaxaca, dos salidas a campo a los estados de Colima y Puebla y una salida al estado de Guerrero, para la búsqueda y colecta de ejemplares en las localidades donde se reportan fósiles del género *Brachyphyllum*. La extracción del material fósil se hizo con ayuda de martillos y cinceles. En cada bloque extraído se realizó la búsqueda y elección de los especímenes fósiles mejor preservados. Además de tomar muestras para el análisis palinológico.

2) Caracterizar la zona: Medición de pendiente del estrato, así como su orientación y medición de la columna estratigráfica, para mostrar la secuencia, interrelaciones y espesor de las diferentes unidades estratigráficas, señalando su litología y contenido fósil.

FASE DE LABORATORIO:

1) Limpieza del material y elección de los especímenes mejor preservados, los cuales fueron ingresados para su resguardo en la colección paleontológica de la FES Zaragoza, colocándoles una peca blanca cerca del fósil, en la cual se abreviaron las iniciales de la Formación respectiva para cada localidad y el número de ejemplar correspondiente.

2) Todo el material ingresado a la colección de Paleontología de la FES Zaragoza de las cuatro áreas de estudio se revisó y se seleccionó a aquellos ejemplares que contenían los fósiles con características semejantes a las del género en estudio. Se fotografió cada espécimen y con el uso del programa "ImageJ 2007", se midió el largo y ancho de las hojas, así como los ángulos que presentan las ramas con respecto al tallo, se contó y ubicó las ramas primarias y secundarias, así como la disposición de las hojas en el tallo (filotaxis). Todo ello con apoyo de dibujos realizados en el estereoscopio y con el uso de contra-moldes hechos en alginato.

2.1) Se revisó hoja por hoja de cada morfotipo en el estereoscopio con aumento de hasta 12X, identificando posibles venaciones o arreglos estomáticos que pudieran haber quedado preservados durante el proceso de fosilización, con la finalidad de elegir al espécimen apropiado, para elaborar su réplica en caucho.

3) Se aplicó el método de replicado "inclusión de piezas", por medio del uso de Caucho de Silicón # 82, a los especímenes previamente seleccionados, con la finalidad de obtener en la réplica el (+ o -) para su posterior análisis microscópico (Apéndice I).

4) Como aspecto comparativo y de referencia, se utilizó la técnica de aclaración para varias hojas de *Araucaria cunninghami* (Familia Cheirolepidaceae). Se revisaron las preparaciones, al microscopio óptico y se observó forma y acomodo de estomas, así como células adyacentes (Apéndice II).

5) Revisión de réplicas a través de MEB (Hitachi 2660M): Se cortó la réplica a un tamaño aproximado de 1cm^2 , la muestra se colocó sobre una base adecuada de montaje para entrar al MEB, pasó a través del “Rota-cota”, para ser cubierta ligeramente por oro, una vez cubierta la muestra se procedió a introducir al MEB y observar las posibles estructuras a través del monitor, tratando de ubicar las hojas del morfotipo a una escala de 200X proporcional a la medida de la hoja (2 mm), para posteriormente realizar el acercamiento de los posibles estomas. Se imprimieron las zonas específicas de interés así como la escala a la cual a sido observada. Las muestras fueron procesadas en el Instituto de Biología, Ciudad Universitaria, UNAM.

6) Una vez identificada la presencia de estomas, se revisó e identificó el tipo al que pertenecen, así como el arreglo y orientación que presentan y la presencia de ornamentación cuticular.

7) Se emplearon las técnicas de Shults, HF al 48% y HCL al 10% de micro-paleontología para extracción de polen de las cuatro localidades en estudio, obteniendo el sedimento a partir de la ruptura de bloques de roca, en condiciones de aislamiento (campana de extracción) para evitar que se contamine la muestra y pueda alterar los datos (Apéndice III).

FASE DE GABINETE

1) Revisión bibliográfica de las especies de *Brachyphyllum* y aplicación de análisis fenético, el cual permitió identificar la similitud que presentan los morfotipos, con las demás especies del género.

1.1) Para realizar el análisis fenético se elaboró una matriz básica de datos de caracteres multiestado (Apéndice IV), empleando 20 OTU's que corresponden a 20 especies del género *Brachyphyllum* y 31 caracteres que involucran aspectos microscópicos y macroscópicos de cada uno.

2) Con base en análisis numéricos se obtuvo un segundo fenograma, el cual tomó en cuenta los datos florísticos registrados para cada una de las cuatro áreas en estudio. Los géneros utilizados fueron tomados a partir de la Base de Datos: Paleobiology Database (excepto localidad Coquimatlan).

2.1) Para la elaboración del segundo análisis fenético, se realizó una matriz básica de datos de caracteres multiestado (Apéndice V), empleando 4 OTU's que corresponden a las cuatro áreas en estudio y 27 caracteres que indican los géneros de plantas reportados.

3) Para ambos análisis fenéticos se empleó el programa NT-SYS pc ver. 2.11T (Numerical Taxonomy System of Multivariate Statistical Programs). El coeficiente de similitud utilizado para ambos fue el de Jaccard ya que toma en cuenta únicamente las presencias compartidas.

El coeficiente de Jaccard es uno de los más utilizados debido a que no considera las ausencias compartidas, ya que estas no son indicativas de similitud entre las unidades y por el contrario introducen mayor sesgo taxonómico.

RESULTADOS:

Hasta este momento se cuentan dentro de la colección paleontológica de la FES Zaragoza, un total de 70 ejemplares ubicados dentro del género *Brachyphyllum*, de los cuales 20 pertenecen a la Formación Tecamazúchil, cinco a la Formación Conglomerado Cualac, 45 a la localidad de Coquimatlan y ninguno de la Formación Huayacocotla, ya que en esta última, no fue posible colectarse el morfotipo propuesto como *Brachyphyllum* sp., pero se obtuvieron resultados a partir del ejemplar-tipo (Fig. 14 - 17).

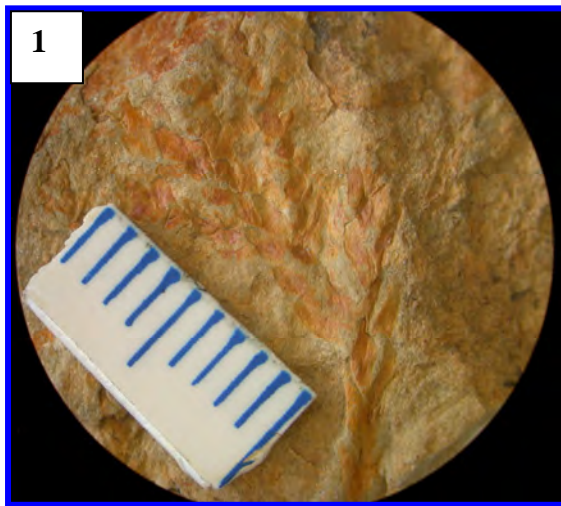


Fig.15.- Morfotipo colectado en Cualac, Guerrero (CC35).

Fig. 14.- Morfotipo colectado en San José Ayuquila Oaxaca (Tza 220).

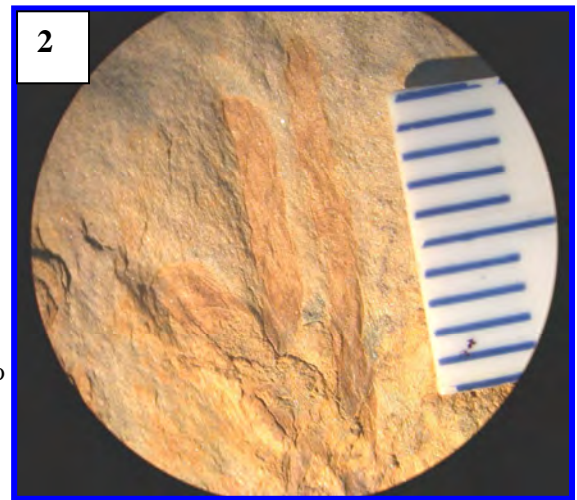


Fig. 16.- Morfotipo colectado en Coquimatlan, Colima (Col22).

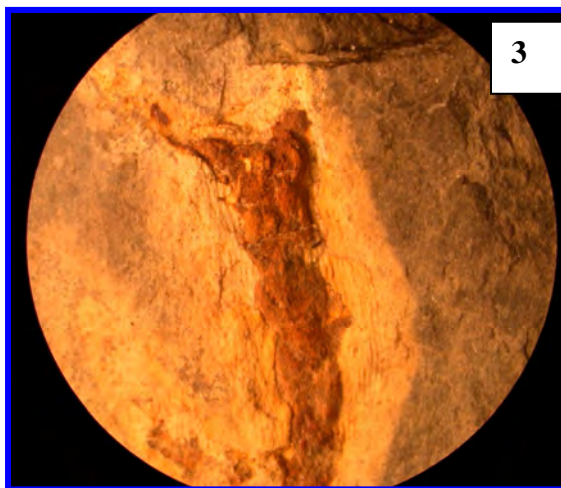

















Fig.17.- Holotipo resguardado en el Instituto de Geología de la UNAM.



Tabla 1. Caracteres macroscópicos de los cuatro morfotipos de cada localidad, las medidas muestran el máximo y mínimo encontrado en el total de los ejemplares actualmente resguardados en la colección paleontológica de la FES Zaragoza:

	OAXACA	GUERRERO	COLIMA	PUEBLA
Largo total rama	1.6-16	1.5-5	1.2-4.2	3.5
Ancho total R1a	0.1-0.25	0.25-.3	0.15-0.40	0.54
Largo total Hoja	0.1-0.3	0.17-0.2	0.1-0.3	0.28-0.37
Ancho total Hoja	0.05-0.1	0.1	0.5-2	0.13-0.16
Angulo	20°-30°	10°	10°	
Forma Hoja	Romboidal	Romboidal	Romboidal	Romboidal
Tipo Ápice	Agudo	Agudo	Agudo	Agudo
Arreglo de Hojas	Espiral	Espiral	Espiral	Espiral

Tabla 2. Imágenes mostrando la morfología de las hojas y filotaxia de cada uno de los morfotipos en estudio:

	OAXACA	GUERRERO	COLIMA	PUEBLA
HOJA				
ÁPICE				
HILERAS DE ESTOMAS				X
FILOTAXIA				

Se realizaron un total de 6 réplicas de tres morfotipos de la Formación Tecomazúchil (Tz32a (3), Tz51 (2) y Tz180 (1)), se analizó una réplica del morfotipo de la localidad Coquimatlán (Col22) e igualmente una del morfotipo de la Formación Conglomerado Cualac (CC35). Dentro de los caracteres microscópicos encontrados durante la revisión en MEB (Tablas 3-13), aparecen diversas estructuras que comprenden al aparato estomático de las cuales se realizó su identificación y el análisis métrico con valores expresados en micrómetros (*um*).

IMÁGENES EN MEB DEL EJEMPLAR Tz32, Tz51 Y Tz180, DEL ESTADO DE OAXACA, Tablas (3-9).

Tabla 3. A la izquierda imagen representada por hileras de estomas con presencia de papilas. A la derecha imagen destacando en color amarillo un acercamiento de papilas.

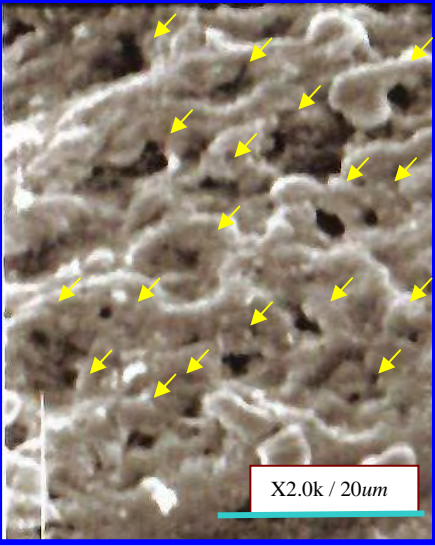
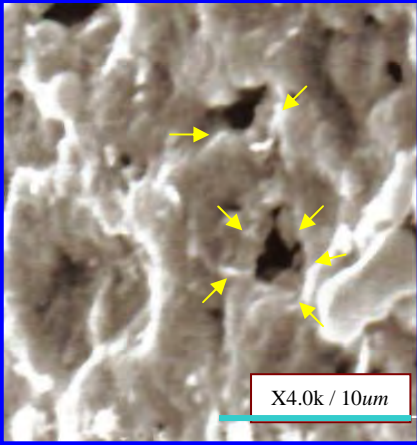
	Tz 51	Tz51
OAXACA <i>Brachyphyllum sp.?</i>		
Área total	2.654 promedio	8.1 <i>um</i>
Área Ostíolo	----	1.374 <i>um</i>
Largo Papila	4.8 <i>um</i> promedio	2.142 <i>um</i>
Ancho Papila	2.7 <i>um</i> promedio	1.428 <i>um</i>
Ostíolo	----	Redondo
# Papilas	----	5

Tabla 4. Ambas imágenes muestran acercamiento de papilas con distinto aumento, punteadas en color amarillo.

