



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**Estudio de la paleoflora de una nueva
localidad del Jurásico Medio “Cañada
Alejandro” Formación Zorrillo.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

PRESENTA:

MIGUEL ANGEL FLORES BARRAGAN

ASESOR:

MARIA PATRICIA VELASCO DE LEÓN



2014

DEDICATORIA

MAMÁ Y PAPÁ

Ustedes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera. Que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga aún cuando todo se complicaba siguieron adelante, por eso y demás cosas este logro no solo es mío si no de los tres, los quiero.

VICTORIA, VERONICA, FRANCISCO Y JUAN

Tal vez no he sido el mejor hermano ni siquiera buen amigo, pero nunca olviden que los quiero y que si alguna vez me he sentido abatido ustedes han sido el motivo por el cual no me he dado por vencido, gracias por todo el apoyo que me han brindado y al igual que mis padres, siéntanse orgullosos de este gran logro que hemos conseguido juntos.

Dios no manda cosas imposibles, sino que, al mandar lo que manda, te invita a hacer lo que puedas y pedir lo que no puedas y te ayuda para que puedas.

San Agustín.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser parte de la máxima casa de estudios, prometo nunca defraudarla y poner en alto su nombre donde quiera que yo vaya.

A la Doctora Patricia Velasco de León. No tengo palabras para expresar mi total agradecimiento por todas las cosas que me a enseñado, gracias por sus consejos y ayuda en todo momento; y aunque a veces sea un impertinente nunca olvide que la respeto y admiro como profesionista y como persona, gracias por todo mi Fuhrer.

A la Maestra en Ciencia Erika Ortiz Martínez, por sus grandes aportaciones a esta tesis, porque siempre tuvo el tiempo de resolver mis dudas y además que, por lo poco que conviví con usted no me cabe la menor duda que es una gran persona. Gracias por todo.

Al profesor Rigoberto Rodríguez Becerra por sus aportes en este escrito y aguantar mis tonterías tanto en campo como en la colección, muchas gracias por todo profesor.

A la Doctora Graciela Alejandrina Ávila Ortiz y al Maestro en Ciencias Carlos Pérez Malvárez por la revisión del manuscrito y sus acertados comentarios.

A mis sobrinos que me han dado muchos momentos de gran alegría. Giovanna, Jesús, América, Fanni, Juan Francisco, Andrés, Angel, Fatima, Helena, Juan Miguel.

A mi equipo de laboratorio de paleontología, Danae, Diego, Daniel, Diana, Elizabeth, Gloria, Irán, Pedro, Sebastián, gracias por brindarme su amistad durante este periodo que estuve con ustedes, me llevo grandes experiencias; tanto en el laboratorio como en campo me divertí y aprendí mucho, valen mil we nunca cambien.

Ana Laura no tengo palabras para agradecerte todo este tiempo que has estado a mi lado, gracias por tus palabras de apoyo y también los regaños, todo eso me ha echo ser una mejor persona, te quiero amiga.

Juan Carlos, gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas y por ser un verdadero amigo estando sobrio y pedo jeje, se te agradece todo.

Pamela, detrás de esa facha de chica mala que te cargas hedescubierto una muy sensible y maravillosa persona, te agradezco por estar conmigo en un sinfín de pendejadas y las que nos faltan, muchas gracias por todo.

Arcelia porque gracias a tu amistad me he fortalecido y he crecido como persona, hemos pasado muy buenos momentos y espero que eso nos hayan sido los últimos, mención aparte es que me hayas presentado a un gran buen amigo, como lo es pepe, que es una persona muy chida, los aprecio mucho a los dos amigos y gracias por todo.

Lupe, mi pumba, gracias por aguantarme se te aprecia mucho, espero que esta amistad no acabe pronto.

Rachel alias Leónidas, porque contigo pase momentos inolvidables, espero que sigas luchando por tus sueños y nunca te des por vencida eres una gran persona, gracias por todo amiga.

Elizabeth porque gracias a ti estos últimos semestres de la carrera fueron maravillosos, eres una persona como pocas, gracias por brindarme tu amistad y por permitirme estar a tu lado en las buenas y en las malas, se te quiere mucha amiga.