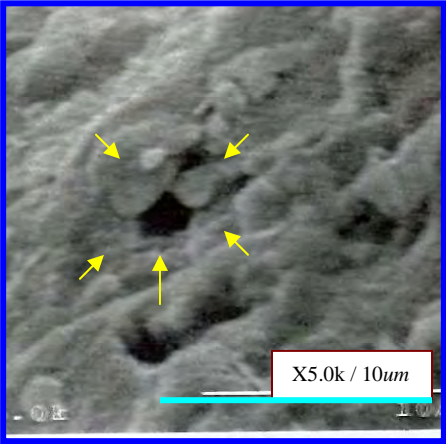
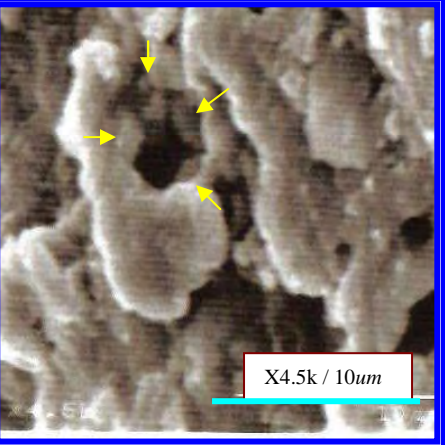
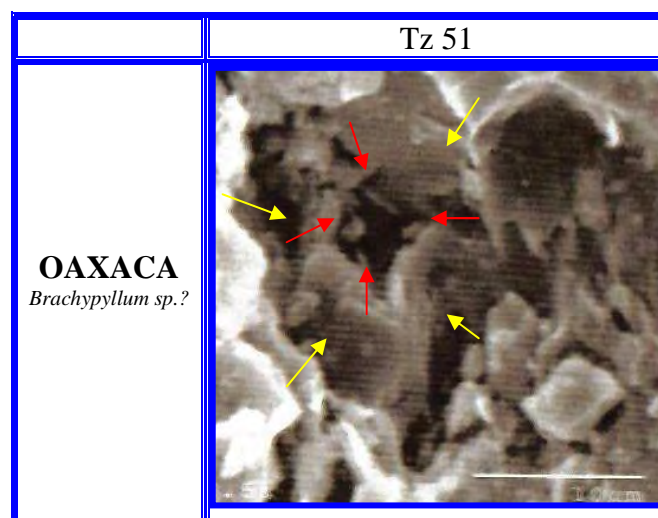
	Tz 51	Tz51
OAXACA <i>Brachyphyllum sp.?</i>		
Área total	5.744 <i>um</i>	2.558 <i>um</i>
Área Ostíolo	1.436 <i>um</i>	1.57 <i>um</i>
Largo Papila	1.71 <i>um</i>	1.562 <i>um</i>
Ancho Papila	2.57 y 1.42 <i>um</i>	2.81 <i>um</i>
Ostíolo	redondo	redondo
# Papilas	5	5

Tabla 5. Imagen representada por estoma con doble anillo de papilas de distinto tamaño, señaladas en color amarillo y rojo.



Área total	9 <i>um</i>
Área Ostíolo	4 <i>um</i>
Largo Papila	8 <i>um</i> 1er anillo 1.5 <i>um</i> 2do anillo
Ancho Papila	4 <i>um</i> 1er anillo 1.42 <i>um</i> 2do anillo
Ostíolo	Cuadrado
# Papilas	4 + 4

Tabla 6. Ambas imágenes muestran un par de células guarda hundidas (señaladas en amarillo) y de forma arriñonada. De color rojo se muestra el contorno del agujero estomático.

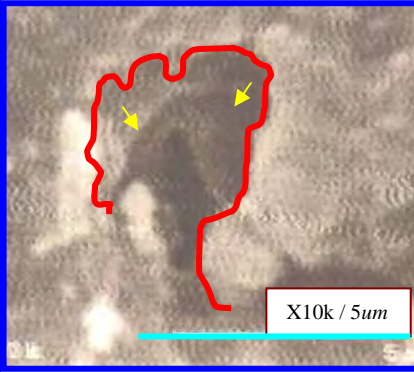

	Tz 180	Tz 180
OAXACA <i>Brachyphyllum sp.?</i>		
Área total	4.71 <i>um</i>	1.069 <i>um</i>
Área Ostíolo	0.354 <i>um</i>	0.0226 <i>um</i>
Largo Cel guarda	3.61 <i>um</i>	3 <i>um</i>
Ancho Cel Guarda	0.833 <i>um</i>	0.8 <i>um</i>
Ostíolo	elíptico	elíptico
# Papilas	0	0

Tabla 7. Imagen representada por un par de células guarda de forma arriñonada (punteadas en amarillo) ausente de células subsidiarias. De color rojo se muestra el contorno del agujero estomático.

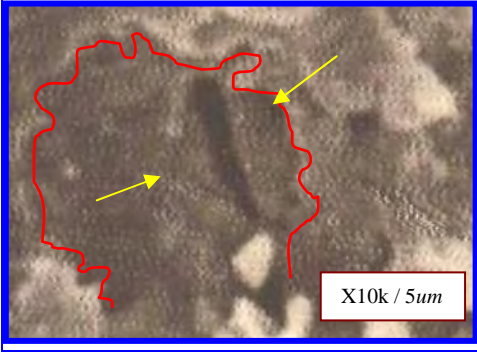
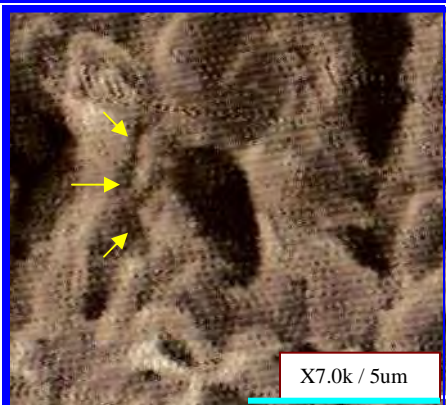

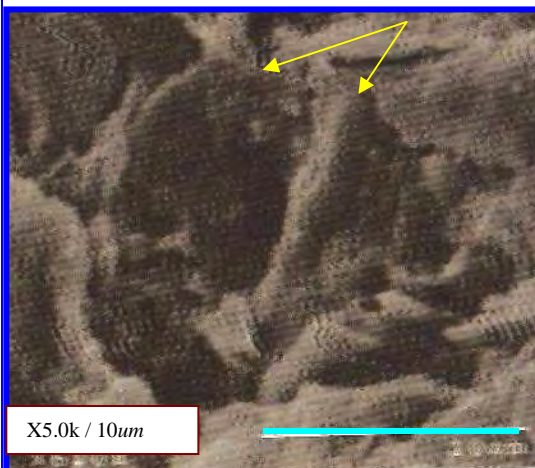
	Tz 180
OAXACA <i>Brachyphyllum sp.?</i>	
Área total	5.337 <i>um</i>
Área Ostiolo	0.1621 <i>um</i>
Largo Cel guarda	3.48 <i>um</i>
Ancho Cel Guarda	0.903 <i>um</i>
Ostiolo	elíptico
# Papilas	2

Tabla 8. Ambas imágenes muestran tres posibles papilas en células subsidiarias enfatizadas con flechas en color amarillo. A la izquierda agujero estomático completo.

	Tz180	Tz51
OAXACA <i>Brachyphyllum sp.?</i>		
Área total	9.8175 <i>um</i>	----

Área Ostíolo	2.945 <i>um</i>	----
Largo Papila en Célula subsidiaria	1.458 <i>um</i>	2.62 <i>um</i>
Ancho Papila en Célula subsidiaria	1.041 <i>um</i>	1.19 <i>um</i>
Agujero estomático	Elíptico	Elíptico
# Papilas	3	3

Tabla 9. Señaladas en amarillo posibles células guarda deformadas y con abundancia de cristales.

	Tz180
OAXACA <i>Brachyphyllum</i> <i>sp.?</i>	
Área total	29.62 <i>um</i>
Área Ostíolo	0.6125 <i>um</i>
Largo Cel guarda	11.42 <i>um</i>
Ancho Cel Guarda	2 <i>um</i>
Ostíolo	Elíptico
# Papilas	2

IMÁGENES EN MEB DEL EJEMPLAR CC35, DEL ESTADO DE GUERRERO,
Tablas (10-11).

Tabla 10. Ambas imágenes muestran estomas con visibles células subsidiarias (enfazizadas en rojo) y un ostíolo con apertura muy pequeña.


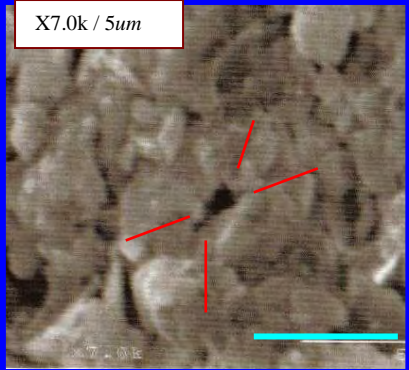
	CC35	CC35
GUERRERO <i>Brachyphyllum sp.?</i>		
Área total	5.74 <i>um</i>	15.72 <i>um</i>
Área Ostíolo	0.359 <i>um</i>	2.28 <i>um</i>
Largo Cel subsidiarias	4.571 <i>um</i>	6.45 <i>um</i>
Ancho Cel subsidiarias	1.714 <i>um</i>	2.29 <i>um</i>
Ostíolo	redondo	elíptico
# Papilas	0	0

Tabla 11. Imagen representada por dos células guarda (puntualizadas en amarillo), vista de la superficie interna de la cutícula.

	CC35
GUERRERO <i>Brachyphyllum sp.?</i>	
Área total	17.96 <i>um</i>
Área ostíolo	0.126 <i>um</i>
Largo célula guarda	7.38 <i>um</i>
Ancho célula guarda	2.85 <i>um</i>
Ostíolo	elíptico
# Papilas	0

IMÁGENES EN MEB DEL EJEMPLAR Col22 DEL ESTADO DE COLIMA,
Tablas (12-13).

Tabla 12. Las imágenes muestran estomas con presencia de anillo Florín (marca en color rojo) a distinta escala. En la imagen derecha se puntualizan en amarillo tres papilas


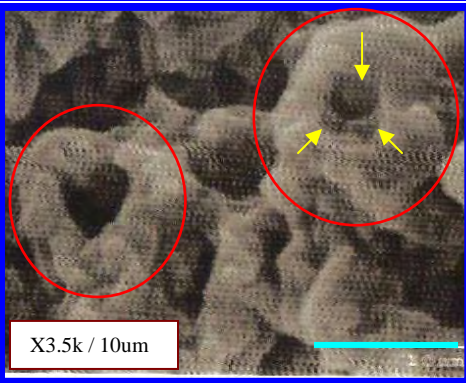
	Col22	Col22
COLIMA <i>Brachyphyllum sp.?</i>		
Área total	29.04 <i>um</i>	19.63 <i>um</i>
Área Ostíolo	6.2832 <i>um</i>	3.14 <i>um</i>
Largo anillo	8.6 <i>um</i>	10 <i>um</i>
Ancho anillo	2.4 <i>um</i>	3.2 <i>um</i>
Agujero estomático	redondo	redondo
# Papilas	2	2

Tabla 13. Ambas imágenes se caracterizan por presentar estomas con presencia de anillo Florín, resaltado en color rojo.

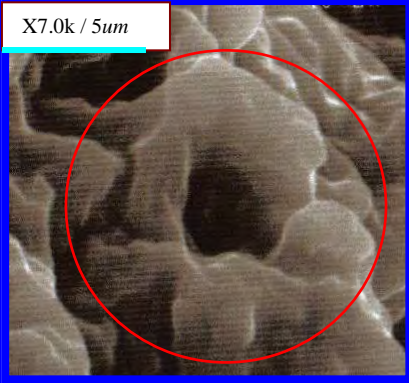
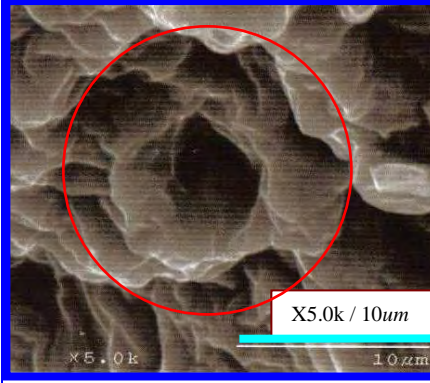
	Col 22	Col22
COLIMA <i>Brachyphyllum sp.?</i>		
Área total	35.904 <i>um</i>	25.1328 <i>um</i>
Área Ostiolo	4.398 <i>um</i>	3.0787 <i>um</i>
Largo anillo	11.42 <i>um</i>	7 <i>um</i>
Ancho anillo	3.4285 <i>um</i>	3 <i>um</i>
Agujero estomático	redondo	redondo
# Papilas	2	2

Tabla 14. Se muestra el resumen y promedio de los caracteres microscópicos encontrados durante las revisiones en MEB, mostrando máximos y mínimos expresados en *um* y cada una de las estructuras analizadas.

	OAXACA	GUERRERO	COLIMA
# PAPILAS	2-5	NO	3
LARGO PAPILAS	1.5-4.8	X	2.23
ANCHO PAPILAS	1.42-2.8	X	1.34
ANILLO PAPILAS	Combinación 2 anillos papilas	NO	Anillo Florín
AGUJERO ESTOMÁTICO	1.43-4	0.35-2.28	3.07-6.14
# CÉLULAS SUBSIDIARIAS	X	5-6	Anillo Florín
LARGO CÉLULAS SUBSIDIARIAS	X	4.57-6.45	X
ANCHO CÉLULAS SUBSIDIARIAS	X	1.71-2.29	X
# CÉLULAS GUARDA	2	2	POSIBLES
LARGO CÉLULAS GUARDA	3.48-3.61	7.38	POSIBLES
ANCHO CÉLULAS GUARDA	0.83-0.90	2.85	POSIBLES

X = Caracteres ausentes

Tabla 15. Resultados obtenidos a partir del análisis paleopalínológico. Se obtuvieron datos negativos al no encontrar el polen de tipo *Classopollis* o *Corollina* propio de estas coníferas, observando únicamente palinomorfos deformados y esporas (Fig. 18). Cabe aclarar que el número de muestras procesadas para cada localidad no es uniforme debido al número irregular de salidas a campo, por lo que a mayor número de salidas, mayor número de muestras fueron procesadas.

	OAXACA	GUERRERO	COLIMA	PUEBLA
POLEN	NO	NO	NO	NO
# MUESTRAS PROCESADAS	6	2	4	4
PALINOMORFOS	ESPORAS	NO	POSIBLES RESTOS DE ALGAS	NO
TÉCNICA UTILIZADA	Shults y HF al 40%	HF 40%	HCL 10%	HF 40%

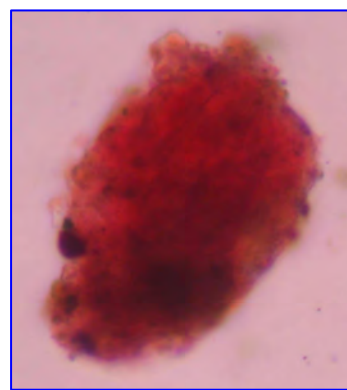
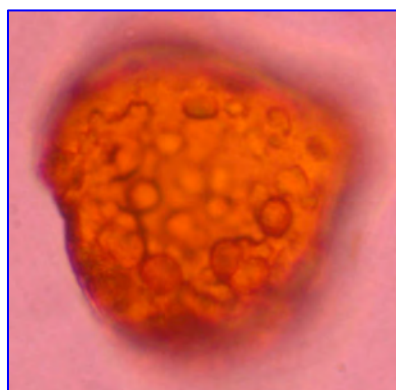


Fig. 18, Palinomorfos encontrados en el procesamiento del material colectado en Oaxaca.

Tabla 16. Se muestran 23 especies del género *Brachyphyllum*, donde se presentan características microscópicas y macroscópicas, dentro de ellos están presentes los cuatro morfotipos en cuestión. Los datos muestran el promedio total de todos los ejemplares analizados.

EJEMPLAR	LT RAMA	AT RAMA	LT HOJA	AT HOJA	°H	FORMA HOJA	ÁPICE	ESTOMAS	PAPILAS
<i>B.sp. Oaxaca</i>	4.46	0.181	0.205	0.075	25	romb	agdo	Monociclicos	doble anillo
<i>B.sp. Colima</i>	5.36	0.35	0.2	1.25	10	romb	agdo	Anillo Florín	3 papilas
<i>B.sp. Gro</i>	3.25	0.275	0.185	0.1	10	romb	agdo	Monociclicos	NO
<i>B. macrocarpum</i>	8.4	0.7	0.6	0.25	10	triang	agd/red	?	?
<i>B. hondurensis</i>	0.8	0.6	0.25	0.7		oval	agd/red	?	?
<i>B. comancheanum</i>	5.4		0.45	0.125		oval/romb	agudo	SI	SI
<i>B. ramosum</i>	10	0.5	0.35	0.25		romb	agd/red	monociclicos	ocasional
<i>B. Carpenteri</i>	3.5	0.3	0.3	0.2	55	romb	obtusos	SI	6 papilas
<i>B. loorichii</i>	7		0.475	0.27	35	oval	redon	SI	?
<i>B. lotenense</i>	5	0.6	0.3	0.3		romb	redon	?	?
<i>B. hegwaldia</i>			0.1-0.17	0.2		rect/trian	agudo	SI	SI
<i>B. breittii</i>	3.5	0.1	0.35	0.16		romb/oval	agd/red	monociclicos	?

<i>B. mami-llare</i>		0.8	.225	0.225		oval	agudo	Monociclicos +células subsidiarias	NO
<i>B. patens</i>	16	0.12	0.3	0.2	55	triang	agudo	diaciclicos	SI
<i>B. crasis</i>		0.5	0.25	0.4		romboidal	Obt/agdo	SI, células subsidiarias (anillo), 2/3 filotaxia	Alrededor del agujero estomático
<i>B. ardentum</i>		0.25	largas	0.425		romb	redondo	Estomas Abaxial/ cels subsidiarias formando anillo, 1/3 filotaxis	NO
<i>B. Brongniar t 1828</i>		1.5	1.6	0.395		trian	curvo	Filotaxis 2/5	
<i>B. mucronatum</i>		0.9	0.5	1.6	45	oval	agudo	Estomas monociclicos (imperfecto diaciclicos), + células subsidiarias	No
<i>B. mirandai</i>		.4	0.55	0.3		Romb	Red/agd	monociclico (imperfecto diaciclico) + células subsidiarias	No
<i>B. irregulare</i>		0.15	0.3	0.2		oval	Red/agd	monociclico (imperfecto diaciclico) + células subsidiarias polar y lateral	No
<i>B. sp. Puebla</i>	3.5	.25-3	0.7-1.2	0.1	10	romb	agud	¿?	¿?
<i>B. sp. Gro II</i>		2.277	1.345	0.738	50	romb	agudo	¿?	¿?
<i>B. sp. Parí-deño</i>	3.8mx	0.04-0.12	0.09-0.12	0.037-0.085	16-27	romb	agudo	¿?	¿?

Características microscópicas: LT RAMA= Largo Total de la rama, AT RAMA= Ancho total de la rama, LT HOJA= Largo Total Hoja, AT Hoja= Ancho total Hoja, °H= Angulo, ¿?= Datos desconocidos.

Fenograma 1. Análisis numérico agrupando por similitud a 20 especies del género *Brachyphyllum*, basados en un total de 31 caracteres que involucran aspectos microscópicos y macroscópicos de cada uno. El fenograma muestra la similitud entre los morfotipos en estudio y algunas de las especies ya reportadas, las cuales tuvieron una distribución mundial durante el Mesozoico.

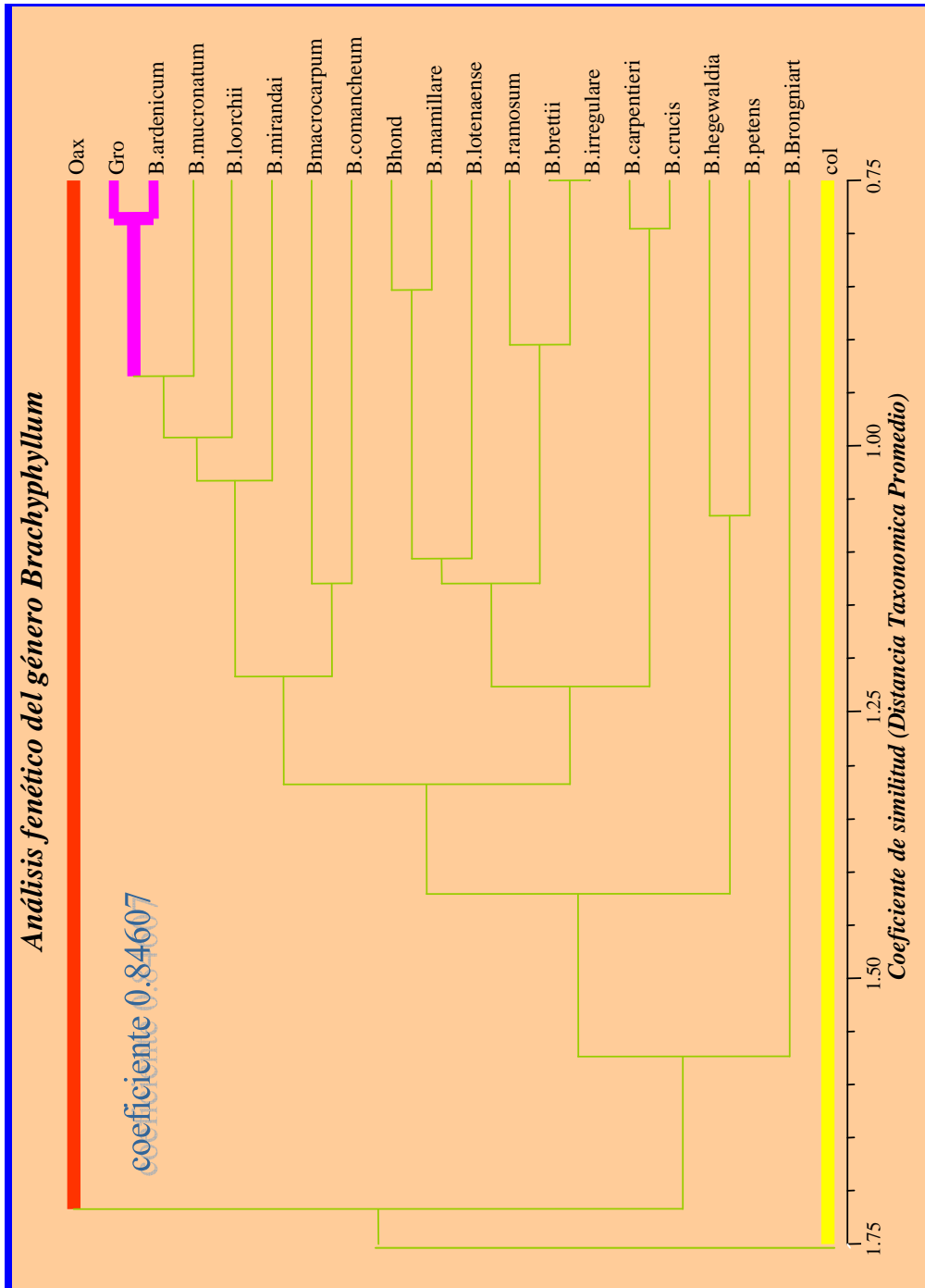


Fig. 19.- El Fenograma muestra el acomodo de las OTU's destacando en color rojo al morfotipo de la localidad de Oaxaca y en amarillo al de Colima, los cuales destacan por estar separados de las demás OTU's. El ejemplar de Guerrero se presenta en color rosa.

Tabla 17. Se muestran los géneros reportados para cada localidad a la que pertenecen los ejemplares en estudio:

FORMACIÓN TAXON	Fm. Huayacocotla	Fm. Tecomazúchil	Fm. Conglomerado Cualac	Localidad Coquimatlan
<i>Alethopteris</i>		X		
<i>Brachyphyllum sp.</i>	X	X	X	X
<i>Equisetum rajmahalense</i>		X		
<i>Frenelopsis</i>				X
<i>Mexiglossa varia</i>		X		
<i>Neuropteris</i>		X		
<i>Nilssonia macrophylla</i>		X		
<i>Otozamites sp.</i>	X			
<i>O. cf. hennoquei.</i>	X			
<i>O. hespera.</i>	X	X	X	
<i>O. cf. pterophylloides.</i>	X			
<i>Otozamites tribulosus</i>		X		
<i>Piazopteris branneri</i>		X		
<i>? Piazopteris sp.</i>	X			
<i>Podozamites sp.</i>	X			X
<i>Pterophyllum sp.</i>	X			
<i>Pterophyllum propinquum.</i>	X			

<i>Ptilophyllum acutifolium</i>		X	X	
<i>Ptilophyllum sp.</i>	X		X	
<i>Sphenozamites sp.</i>	X			
<i>Sphenopteris sp.</i>	X			
<i>Taxodium</i>				X
<i>Williamsonia natorsthi</i>		X		
<i>Williamsonia netzahualcoyotlii</i>		X		
<i>Zamites sp.</i>	X			
<i>Zamites lucerencis</i>	X	X		
<i>Zamites sp. cf. Z. feneonis</i>			X	
<i>Zamites tribulosus</i>		X		
<i>Taeniopteris sp.</i>		X		
<i>Pelourdea sp.</i>		X		
<i>Sagenopteris sp.</i>		X		
<i>Anomozamites sp.</i>		X		
<i>Nilssonia sp.</i>		X		

X= Presencia del género.