Iraniki gracias por estar ahí para escuchar mis traumas, eres una persona a la cual estimo mucho, eres una persona única y te mereces lo mejor y no dejes que nunca nadie te diga lo contrario, gracias por todo amiga.

Daniel gracias por todo amigo, con el poco tiempo que llevo conociéndote eh llegado a estimarte mucho, gracias por ayudarme en todo lo que has podido, tanto en lo académico como en lo personal, gracias por todo we.

Liseth y Sarahi, son unas personas maravillosas, con sus ocurrencias eh pasado maravillosos momentos, espero que nuestra amistad siga prosperando, gracias por todo amigas.

Fernanda, Israel y Gisel, aunque los eh abandonado un poco creo que nuestra amistad sigue intacta y lo seguirá siendo por los siglos de los siglos jeje, gracias por todo amigos.

Agradezco a las demás personas, que formaron parte en algún momento de mi estancia de la FES Zaragoza y les agradezco por brindarme su amistad; Sarah, Wendy, Ricardo, Aldo, Omar, Adal, Mónica, Oscar, Raúl.

Índice	Página
1.- Resumen	1
2.-Introducción	3
3.-Marco teórico	4
3.1.-Cycadofitas	5
3.2.-Cycadeoidales	5
3.3.-Cycadales	7
3.4.-Pteridophyta	7
3.5.-Nomenclatura de plantas fósiles	7
3.6.-Clima	8
3.7.-Análisis de Conglomerado	11
3.8.-Índice de similitud	11
3.9.-Índice de disimilitud	12
4.-Antecedentes	13
5.-Justificación	13
6.-Objetivos	14
7.-Zona de estudio	15
8.-Método	18
8.1.-Campo	18
8.2.-Identificación	18
8.3.-Área foliar	21
8.4.-Análisis estadístico	21

9.-Resultados y Análisis de resultados	22
9.1.-Riqueza y Abundancia zona Las Mesas	22
9.2.-Riqueza y Abundancia zona La Carretera	29
9.3.-Área Foliar	32
9.4.- <i>Otozamites</i>	34
9.5.- <i>Zamites</i>	44
9.6.-Análisis de Agrupamiento	57
9.7.-Curva de acumulación	60
10.-Conclusiones	61
11.-Bibliografía	62
Figura 1.-Cambios de la flora mundial durante el Paleozoico- Mesozoico	5
Figura 2.-Tipos de biomas propuestos por Willis y McElwin para el Jurásico	10
Figura 3.-Mapa de la zona de estudio	15
Figura 4.-Columna estratigráfica de la localidad Cañada Alejandro	17
Figura 5.-Formas de las pinnas dentro del orden de las Cycadeoidales	19
Figura 6.-Caracteres tomados para la identificación de la Cycadeoidales	19
Figura 7.-Tipo de venación encontrada en las Gimnospermas	20
Figura 8.-Caracteres tomados para la identificación de los helechos	20
Figura 9.-Porcentaje de los órdenes encontrados en la zona, Las Mesas	23
Figura 10.-Porcentaje de cada género de las Cycadeoidales en las Mesas	24
Figura 11.-Imagen de <i>Williamsoniella</i>	24
Figura 12.-Imagen del género <i>Sphenarion</i>	25