Fenograma 2. Análisis numérico relacionando la flora reportada dentro de las cuatro áreas en estudio, obteniendo así la relación de similitud, basados en la coincidencia de géneros, reflejando condiciones ambientales en que pudieron desarrollarse estas plantas.

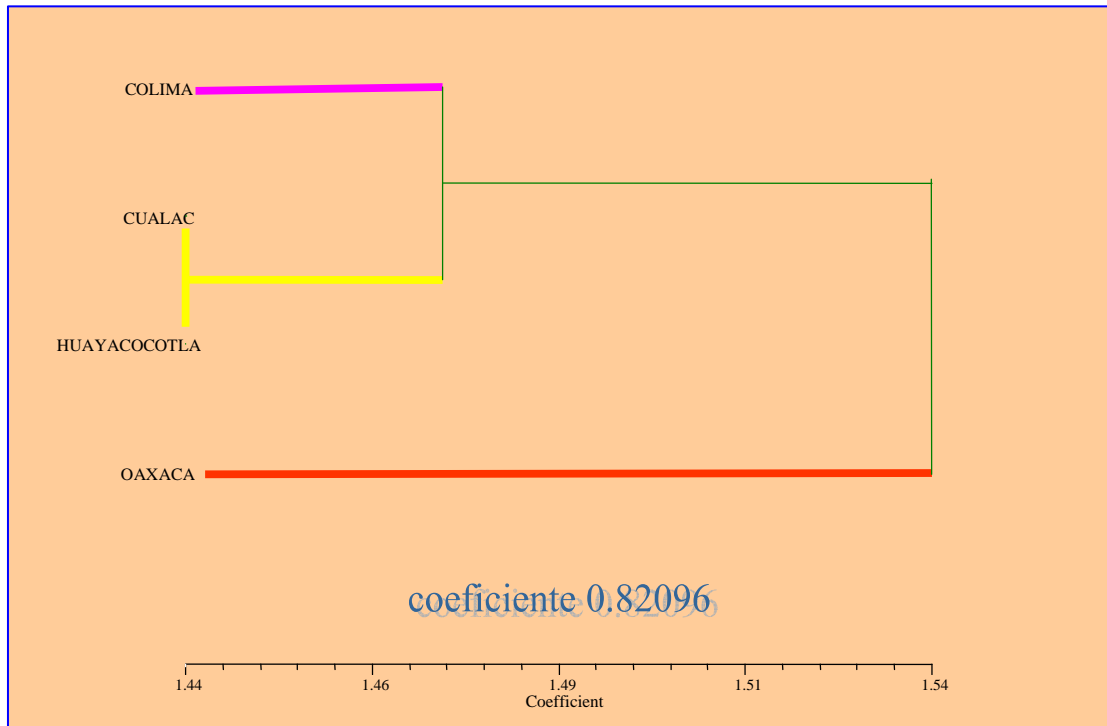


Fig. 20.- El Fenograma muestra el acomodo de las OTU's destacando en color rojo a la Fm Tecomazúchil (Oaxaca), en color rosa la localidad de Colima y por ultimo en amarillo las formaciones Conglomerado Cualac y Huayacocotla, las cuales se distinguen por la similitud entre ellas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

A partir de la revisión de los caracteres macroscópicos de los cuatro ejemplares, se obtuvo la siguiente descripción:

Los morfotipos se caracterizan por presentar pequeñas hojas arregladas en espiral alrededor del eje de la rama (2+3). La hoja es de forma romboidal y el largo de cada hoja es ligeramente mayor al doble del ancho en los morfotipos de Oaxaca y Guerrero, en el de Colima el largo de la hoja es ligeramente menor al doble del ancho y en el de Puebla el largo es igual al doble del ancho (Tabla 1-2).

Cada una de las hojas está compuesta por un cojinete basal ancho, ligeramente menor en el morfotipo de Oaxaca. La parte libre de la hoja es menor al ancho de la misma, excepto en algunos casos de la parte inicial de la rama, contraria a los meristemas, en los morfotipos de Oaxaca. El ápice de las hojas es agudo con visibles hileras de estomas (12X) que parten del ápice hasta el cojinete basal (excepto Puebla). El margen de las hojas es entero (Tabla 2).

El análisis cuticular fue posible gracias a la aplicación de la técnica de replicado con caucho de silicón # 82, ya que permitió la realización de réplicas fósiles evidenciando la presencia de patrones de estomas sin ninguna alteración, debido a que este material presenta una textura muy fina y la calidad de las réplicas es muy alta.

El análisis de caracteres microscópicos (Tabla 14) arroja diversas interpretaciones en cuanto al número, forma y estructuras de las mismas:

Las estructuras estomáticas analizadas varían dependiendo del morfotipo: El de Oaxaca, muestra un aparato estomático incompleto ya que se visualizaron las células guarda y papilas (Tablas 3-9). Las estructuras estomáticas encontradas en el morfotipo de Guerrero fueron células subsidiarias y células guarda (Tablas 10-11). En el morfotipo de Colima se observaron posibles células guarda, papilas y presencia de anillo Florín en cada una de ellas (Tablas 12-13).

Un aspecto trascendente en la clasificación de estomas es la disposición y número de las células adyacentes o anexas:

El morfotipo de Oaxaca se considera que presenta estomas de tipo Anomocítico, ya que no cuenta con células anexas. Las células oclusivas se encuentran aisladas y desprovistas de células acompañantes (Fig. 21) (Tabla 6).

Fig. 21.- Estoma del morfotipo de Oaxaca, con ausencia de células acompañantes donde únicamente se observan las dos células guarda de forma arriñonada.



El morfotipo de Guerrero se considera un estoma de tipo ciclocítico ya que cuenta con un número entre cinco y seis de células guarda, por lo tanto, el estoma ciclocítico es aquel que presenta numerosas células subsidiarias (>4), dispuestas en uno o dos círculos alrededor de las células guarda (Tabla 11).

El morfotipo de Colima no cuenta con células subsidiarias, pero se caracteriza por presentar anillo Florín y tres papilas, las cuales fueron observadas en una sola imagen (Fig. 22) (Tabla 12).



Fig. 22.- Tres estomas con presencia de anillo Florín. El estoma de la parte superior cuenta con tres papilas visibles y ausencia de células subsidiarias.

La manera en la que fueron observadas las estructuras estomáticas varía dependiendo de la posición de la hoja, es decir si revisábamos el haz o el envés ya que en gimnospermas las células oclusivas (guarda) quedan por debajo de las anexas (subsidiarias) que tienen una zona superficial muy gruesa y dura, de forma que el ostíolo queda "encriptado", hundido en la epidermis (Fig. 23).

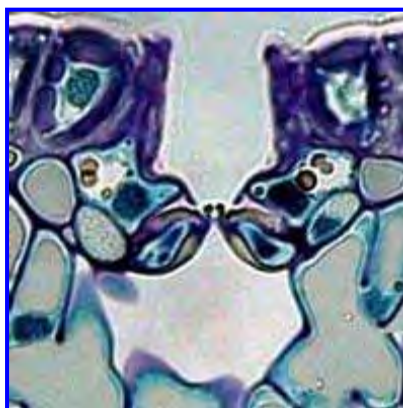


Fig.23.- Corte transversal de *Pinus*, donde se observa el estoma por debajo de las células anexas, carácter propio de las coníferas (www.hiperbotanica.net).

Al analizar las cutículas en MEB, los estomas se encontraban hundidos y separados de las células anexas, formando una bóveda que los mantiene ocultos. Por lo tanto las células guarda se encuentran en la parte inferior (base) del agujero estomático y únicamente se pueden visualizar cuando es revisada la superficie interna de la cutícula (Fig. 24) Tabla 7).

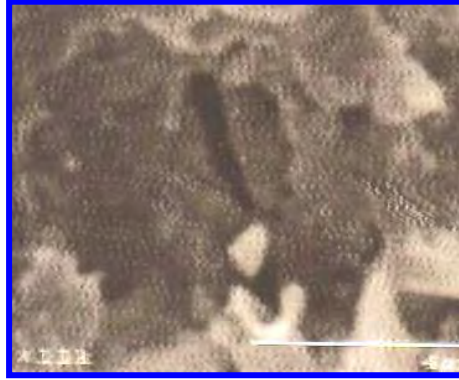


Fig.24.- Imagen en MEB, mostrando un estoma por debajo del agujero estomático.

El ostiolo conduce a un amplio espacio intercelular llamado cámara subestomática (Fig. 25), poniendo en comunicación el sistema de espacios intercelulares con el aire exterior.

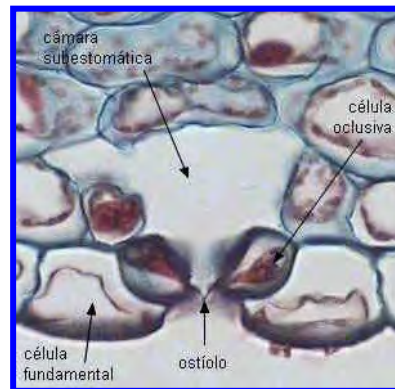
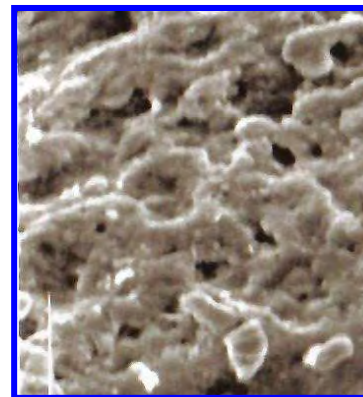


Fig. 25.- Corte transversal de *Pinus*, donde se observa la cámara subestomática por debajo del ostiolo (www.hiperbotanica.net).

Las hojas de las coníferas (principalmente las aciculares) tienen estomas dispuestos en filas paralelas. Cuando los estomas están en filas, las cámaras estomáticas se conectan entre sí. Este sistema pudo estar presente en el morfotipo Tz51 (Fig. 26) (Tabla 3), ya que el acomodo de los estomas es de forma continua y paralela.

Fig. 26.- Hileras de estomas probablemente interconectados entre sí, por las cámaras subestomáticas.



Las coníferas actuales presentan un ostíolo elíptico y las paredes de las células oclusivas cercanas al ostíolo son gruesas, mientras que las alargadas del ostíolo son más finas y sufren una mayor deformación cuando las células se vuelven turgentes produciéndose así la apertura del estoma.

Las imágenes del morfotipo (Tz51), muestran a un par de células guarda de forma arriñonada y un ostíolo cuya apertura estomática es de forma elíptica, por lo tanto se intuye que las paredes cercanas al ostíolo son más gruesas, con respecto a las demás.

En todos los casos, la pared que limita el ostíolo es más gruesa que la pared opuesta, más delgada y flexible que las paredes tangenciales. Esta cualidad está relacionada con la capacidad de las células oclusivas de cambiar de forma e incrementar su volumen para controlar el tamaño de la abertura estomática.

Con base en lo anterior, el ejemplar de Guerrero muestra una abertura estomática de forma elíptica pero muy pequeña (Fig. 27) (Tabla 11), mostrando la capacidad de las células oclusivas al cambiar de forma.

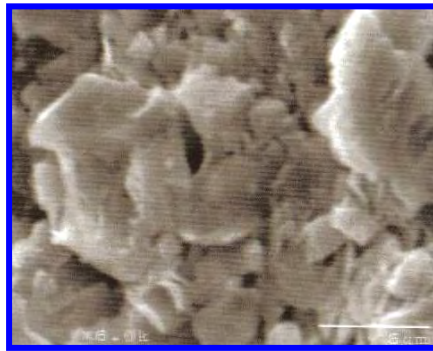


Fig. 27.- Imagen del morfotipo CC35, mostrando un ostíolo muy pequeño.

En las imágenes tomadas de los morfotipos Tz51 y Col22 (Fig. 28-29) existe presencia de papilas, las cuales presentan diferente morfología y tamaño. Las papilas presentes en el morfotipo Tz51 muestran una forma casi circular o acorazonada, en número promedio de 5, mientras que en la imagen del ejemplar Col22 solo se encuentran tres y de forma elíptica.

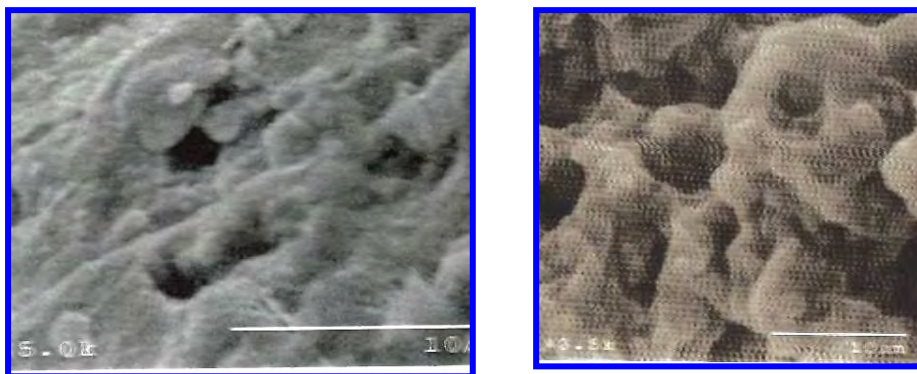


Fig. 28 y 29.- Papilas presentes en el ejemplar Tz51 y Col22.

Las papilas en ambos ejemplares se muestran como extensiones poco pronunciadas, poco alargadas, delgadas, diferentes a pelos o cualquier otro tipo de tricomas.

La función primordial que pudieron haber sustentado estas papilas, es la de controlar la temperatura de la planta, de forma que regularan las altas o bajas temperaturas. Probablemente otra función que sustentaban fue la de evitar la evaporación del agua, pues el problema de cerrar los estomas es que no puede realizarse la fotosíntesis.

El escaso número de estomas permite inferir diversas hipótesis, con respecto al ambiente en el que se desarrollaba la planta, aunque entran en juego diversas variables que limitan la interpretación de éste:

1) El proceso de fosilización y el tipo de grano donde se lleve a cabo, influye en el grado de conservación de tejidos, es decir, los sedimentos suaves (limos y arcillas) favorecen la conservación y permiten tener una imagen muy exacta de la morfología externa, pero la recristalización, erosión entre otros aspectos pueden modificar la estructura original de la misma, como es el caso del morfotipo Col22, el cual presenta una recristalización muy notoria y en el ejemplar CC35 fue colectado de un estrato expuesto a la erosión.

2) Grado de preservación: es un factor que limita la óptima preservación de los fósiles, ya que antes o después de ser enterrados los restos, son sometidos a destrucción biológica por bacterias, hongos u otros organismos. Además el transporte de los restos provoca su destrucción mecánica y la destrucción química ya que aun después de fosilizados los restos pueden ser destruidos por disolución.

3) Ceras epicuticulares: las ceras se destacan como la principal barrera protectora frente a pérdidas de agua por transpiración excesiva, acción de patógenos, radiaciones solares y ante contaminantes (Fig. 30). De esta forma pudieron haber sido ocultados los estomas por la presencia de este tipo de secreciones, limitando la interpretación paleoambiental.

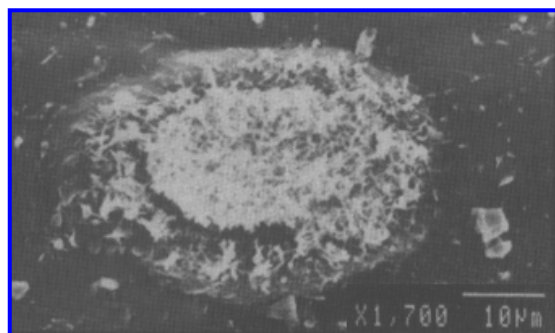


Fig. 30.- Micrografía obtenida mediante MEB de un estoma de la conífera *Araucaria bidwillii* cubierto completamente por cristales de ceras (Reina y Borraz, 1997).

4) Condiciones ambientales: En condiciones de sequía (estrés hídrico) se cierran los estomas impidiendo pérdidas de agua en la planta, es por ello que en regiones xerófilas, los estomas frecuentemente son pequeños o casi inexistentes, y además, contienen cantidades apreciables de ceras, pelos y tricomas, que dificultan la salida del vapor de agua.

Cabe aclarar que las plantas de ambientes húmedos presentan estomas elevados y en los morfotipos estudiados, los estomas quedan hundidos en la epidermis, lo cual hace más lenta la transpiración. Esta es una de las adaptaciones de las coníferas a la aridez, el cual es un carácter evolutivo que aún conservan las coníferas actuales cuya estructura surgió de la adaptación a las condiciones ambientales, más abundantes en dióxido de carbono, que existían en la época de su origen (Carbonífero 359-259 Ma). Con estos estomas, la fotosíntesis estaría constreñida en las coníferas, otro elemento que jugaría en contra de su crecimiento y competitividad, ya que actualmente el patrón global de distribución las ha relegado principalmente a latitudes y altitudes elevadas, en suelos pobres o mal drenados.

A partir de la bibliografía consultada se conoce que las coníferas de la Familia *Cheirolepidaceae*, presentaban una amplia distribución a nivel mundial, durante el Mesozoico, ocupando hábitats cercanos a cuerpos de agua y en paleoaltitudes bajas (Watson, 1988).

Con base en esto tendría que estar presente un alto número de estomas en todos los ejemplares relacionando su número con la disponibilidad de agua, aunque la temperatura ambiental, es otro factor trascendental en este aspecto.

Para poder lograr una interpretación sobre las condiciones ambientales en las que prevalecieron estas plantas es de vital importancia conocer que durante el Mesozoico, la República Mexicana ha pasado por cambios geológicos importantes. De acuerdo con la información bibliográfica existente, se presentan modelos que permiten restaurar los acontecimientos geológicos pasados y con base en esto, proponer la posible distribución de este género.

Durante el Liásico tuvo lugar la persistencia de los mares del Triásico en la porción central de la república, especialmente en los estados de Hidalgo, parte poniente de Veracruz y septentrional de Puebla. Solo la porción inferior del Liásico pertenece a la Formación Huayacocotla principalmente marina y las rocas de la Formación Rosario continentales (Fig. 31). De acuerdo con la información paleontológica de los pozos y afloramientos en el Anticlinorio de Huayacocotla, los sedimentos fueron francamente marinos sólo para el Sinemuriano, azolvándose algunas lagunas o entrantes de mar con flora Liásica donde predominaban los helechos y cícadas, aun en el Pliensbaquiano Superior y en el Toarciano Inferior.

Con base en esto es posible constatar la presencia de cuerpos de agua (Lagunas) que permitieron sostener una importante comunidad florística durante el Liásico. Al observar en el mapa la localidad de estudio se encuentra ubicada en un área de mares epicontinentales cuya profundidad supone no excedía de los 200 m y que permitió en algunas zonas el desarrollo de esta comunidad.

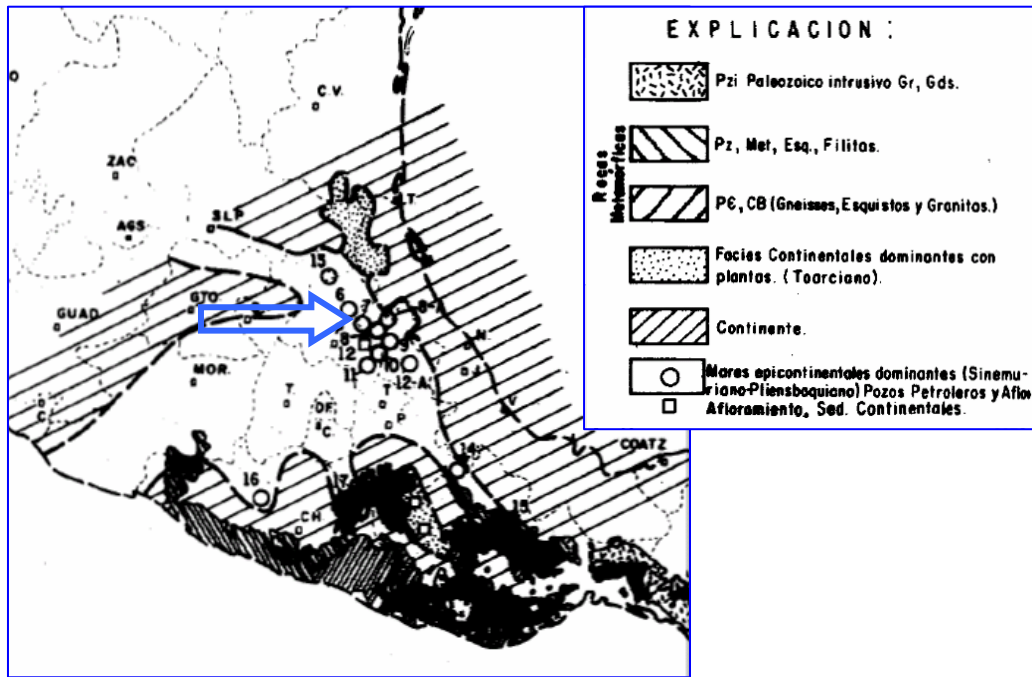


Fig. 31.- Paleogeografía y litofacies del Jurásico Inferior (Liásico), indicando la región de Huauchinango, localidad de colecta de los morfotipos en el estado de Puebla (López-Ramos, 1981).

Durante el Jurásico Medio ocurrió una emersión del territorio Mexicano que en gran parte se había levantado durante el Jurásico Temprano, encontrándose solo porciones marinas en el Calloviano, cuya extensión fue muy restringida. Muchas de las localidades del NW de Oaxaca y SW de Puebla son de origen continental (región Mixteca) con restos de plantas. Esta región muestra grandes cambios laterales que representan transiciones de abanicos aluviales a llanuras de inundación y depósitos de canal. Durante el Bajociano y Bathoniano, esta región experimentó trasgresiones marinas de corta duración, provenientes del Pacífico, las cuales inundaron la parte sur del Terreno Mixteco hasta una línea situada entre Tezoatlan y Huajuapán de León. Dentro de la región Mixteca aflora la Formación Tecamazúchil y la Formación Conglomerado Cualac (Fig. 32).

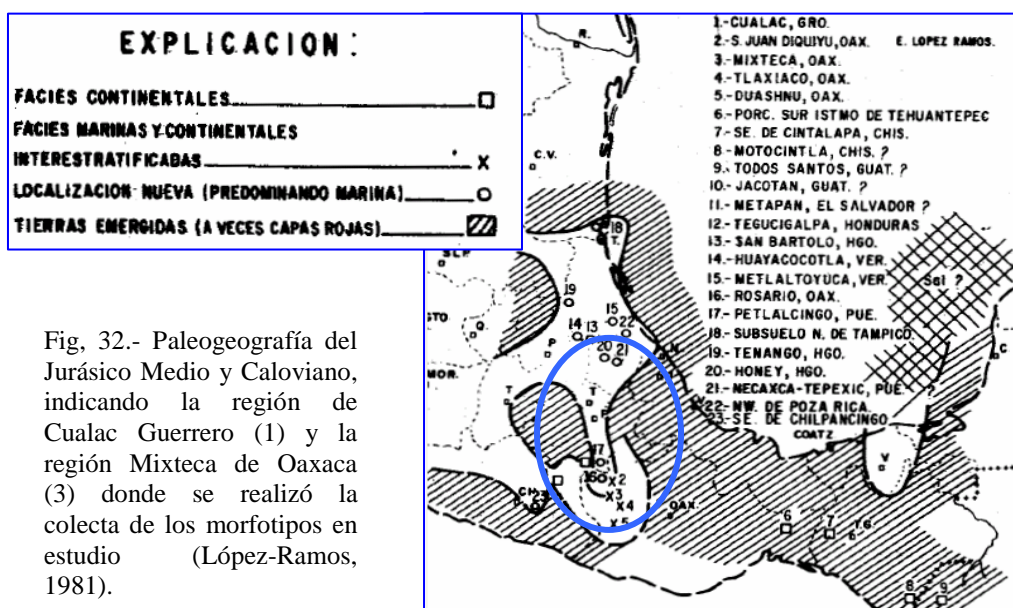


Fig. 32.- Paleogeografía del Jurásico Medio y Caloviano, indicando la región de Cualac Guerrero (1) y la región Mixteca de Oaxaca (3) donde se realizó la colecta de los morfotipos en estudio (López-Ramos, 1981).

Dentro de la región Mixteca se ha postulado para el Jurásico Medio (Bajociano-Bathoniano) una reconstrucción paleogeográfica en la cual, hacia el sur y suroeste del área ocurría sedimentación marina en un ambiente transicional; mientras que en la zona de Chilixtlahuaca, la sedimentación era de carácter continental con desarrollo de sistemas fluviales meándricos en una configuración estructural de pilares y cuencas (Fig. 33). El límite con la influencia marina se localizaba al sur de Huajuapán de León. La presencia de fósiles dulceacuícolas, pelecípodos y gasterópodos reportados como *Unio ogamigoensis Kobayashi* y *Suzuki* y *Pila (Turbinicola?) nipponica Kobayashi* y *Suzuki* respectivamente, dentro de la secuencia de la Formación Tecamazúchil, cerca de Chilixtlahuaca permite precisar las características ambientales que ocurrían en el sector al norte de Huajuapán de León, en donde existían cuerpos lacustres con condiciones favorables al desarrollo de comunidades. De acuerdo a la columna estratigráfica (Fig. 4) de la localidad Ayuquila, este cuerpo de agua se ubica en estratos posteriores a las secciones M1 y M2, donde solo existe evidencia de un cuerpo de agua intermitente (Mendoza-Rosales, 2002).

De tal forma se puede bosquejar la existencia, en la parte media de la columna estratigráfica (Fig. 4), un lago al cual drenaba un río con abundante carga de sedimentos arcillosos, denominado Paleolago Chilixtlahuaca. Por otro lado la presencia de embalses lacustres es una condición frecuente en sistemas fluviales meándricos como el que se desarrolló en la región. El sistema de meandro se presentó en la región de Partideño (Fm. Tecamazúchil) por la evidencia de cuerpos aislados de carbón (Comunicación personal Grimaldo, 2009).