Figura 13.-Imagen del género <i>Heidiphyllum</i>	26
Figura 14.- Porcentaje de los órdenes encontrados en la zona, La Carretera	30
Figura 15.-Porcentaje de cada género encontrado en la zona, La Carretera	31
Figura 16.-Porcentaje de cada especie y morfotaxa en el género <i>Otozamites</i>	34
Figura 17.-Fenograma correspondiente a las especies del género <i>Otozamites</i>	37
Figura 18.-Análisis de componentes principales del género <i>Otozamites</i>	38
Figura 19.-Imagen del morfotaxa uno, perteneciente a <i>Otozamites</i>	41
Figura 20.- Imagen del morfotaxa dos, perteneciente a <i>Otozamites</i>	42
Figura 21.- Imagen del morfotaxa tres, perteneciente a <i>Otozamites</i>	43
Figura 22.-Porcentaje de cada especie y morfotaxa en el género <i>Zamites</i>	44
Figura 23.- Fenograma correspondiente a las especies del género <i>Zamites</i>	47
Figura 24.-Análisis de componentes principales del género <i>Zamites</i>	48
Figura 25.-Imagen del morfotaxa uno, perteneciente a <i>Zamites</i>	51
Figura 26.-Imagen del morfotaxa dos, perteneciente a <i>Zamites</i>	52
Figura 27.-Imagen del morfotaxa tres, perteneciente a <i>Zamites</i>	53
Figura 28.-Imagen del morfotaxa cuatro, perteneciente a <i>Zamites</i>	54
Figura 29.-Imagen del morfotaxa cinco, perteneciente a <i>Zamites</i>	55
Figura 30.-Imagen del morfotaxa seis, perteneciente a <i>Zamites</i>	56
Figura 31.-Fenograma de los listados florísticos	59
Figura 32.-Curva de acumulación	60
Tabla 1.- Categorías foliares propuestas por Ortiz et al	21
Tabla 2.-Total de especies identificadas en la zona Las Mesas	28
Tabla 3.-Géneros determinados como sp o morfotaxa en la zona Las Mesas	29
Tabla 4.- Total de especies identificadas en la zona La Carretera	32
Tabla 5.-Porcentajes obtenidos para cada una de las categorías foliares	33
Tabla 6.-Caracteres utilizados para el análisis de agrupamiento en <i>Otozamites</i>	35

Tabla 7.-Datos del análisis de componentes principales para <i>Otozamites</i>	39
Tabla 8.-Porcentaje de variación acumulada para el género <i>Otozamites</i>	39
Tabla 9.- Caracteres utilizados para el análisis de agrupamiento en <i>Zamites</i>	45
Tabla 10.-Datos del análisis de componentes principales para <i>Zamites</i>	49
Tabla 11.-Porcentaje de variación acumulada para el género <i>Zamites</i>	50

1.-RESUMEN

Este trabajo tiene la finalidad de identificar los fósiles de la localidad Cañada Alejandro, perteneciente a la Formación Zorrillo, además de proponer el ambiente en la región durante el Jurásico Medio a partir de fisiología foliar, abundancia, riqueza y litología proponer el ambiente en la región durante el Jurásico Medio. Esta localidad aflora en los alrededores del poblado de la Heroica Ciudad de Tlaxiaco, Oaxaca; comprende dos zonas de colecta (Las Mesas y La Carretera) las cuales tienen floras distintas, sin embargo en las dos se tiene gran variedad de Cycadeoidales sobre todo los Géneros *Zamites* (Brongniar) y *Otozamites* (Braun).

Para realizar estos objetivos se realizaron cinco salidas a campo, el primer sitio de colecta se localiza en un delgado horizonte compuesto por lutitas y areniscas de grano fino no mayor a 50 cm; esta zona se denominó “La Carretera”, en esta zona se tuvo un total de total de nueve géneros, cinco pertenecen al orden de las Cycadeoidales, el más abundante es el género *Zamites*, le sigue *Mexiglosa* (Pearson y Delevoryas). Por debajo de estos estratos a dos metros se encuentra un segundo sitio de colecta denominado “Las Mesas” donde el material es más abundante, en esta zona se determinaron un total de 22 géneros, ocho pertenecen al orden Cycadeoidales, el más abundante fue el Género *Zamites*, estos ejemplares se localizaron en estratos de lutita de unos 30 cm de espesor, también se obtuvieron nuevos reportes para la República Mexicana, estos son los casos de los géneros *Williamsoniella* (Thomas), *Sphenarion* (Harris y Miller) y *Heidiphyllum* (Retallack).

El análisis de área foliar indica que la mayor abundancia corresponde a microfila II lo cual lo cual nos indicaría un clima cálido-húmedo, probablemente con temporadas bien marcadas de lluvia y otras de estrés hídrico.