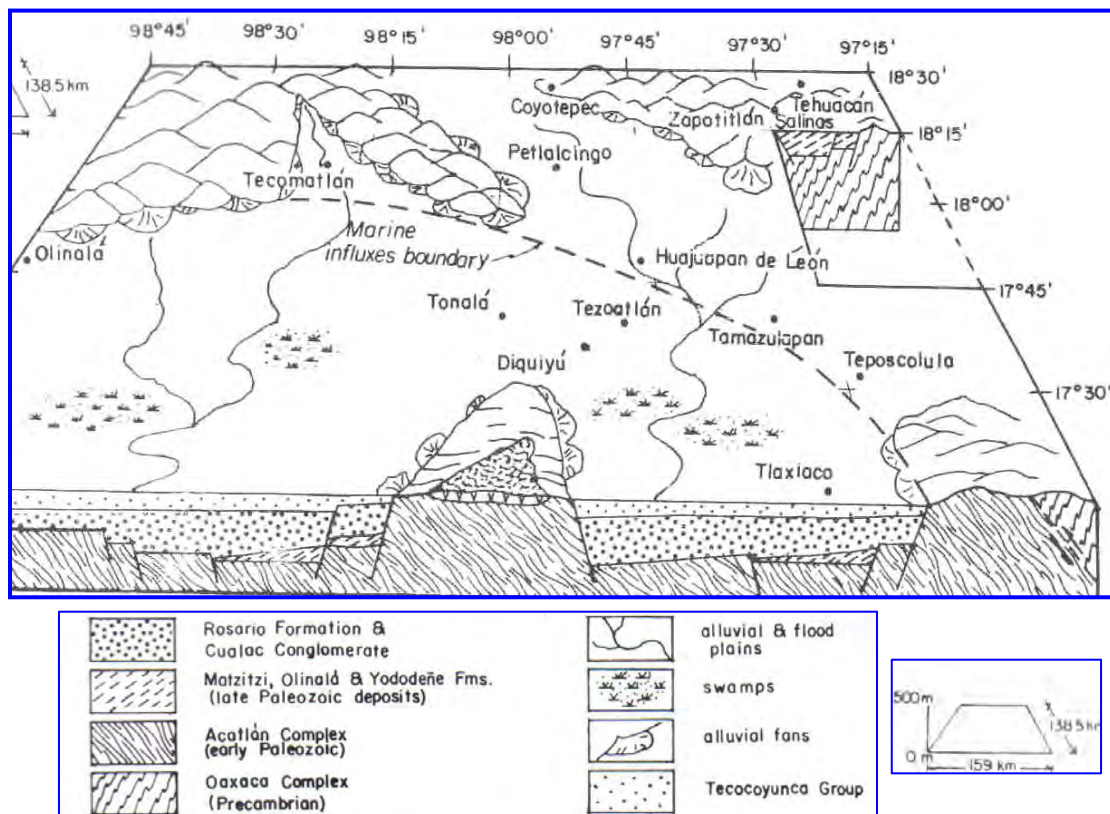


Fig. 33.- Reconstrucción paleogeográfica del Terreno Mixteco para el Jurásico Medio (Bajociano-Bathoniano) (Morán-Zenteno et al., 1993).

Las rocas depositadas durante el Jurásico Superior (Oxfordiano) presentan una distribución muy amplia en la parte central y oriental de la república, puede decirse que son las que inician la gran trasgresión del Jurásico Tardío representando depósitos de mares de aguas someras (calizas principalmente) y ocasionalmente rocas clásticas como areniscas y lutitas.

En el Cretácico Inferior se incluyen solo las rocas del Neocomiano-Aptiano. Los mares del Jurásico Tardío persistieron durante gran parte del Cretácico Temprano a lo largo de la cuenca central del sureste y noroeste de México. Estas cuencas presentaron distintas profundidades que dieron como consecuencia una petrología muy diferente. No existen dudas sobre los límites en la porción noroccidental de nuestro país, donde se marcan dos grandes islas. Existen diversas formaciones asociadas a rocas ígneas, como sucede en los depósitos eugeosinclinales en el noreste de México y parte de los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Morelos (Fig. 34).

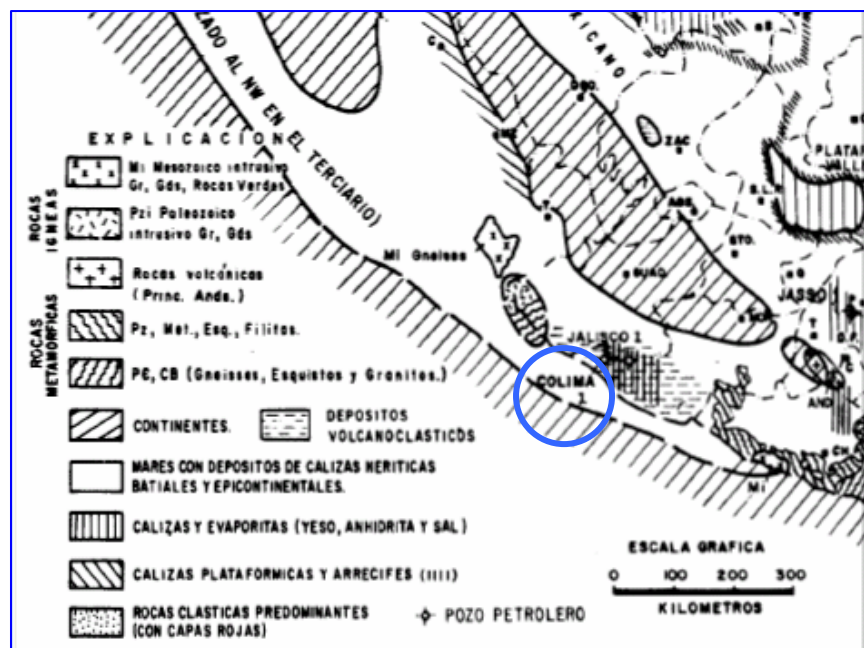


Fig. 34.- Paleogeografía del Neocomiano-Aptiano-Cretácico Temprano, indicando el estado de Colima (1) donde se realizó la colecta de los morfotipos en estudio (López-Ramos, 1981).

Aunado a todos los aspectos y variables anteriores es importante considerar que existen elementos fosilíferos acompañantes a los cuatro morfotipos, los cuales pueden brindar algún tipo de información (asociación) que nos refleje una aproximación del ambiente en el que se desarrollaban estas plantas.

En el caso del morfotipo de Oaxaca se considera que estuvo adaptado a un medio sin estrés hídrico, ya que se encuentra asociado a tallos de equisetos y grietas de desecación. El grado de preservación es muy bueno por lo que se considera que no recorrió grandes distancias desde su desprendimiento hasta el momento que fue enterrado, por lo que podría ser considerado como un fósil autóctono. Otro elemento que permite reflejar la autoctonía de un fósil, es el tipo de roca en el que fueron fosilizados los ejemplares. En la columna estratigráfica de la localidad de Ayuquila (Fig. 4) dentro de los segmentos M1 y M2, se identifican los estratos cuyas características permitieron la fosilización de los ejemplares en estudio.

La litología propuesta sugiere la presencia de sublitoarenitas (M1), el cementante está conformado por óxido de hierro, lo cual permitió que fosilizaran con mayor detalle los ejemplares, presenta granos de cuarzo subredondeados y algunos angulosos lo que indica que la cantidad de energía que presentaba el cuerpo de agua era baja por lo que permitió que los ejemplares fosilizaran prácticamente cerca del lugar de su desprendimiento. La sección M2 litológicamente está representada por grauwaca lítica con presencia de granos de cuarzo semiangulosos que indican un cuerpo de agua con energía moderada. Los componentes de la roca son inequigranulares, por lo que la roca presenta una mala clasificación, lo que indica una variación con respecto al tamaño de los clastos, por lo tanto nos habla de una corriente con mayor intensidad al mover clastos de tamaño variable.

El morfotipo de Colima (Loc. Empedrado), está preservado en calizas y se encuentra acompañado de pelecípodos en menor proporción (6 a 1), estos organismos son indicadores de ambientes someros, por lo tanto no permiten reflejar una aproximación del ambiente en el que se desarrollaba esta planta. Sin embargo en los fósiles colectados no existe presencia de pedacera y las ramas fosilizadas de *Brachyphyllum* se encuentran en un estado integro (no muy fragmentado), lo que indica que la distancia recorrida desde su desprendimiento de la planta hasta el enterramiento fue corta. Dentro de los fósiles que se reportan para esta comunidad está presente *Taxodium* (Weber, 1980), el cual está considerado como un elemento de tipo ripario o ribereño. Este posee características propias que la hacen particular como son la capacidad de soportar inundaciones temporales. Es por tanto un elemento indicador de cercanía a cuerpos de agua, lo que confirma la relación de estas coníferas a un medio sin estrés hídrico.

Los ejemplares de la localidad de Puebla, están preservados en lutita oscura, lo que podría reflejar un ambiente anóxico. Algunos de estos fósiles están acompañados de amonites, los cuales pertenecían a ambientes profundos, lo que indica que todos los elementos fosilizados son alóctonos, lo cual nos impiden reflejar las condiciones ambientales en las que existió esta planta.

El morfotipo colectado en Guerrero pertenece a una zona poco estudiada y solo se colectaron diversos géneros de cícadas, helechos y algunos restos de corteza. Complementando bibliográficamente se sabe de la existencia de *Williamsonia*.

Con la finalidad de verificar que los morfotipos de *Brachyphyllum* no coinciden con otras especies del mismo género, se obtuvo la información de 23 especies (Tabla 16) y se llevó a cabo un análisis fenético en el cual fueron retirados aquellos elementos que no cumplían con la suficiente información y que dentro de la matriz de datos presentaban más del 60% de caracteres con el número 99. Este análisis proporcionó un fenograma (Fig. 19) y permitió revelar que dentro de las 20 especies analizadas se formó principalmente un grupo (A) donde se encuentran agrupadas casi el total de las OTU's, ya que únicamente fue separado el ejemplar de Oaxaca el cual podría considerarse como el grupo (B). El ejemplar de Colima fue separado completamente del resto de las OTU's, ya que la mayoría de los caracteres microscópicos que presenta difieren de las demás especies. Tomando en cuenta a estos como caracteres de importancia taxonómica es posible considerar que el ejemplar de Colima se trate de un género distinto a *Brachyphyllum*, con base en la separación total de las demás OTU's.

En el primer grupo (A) se encuentran en estrecha relación el morfotipo de Guerrero y *Brachyphyllum ardenicum* el cual pertenece a la flora Jurásica de Yorkshire, Inglaterra, asignado por Thomas (1979). La relación entre estos ejemplares se basa en la semejanza en longitud, ancho y forma de la hoja y microscópicamente en el número de células subsidiarias y ausencia de papilas.

En el grupo (B) se encuentra el ejemplar de Oaxaca de manera aislada, debido a que macroscópicamente tiene cierta semejanza en algunos caracteres con ciertas especies, pero microscópicamente difiere en la ausencia de doble anillo de papilas con respecto a las demás OTU's.

La R obtenida para este fenograma obtuvo un valor de 0.84607, lo cual nos indica que los caracteres utilizados para separar los grupos son validos y el acomodo fue dado por patrones de variación y no por el azar.

A partir de la flora reportada dentro de las cuatro áreas en estudio (Tabla 17) se realizó un análisis numérico, obteniendo así una relación de similitud, basados en la coincidencia de géneros, reflejando las posibles condiciones ambientales en que pudieron desarrollarse estas plantas. El fenograma 2 (Fig. 20) muestra dos grupos: el primero (A) conformado por la localidad de Colima y las formaciones Huayacocotla y Cualac, estas dos últimas pueden ser consideradas idénticas por la cercanía entre ellas a pesar de que en la localidad de Huayacocotla existen reportados 11 géneros a diferencia de Cualac que solo presenta cinco de los cuales comparten tres (*O. hespera* (G. R. Wieland), *Ptilophyllum* sp. (Morris 1840) y *Brachyphyllum* sp.), mientras que la localidad de Colima se encuentra estrechamente relacionada con estas áreas posiblemente por que comparte con la Formación Huayacocotla dos géneros (*Podozamites* sp. (F. Braun) y *Brachyphyllum* sp.) y con Cualac solo uno (*Brachyphyllum* sp.).

El grupo B está conformado por el área de Oaxaca y se encuentra totalmente separada de las demás OTU's, debido a la relación entre estas localidades que se ve reflejada a partir del número de coincidencias de géneros y a la proporción de estos reportados para cada una de ellas; es decir el área de Oaxaca presenta pocas coincidencias con la localidad de Colima teniendo en común únicamente al género (*Brachyphyllum* sp.), con la localidad de Cualac presenta tres géneros en común (*O. hespera* (G. R. Wieland), *Ptilophyllum acutifolium* y *Brachyphyllum* sp.), pero el número de géneros reportados para la localidad de Oaxaca son 15 mientras que para Cualac son cinco, dando una similitud menor en comparación con la relación entre Cualac y Huayacocotla (grupo A), los cuales compartían el mismo número de géneros pero la cantidad de géneros registrados para Huayacocotla es de 11 teniendo así una mayor similitud. Por ultimo la Fm. Huayacocotla tiene en común con Oaxaca únicamente tres géneros (*O. hespera* (G. R. Wieland), *Zamites lucerensis* y *Brachyphyllum* sp.) por lo que la similitud es muy baja considerando que ambas presentan el número mas elevado de OTU's (11 y 15 respectivamente).

La similitud en estos casos fue dada a partir de una relación que parte del mayor número de coincidencias de géneros, en relación con las OTU's con el menor número de géneros presentes, por lo que este análisis tiene un resultado que se ve afectado a partir del hecho de que las zonas han sido muestreadas de manera desigual por lo que no es plenamente confiable el resultado obtenido.

En el análisis paleopalinológico se empleó la técnica de Shults para rocas con alto contenido de carbón, la técnica del HF al 48% para rocas constituidas principalmente por silicatos y la técnica del HCL al 10% para rocas con presencia de carbonatos. Se realizaron reiteradas pruebas de la misma muestra (Tabla 15), para validar la presencia o ausencia de palinomorfos, obteniendo así resultados negativos posiblemente por diversos factores entre ellos:

1) Las rocas son de una edad muy antigua (Mesozoica 251-65.5Ma) y por lo tanto han sufrido procesos de metamorfismo (recristalización), erosión y deformación por lo que la posibilidad de encontrar palinomorfos abundantes y en buen estado de conservación es baja.

2) El ambiente de sedimentación es un factor fundamental para tener éxito en la preservación de palinomorfos, es por esto que turberas, lagos, lagunas, estuarios, etc., con sedimentos limosos y arcillosos son ambientes propicios para encontrar abundancia y buena preservación palinomorfica. En el caso de una de las muestras procesadas de la localidad de Cualac, fue una roca constituida por areniscas la cual por el tipo de grano tenía pocas posibilidades de preservarse el polen.

3) Existen algunos factores medioambientales como el que la comunidad no haya sido madura y por lo tanto no exista evidencia palinológica, afectando de manera significativa los resultados, aunque la técnica se haya realizado de manera eficiente. Este punto puede ser de crucial importancia ya que en el registro fósil de ninguna de las localidades de estudio existe la presencia de conos con características propias de la Familia Cheirolepidaceae, lo que podría sugerir que las comunidades no eran maduras y por lo tanto hay ausencia de polen.

CONCLUSIONES:

- ❖ Los caracteres macroscópicos utilizados para la verificación de género han permitido precisar que los cuatro morfotipos en estudio pertenecen al género *Brachyphyllum*.
- ❖ El morfotipo colectado en San José Ayuquila, no coincide con ninguna de las especies hasta ahora analizadas, tanto en características micro como macroscópicas. En este sentido se propone la presencia de una nueva especie de *Brachyphyllum*, para el Jurásico Medio de Oaxaca.
- ❖ El morfotipo de Oaxaca ha sido nombrado preliminarmente como *Brachyphyllum velascoi*.
- ❖ Para la Formación Conglomerado Cualac del Jurásico de Guerrero y a partir de la comparación con 23 especies de este género, se propone la presencia de una nueva especie.
- ❖ El nombre de *Brachyphyllum minor* ha sido propuesto tentativamente para el morfotipo de Guerrero.
- ❖ El análisis cuticular de los ejemplares de Colima, presentan estomas con presencia de anillo Florín y lo evidencian como una nueva especie del género *Brachyphyllum* en el Cretácico de Colima.
- ❖ Se ha planteado preliminarmente el nombre de *Brachyphyllum coquimatlensis* a el morfotipo de Colima.
- ❖ El ejemplar de Puebla se propone como *Brachyphyllum sp.*, únicamente con base en sus características macroscópicas.
- ❖ El análisis paleopalínológico de las muestras de las cuatro localidades fue negativo y permitieron identificar únicamente esporas y palinomorfos deformados, impidiendo así la verificación de género y especie.
- ❖ El análisis paleoambiental evidenció a los cuatro morfotipos dentro de un posible ambiente sin estrés hídrico, ya que diversos elementos mostraron que estos ejemplares pudieron haberse establecido en comunidades cercanas a cuerpos de agua.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1) Archangelsky, S. 1974. Sobre la utilización de Microscopio Electrónico de Barrido en el estudio de hojas fósiles del Cretácico Inferior de Patagonia, Argentina. Boletín de la Sociedad Botánica de México 33:1-12, fig. 1.
- 2) Archangelsky, S. 1991. Características ultra-estructurales de plantas fósiles de Patagonia. Universidad Complutense. Madrid. p.p. 1-7.
- 3) Corona-Ezquivel, R. 1978. Estudio Geológico de los depósitos carboníferos de la porción noreste del Estado de Guerrero: México, D.F. Consejo de Recursos Minerales (informe inédito). p.p. 63, 70.
- 4) Corona-Ezquivel, R. 1981. Estratigrafía de la región de Olinalá-Tecocoyunca, Noreste del Estado de Guerrero: México. UNAM. Instituto de Geología, Revista, vol. 5 número 1. p.p. 17-24.
- 5) Díaz-Lozano, E. 1916. Descripción de algunas plantas de la flora Liásica de Huahuchinango, Puebla. UNAM. Instituto Geológico de México. México. p.p. 15-17, lamina IX.
- 6) Erben, H. K. 1956. El Jurásico Inferior de México y sus amonitas. Instituto de Geología, UNAM. México, D.F. p.p. 16-20.
- 7) García, B. P., Sour-Tovar, F. y Montellano, M. 1992. Paleontología. Facultad de Ciencias. UNAM. p.p. 187 y 191.
- 8) Golubic, S. 1970. Scanning electron microscopy of endolithic algae and fungi using a multipurpose casting – embedding technique. Faculte des sciences de Marseille, France. p.p. 203-209.
- 9) Hernández Perez, I., Vélez-López, J. y Mérida Montiel, R. 1996. Consejo de Recursos Minerales. Carta Magnética, Hoja Pachuca F11-14. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Cordinación General de Minería. México. p.p. 7.
- 10) Hesse, M. y Amots, D. 2000. Pollen and pollination. 3a ed. Ed. Springer. New York, USA. p.p. 8-10.
- 11) Kerp, H. 1991. The study of fossil gymnosperms by means of cuticular análisis. Departament of Geology. University of Pensylvania, Philadelphia. U.S.A. p.p. 548-559.
- 12) López-Ramos, E. 1981. Paleogeografía y Tectonica del Mesozoico de México. Revista, vol. 5, núm. 2, Instituto de Geología. UNAM. México, D.F. p.p. 158-177.
- 13) Mendoza-Rosales, T. 2002. Gasterópodos del Jurásico-Cretácico de Santiago Chilixtlahuaca, en la región de Huajuapán de León, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. p.p. 71-75.

- 14) Morán-Zenteno, D. J., Caballero-Miranda, C. I., Silva-Romo, G., Ortega-Guerrero, B. y Gonzáles-Torres, E. 1993. Jurassic-Cretaceous paleogeographic evolution of the northern Mixteca terrane, southern Mexico. *Geofísica Internacional*, vol. 32, núm. 3, p.p. 453-473.
- 15) Ochoa-Camarillo, R. H. 1996. Geología del anticlinorio de Huayacocotla en la región de Molango, estado de Hidalgo. Facultad de Ciencias, división de estudios de posgrado, UNAM. México. p.p. 27-28.
- 16) Ortega, G. F. 1978. Contribuciones a la Paleobotánica del Jurásico de México. Notas sobre la Geología del área entre Santa Cruz y Ayuquila, Estados de Puebla y Oaxaca. Instituto de Geología. UNAM. México, D.F. p.p. 25-32.
- 17) Reina, J. J. y Borraz, Y. 1997. Ceras epicuticulares en el reino vegetal: química, ultraestructura y aspectos evolutivos. Universidad de Málaga. España.
- 18) Silva-Pineda, A. 1969. Contribuciones a la Paleobotánica del Jurásico de México. Parte 1. Instituto de Geología. UNAM. México, D.F. p.p. 22-23.
- 19) Silva-Pineda, A. y Gonzáles-Gallardo, S. 1988. Algunas Bennettiales (Cycadophyta) y coníferales (Coniferophyta) del Jurásico Medio del área de Cualac, Guerrero. Instituto de Geología. UNAM. Revista, vol. 7, num. 244-248.
- 20) Silva-Pineda, A., Buitrón, S. B. y Flores de Dios-Gonzáles, A. 1995. Presencia de coníferas en el Pérmico (Leonardiano) de Calnali, Hgo., Patlanoaya, Pue. y Olinalá, Gro. Instituto de Geología, UNAM. Escuela Regional de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero, México. p.p. 8.
- 21) Silva-Pineda, A. 2000. Paleontología de México, Plantas vasculares fósiles. Facultad de Ingeniería. UNAM. México, D.F. p.p. 6-9, 25-28.
- 22) Silva-Pineda, A., Velasco de León, M. P. y Rodríguez-Becerra, R. 2007. Tafonomía de plantas Jurásicas de Oaxaca, México. Memorias del Congreso, Mendoza Argentina.
- 23) Sneath, P. H. A. y Sokal, R. R. 1973. Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification. Freeman, San Francisco, CA. p.p. 573.
- 24) Strasburger, E., Noll, F. y Schenk, H. 1992. Tratado de Botánica. 33ª ed. Ed. Omega. Barcelona. p.p. 12-14.
- 25) Strickberger, W. M. 1993. Evolución. 4ª ed. Ed. Omega. Barcelona. p.p. 264-267, 270.
- 26) Taylor, T. N. 1993. The biology and Evolution of fossil plants. Prentice Hall. The Ohio State University. USA. p.p. 8-15, 688-693.
- 27) Thomas, M. H. 1979. The Yorkshire Jurassic Flora, V Coníferales. Trustees of the British Museum (Natural History). London. p.p. 22-23.

28) Velasco de León, M. P., Silva-Pineda A. y Flores-Camargo, G. D. 2007. La presencia de *Brachyphyllum?* en la Formación Tecomazúchil del Jurásico Medio de México. Memorias del Congreso, Mendoza Argentina.

29) Villaseñor, J. L. 2000, La taxonomía numérica. Apuntes del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Méx. p.p. 9-11.

30) Watson, J. y Alvin, J. K. 1976. Silicone rubber casts of silicified plants from the Cretaceous of Sudan. Department of Geology. University of Manchester. Paleontology, vol. 19, part 4, p.p. 96-99.

31) Watson, J., 1988. The Cheirolepidaceae. In: Beck, C.B., Editor, 1988. Origin and Evolution of Gymnosperms, Columbia Univ. Press, New York, USA, pp. 385–447.

32) Weber, R. 1980. Mega fósiles de coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de México y consideraciones generales sobre las coníferas Mesozoicas de México. Instituto de Geología. UNAM. Revista, vol. 4. p.p. 111-114.

33) Morfología de plantas Vasculares. 27/05/09.
<http://www.hiperbotanica.net/print/Tema13.pdf>.

APÉNDICE I

Método de replicado “inclusión de piezas”, por medio del uso de Caucho de Silicón:

La réplica en caucho de silicón # 82, se realiza en proporción al espécimen utilizado: Verter una cantidad proporcional del caucho silicón # 82, con respecto al espécimen a utilizar, en un molde de plástico rígido, añadir a la mezcla anterior un 5% aproximadamente de aceite diluyente para facilitar la mezcla, delimitar el fósil con plastilina para su posterior inclusión en caucho y evitar derramamientos del mismo. Minutos antes de verter la mezcla es necesario añadir un 3% proporcional al tamaño de la muestra de Catalizador TP y mezclar de manera uniforme por alrededor de 30 segundos. Verter la mezcla y golpear ligeramente el espécimen contra la mesa para facilitar la salida de aire y evitar formación de burbujas. Esperar aproximadamente 24hrs. para que seque la réplica y una vez seca se procede a retirar la plastilina y a levantar cuidadosamente.

APÉNDICE II.

Técnica de aclaración de hojas actuales.

Las hojas actuales, seleccionadas para su aclaración, serán colocadas en una solución de Hidróxido de Sodio al 10 %, en la que permanecieron hasta que hubieran adquirido una coloración parda, durante este proceso se administró calor a la solución, se debe de tener cuidado de no sobre calentar la solución y provocar con esto la formación de burbujas en la lámina foliar.