Muchas de las hojas pertenecientes a los géneros *Zamites* (cinco morfotaxa) y *Otozamites* (tres morfotaxa) no tienen similitud con las especies reportadas para México, por lo que se propone que se podrían tratar de nuevas especies o variedades.

En cuanto a la comparación con otras localidades, Rio Ñumi y Olinala por medio de un análisis numérico muestra una pobre similitud entre estas tres localidades, lo que

demuestra que durante a lo largo de esta época, y por consiguiente de la Formación Zorrillo, hubo gran heterogeneidad en los ambientes dominantes en estas zonas.

2.-INTRODUCCIÓN

La paleobotánica ha sido considerada como una ciencia interdisciplinaria que se relaciona con la geología y la botánica, insustituible para el entendimiento cabal de las plantas, su historia evolutiva y sus extinciones, pues aporta información sobre diversidad, distribución e interacciones que trasciende los resultados de las extrapolaciones posibles a partir de las plantas y los ecosistemas actuales (López y Cerón, 2007).

El mayor aporte de información para el área de la paleobotánica la proporcionan los fósiles; el registro fósil está constituido por una gran variedad de evidencias de vida pretérita: restos esqueléticos, impresiones de estructuras orgánicas en rocas o sedimentos, o bien evidencias de actividad orgánica (huellas, galerías, coprolitos, entre otras) (Tovar y Rivera, 1997). En México se tiene un amplio registro fósil de la flora que vivió durante el Mesozoico, sobre todo el perteneciente al periodo Jurásico (Silva-Pineda, 1984).

La investigación sobre plantas jurásicas en México comenzó a principios del siglo pasado, Wieland, a invitación del entonces Director del Instituto de Geología G. Aguilera, elaboró una monografía sobre la flora del Jurásico Medio de la Mixteca Alta de Oaxaca, publicada en 1914 nombrando un total de 53 especies, las identificaciones de Wieland fueron revisadas por Person y Delevoryas (1982) quienes solo validan una parte de sus especies pues la mayoría carecen de descripción fiable, finalmente Silva-Pineda (1984) vuelve a estudiar esta flora fósil reduciendo las especies a poco más de la mitad propuestas por Wieland.

En este trabajo siguiendo esta línea de investigación se estudia el material fósil perteneciente a la Localidad de la Formación Zorrillo “Cañada Alejandro” la cual tiene una edad de Jurásico Medio; el análisis de esta nueva localidad incrementara el registro y el conocimiento de la diversidad de la flora y el paleoclima que hubo en la región durante este periodo.

3.-MARCO TEÓRICO

Durante el Triásico (primer período de la era mesozoica) se da un cambio en las floras alrededor del mundo, las Cordaitales, Filicopsidas y Lycopsidas dejan de ser los componentes principales de las floras (Figura 1), tomando su lugar las Cycadas, Cycadeoidales, Ginkgos y Coníferas (Willis y McElwin, 2002).

El Jurásico tuvo una duración a partir de 199.6 millones de años hasta hace 145.5 millones de años. Se divide en tres épocas; Inferior, Medio y Superior. El Inferior duro desde hace 199.6 millones de años hasta hace 175.6 millones de años. El Medio (la edad de la localidad Cañada Alejandro.) inicio hace 175.6 millones de años hasta 161.2 millones de años. El Superior desde 161.2 hasta hace 145.5 millones de años (International Stratigraphic 2013).

Entre el limite Jurásico-Cretácico no se da ningún cambio brusco en los componentes de flora o fauna, pero a mediados de este periodo se da la aparición y su espectacular crecimiento por parte de las plantas con flores las Angiosperma, llegando a ser el grupo dominante, desplazando a las gimnospermas de muchos nichos ecológicos que antiguamente dominaban (Gass, et al, 1980).

El registro fósil más abundante en la República Mexicana pertenece al periodo Jurásico, sobre todo el correspondiente a las épocas Inferior y Medio (Silva Pineda, 1984). Durante este tiempo las comunidades florísticas estuvieron dominadas por las gimnospermas, las más abundantes fueron las Cycadofitas y en menor medida las Coniferofitas (Silva Pineda, 1978). Por otro lado parece ser que un componente importante de la vegetación herbácea fueron los helechos.