Después las hojas se colocarán en una solución de Hipoclorito de sodio (de la presentación comercial se hace una disolución al 10%), por un tiempo aproximado de 30 minutos, posteriormente se sumergieron en agua destilada hasta observar como cambiaban los restos de una coloración parda a una amarillenta, lo que indica la aclaración del material. En caso de ser necesario se repitió la acción varias veces. Se debe poner especial cuidado en que la concentración no sea muy alta y el tiempo en la solución no sea muy prolongado, pues el compuesto tiende a destruir cualquier tejido y tornar quebradiza a las hojas. Una vez alcanzado el color amarillo claro, se enjuagaron las hojas en un recipiente con agua.

Una vez hecho lo anterior las hojas se colocarán en etanol al 50% por 5 minutos aproximadamente, se verterán gotas de Safranina "O" en el mismo recipiente del etanol al 50%. El tiempo que permanezca en el colorante dependerá de la textura de las hojas. Si por alguna razón se presenta una sobretinción, es posible aclarar el material en una etapa posterior. Una vez teñidas las muestras se enjuagaran con alcohol al 50% varias veces, hasta que ya no escurra colorante.

En caso de observar el material sobreteñido, será necesario colocarlo en etanol al 50% o en alcohol acidulado (100ml de etanol al 50% y 5ml de ácido clorhídrico concentrado), hasta que presentara un color más adecuado. Se harán observaciones periódicas en el microscopio para corroborar el estado del material.

Para montar los ejemplares en preparaciones permanentes, se recomienda mantener las muestras en alcohol al 50%, hasta el momento en que se transfieran a las otras sustancias.

De la solución al 50% se transferirán a etanol absoluto, sólo el tiempo suficiente para eliminar humedad. De inmediato se cambiarán a un recipiente que contenga xilol, evitando mantener el material por un tiempo prolongado, pues esta sustancia, además de aclarar la muestra torna quebradiza la hoja. La aparición de un halo lechoso en torno a la hoja, al contacto con el xilol, indica que el material no está bien deshidratado y ese halo altera las observaciones del material de manera considerable. Se repite el proceso de deshidratación, manteniendo la muestra en etanol absoluto por cinco minutos.

Se colocarán las muestras sobre portaobjetos de vidrio, y se agregara medio de montaje (Permunt o Bálsamo de Canadá), suficiente para adherir los cubreobjetos. Es recomendable utilizar pesos, como trozos de plomo para extraer el acetato y eliminar las burbujas que suelen formarse y dificultan la observación. A lo largo de todo el procedimiento es importante mantener la muestra en buena observación.

APÉNDICE III.

Técnica de Shults para extracción de polen (Micro-paleontología).

- 1.- Preparación de solución Shults: En un vaso de precipitado se agregan 5grs de Clorato de Potasio, después se vierte ácido nítrico y se lleva a saturación.
- 2.- Moler una muestra de sedimento (1, 5 o 15grs dependiendo de la cantidad de muestra a obtener) en un mortero. La muestra se vierte a un vaso de precipitado de plástico.
- 3.- Agregar solución de Shults a la muestra molida contenida en el vaso y esperar a que ocurra la reacción por 30min aproximadamente, durante ese lapso de tiempo se agitará el contenido del vaso constantemente y muy despacio para favorecer el contacto de todo el sedimento con la solución.
- 4.- Al terminar la reacción se procede a neutralizar con H₂O destilada, agregándola al contenido del vaso de precipitado y esperar 5min.
- 5.- Verter el contenido del vaso de precipitado en tubos de ensaye y calibrar su peso en una balanza de doble plato para posteriormente centrifugar, después del centrifugado el sobrenadante se retira (el número de tubos de ensaye dependerán de la cantidad de la muestra).
- 6.- Volver a neutralizar la muestra agregando H₂O destilada (lavados), se calibra en la balanza de doble plato y se centrifuga, posteriormente se retira el sobrenadante. Durante los lavados es necesario agitar la muestra con un agitador mecánico o eléctrico para que dicha muestra se lave totalmente.

7.- Se neutralizan las muestras por tercera vez con H₂O destilada, agitar con un agitador mecánico o eléctrico y se calibra su peso con una balanza de doble plato, por ultimo se centrifuga y se retira el sobrenadante que haya quedado.

8.- Se repite el paso anterior las veces que sea necesarias hasta llegar a un pH neutro o de 7.

9.- Posteriormente el material suspendido se tamiza con una malla del # 100.

10.- Se vierte el contenido en 1 tubo de ensaye y se toman muestras con una pipeta Pasteur y sobre un portaobjetos depositar una gota, cubrirlos con un cubreobjetos y observar al microscopio (Hesse y Amots, 2000).

Técnica de HCL al 10%

1.-Moler una muestra de roca (15 a 30grs.) en un mortero procurando que la roca quede totalmente pulverizada. El material obtenido se deposita en un vaso de precipitado de vidrio.

2 Agregar a la muestra contenida en el vaso 200ml de HCL al 10 %, dejar reaccionar alrededor de 10min., agitando constantemente favoreciendo así el contacto de todo el sedimento con la solución HCL. Volver agregar dos o tres veces más la misma cantidad de HCL para completar la reacción.

3 Terminada la reacción se retira la parte liquida, el contenido del vaso se vierte en tubos de ensayo, se calibran en una balanza de doble plato y se centrifuga por 5 minutos a 1200rpm, se retira el sobrenadante.

4.- La muestra se lava con agua destilada a presión y se mueve el sedimento con ayuda de agitador mecánico. Este paso se repite aproximadamente 5 veces hasta lograr un pH neutro. El pH se medirá con bandas indicadoras directamente en la muestra.

6 - La solución neutra se pasa por un tamiz con malla del #200. El material que pase por la malla será recuperado en un crisol. El tubo se enjuagará nuevamente con agua destilada hasta recuperar el total del material adherido al tubo.

7.- El material recuperado en el crisol se vierte en un tubo de ensaye mas pequeño para centrifugar y retirar el exceso de H₂O destilada, de igual forma que el paso anterior se limpiara el crisol hasta estar seguros de recuperar todo el material. Al término de centrifugar se retira el sobrenadante, quedando así el material para montaje, un botón en el fondo del tubo de ensaye.

8.- El material que retuvo la malla también puede ser objeto de observación si así se dispone, para ello se procede a limpiar la malla por el lado posterior con agua destilada, recuperando todo el material en otro crisol de igual forma el material será vertido a un tubo de ensaye para ser centrifugado con el fin de retirar el exceso de liquido, quedando solo un pequeño botón en el fondo del tubo, listo para montaje en microscopio óptico.

Técnica de HF al 48%

1.-Moler una muestra de roca (15 a 30grs.) en un mortero procurando que la roca quede totalmente pulverizada. El material obtenido se deposita en un vaso de precipitado de plástico.

2 Agregar a la muestra contenida en el vaso 200ml de HF al 48 %, dejar reaccionar alrededor de 10min., agitando constantemente favoreciendo así el contacto de todo el sedimento con la solución HF. Volver agregar dos o tres veces más la misma cantidad de HF para completar la reacción.

3 Terminada la reacción se retira la parte líquida, el contenido del vaso se vierte en tubos de ensayo, se calibran en una balanza de doble plato y se centrifuga por 5 minutos a 1200rpm, se retira el sobrenadante.

4.- La muestra se lava con agua destilada a presión y se mueve el sedimento con ayuda de agitador mecánico. Este paso se repite aproximadamente 5 veces hasta lograr un pH neutro. El pH se medirá con bandas indicadoras directamente en la muestra.

6 - La solución neutra se pasa por un tamiz con malla del #200. El material que pase por la malla será recuperado en un crisol. El tubo se enjuagará nuevamente con agua destilada hasta recuperar el total del material adherido al tubo.

7.- El material recuperado en el crisol se vierte en un tubo de ensaye mas pequeño para centrifugar y retirar el exceso de H₂O destilada, de igual forma que el paso anterior se limpiara el crisol hasta estar seguros de recuperar todo el material. Al término de centrifugar se retira el sobrenadante, quedando así el material para montaje, un botón en el fondo del tubo de ensaye.

8.- El material que retuvo la malla también puede ser objeto de observación si así se dispone, para ello se procede a limpiar la malla por el lado posterior con agua destilada, recuperando todo el material en otro crisol de igual forma el material será vertido a un tubo de ensaye para ser centrifugado con el fin de retirar el exceso de líquido, quedando solo un pequeño botón en el fondo del tubo, listo para montaje en microscopio óptico.

APÉNDICE IV.

Fenograma 1: Matriz de datos correspondiente al análisis numérico de 20 especies del género *Brachyphyllum*.

1	31	20																		
	Oax	col	Gro	<i>B. macrocarpum</i>	<i>B. hond.</i>	<i>B. comancheum</i>	<i>B. ramosum</i>	<i>B. carpentieri</i>	<i>B. loorchii</i>	<i>B. lotenaense</i>	<i>B. hegewaldia</i>	<i>B. breffii</i>	<i>B. mamillare</i>	<i>B. petens</i>	<i>B. crucis</i>	<i>B. ardenicum</i>	<i>B. Brongniart</i>	<i>B. mucronatum</i>	<i>B. mirandai</i>	<i>B. irregulare</i>
long r >16 1	0	0	0	0	99	0	0	0	0	0	99	0	99	1	99	99	99	99	99	99
long r <8 2	2	2	2	0	99	2	0	2	2	2	99	2	99	0	99	99	99	99	99	99
long r 8-15 3	0	0	0	3	99	0	3	0	0	0	99	0	99	0	99	99	99	99	99	99
ancho ramaprim >.5 1	0	0	0	1	1	99	1	0	99	1	99	0	1	1	1	1	1	1	99	99
an rama prim <.5 2	2	2	2	0	0	99	0	2	99	0	99	2	0	0	0	0	0	0	99	99
lon hoja >.45 1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
lon hoja <.45 2	2	2	2	0	2	0	2	2	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	2
anch hoja1 >.40	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
ancho hoja2 <.40	2	2	2	0	0	0	2	2	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	2
*1 >30 1	0	0	0	0	99	99	99	1	1	99	99	99	99	1	99	99	99	1	1	99
*2 <30 2	2	2	2	2	99	99	99	0	0	99	99	99	99	0	99	99	99	0	0	99
romboidal 1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
trinagular 2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0
ovada 3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	3
ovd/rom 4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0
rect/trian 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
apc agudo 1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
apc redondeado 2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
obtusos 3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
recurvado 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
ag/red 5	0	0	0	5	5	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5
Estoma rep	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
No estoma subsidiarias 4-6 1	1	99	1	99	99	99	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	99	1	1	0
subsid s/n 2	0	99	0	99	99	99	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	99	0	0	2
presencia papilas 1	1	1	0	99	99	1	1	1	99	99	1	99	0	1	1	0	99	0	0	0
papilas ausentes 2	0	0	2	99	99	0	0	0	99	99	0	99	2	0	0	2	99	2	2	2
doble anillo papilas 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s/n doble anillo 2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
anillo florin 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s/ anillo florin 2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

APÉNDICE V:

Fenograma 2: Matriz de datos correspondiente al análisis numérico entre los géneros presentes dentro de las cuatro localidades en estudio.

1	27	4		
	COLIMA	OAXACA	CUALAC	HUAYACOCOTLA
<i>Brachyphyllum sp.</i> 1	1	1	1	1
<i>Otozamites sp.</i> Braun 1843 2	0	0	0	2
<i>O. cf. hennoquei</i> (Pomm) 3	0	0	0	3
<i>O. hespera</i> (G. R. Wieland) 4	0	4	4	4
<i>O. cf. pterophylloides</i> (Brongn?) 5	0	0	0	5
<i>Podozamites sp.</i> (F. Braun) 6	6	0	0	6
<i>Pterophyllum sp.</i> Brongniart 1828 7	0	0	0	7
<i>Pterophyllum propinquum</i> (Göepp) 8	0	0	0	8
<i>Ptilophyllum sp.</i> (Morris 1840) 9	0	0	9	9
<i>Sphenozamites sp.</i> Brongniart 1849 10	0	0	0	10
<i>Zamites sp.</i> Brongniart 1828 11	11	0	0	0
<i>Frenelopsis</i> 12	12	0	0	0
<i>Taxodium</i> 13	13	0	0	0
<i>Equisetum rajmahalense</i> 14	0	14	0	0
<i>Nilssonia macrophylla</i> 15	0	15	0	0
<i>Piazopteris branneri</i> 16	0	16	0	0
<i>Ptilophyllum acutifolium</i> 17	0	17	17	0
<i>Williamsonia natorsthi</i> 18	0	18	0	0
<i>Williamsonia netzahualcoyotlii</i> 19	0	19	0	0
<i>Zamites tribulosus</i> 20	0	20	0	0
<i>Zamites sp. cf. Z. feneonis</i> Brongniart 21	0	0	21	0
<i>Zamites lucerensis</i> 22	0	22	0	22
<i>Taeniopteris sp.</i> 23	0	23	0	0
<i>Pelourdea sp.</i> 24	0	24	0	0
<i>Sagenopteris sp.</i> 25	0	25	0	0
<i>Anomozamites sp.</i> 26	0	26	0	0
<i>Nilssonia sp.</i> 27	0	27	0	0