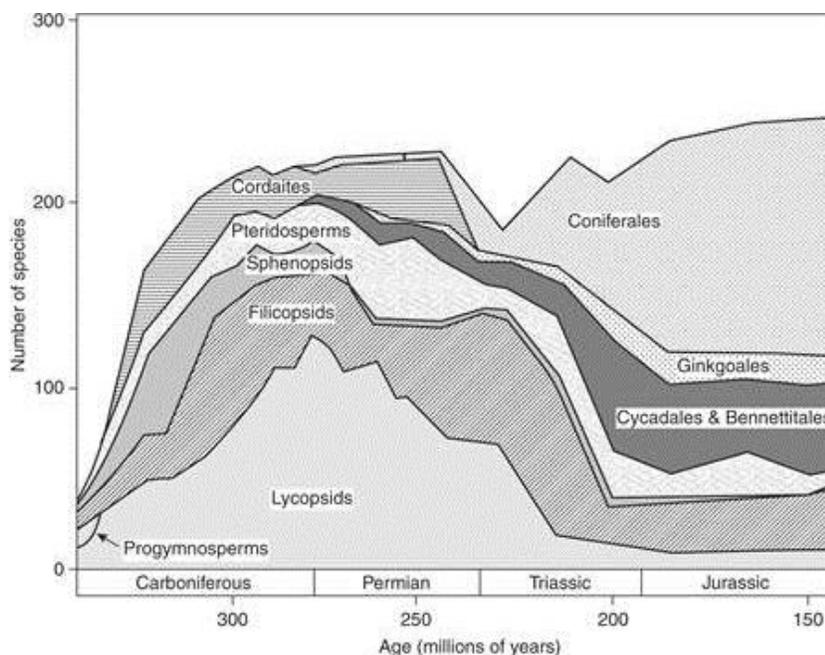


Figura 1. Cambios en la flora mundial a finales del Paleozoico y principios del Mesozoico. Tomado de Willis y McElwain 2002.

3.1.-División, Cycadofitas

Este grupo de gimnospermas tiene generalmente hojas compuestas, posee órganos reproductores parecidos a conos y además de poseer troncos que generalmente no están ramificados, siguiendo la clasificación de Meyen comprende cuatro órdenes, las Cycadales, Cycadeoidales, Lagenostomales y Trigonocarpales, en este trabajo se mencionara principalmente de los dos primeros órdenes, ya que los dos últimos son comunes y característicos del Paleozoico (Taylor et al, 2009).

3.2.-Orden, Cycadeoidales

Las plantas que se incluyen en las Bennettiales o Cycadeoidales es un grupo importante dentro del registro fósil de las gimnospermas, sus hojas son parecidas a las de las Cycadales tanto en forma estructura y venación, excepto por la presencia de estomas sindetoquéricos en las Cycadeodales, mientras que en las Cycadales se tiene estomas haplocélicos (Taylor et al, 2009).

Se extienden desde el Triásico hasta el Cretácico y estuvieron distribuidas en ambos hemisferios; entre sus características destaca: troncos columnares de casi dos metros de altura (al menos para *Williamsoniaceae* y *Wielandiellaceae*) y troncos de forma esférica y de hasta 50 cm de diámetro para las *Cycadeoidaceae*; además de poseer hojas compuestas presentes en los ápices de los troncos, en cuanto a estructuras reproductoras están pueden ser unisexuales o bisexuales, estos conos están protegidos por varias brácteas (Bhatnagar, 1996). El orden de las *Cycadeoidales* comprende tres familias:

Familia: *Williamsoniaceae* (Williamson). En esta familia se agrupan estructuras reproductoras denominadas conos, así como troncos de hasta dos metros de longitud que se ramifican dicotómicamente, sus hojas se ubican dentro de diferentes géneros como lo son *Ptilophyllum*, *Pterophyllum*, *Otozamites* y *Zamites* las cuales cuentan con hojas pinnadas y margen y venas paralelas (algunas veces suelen ser dicotómicas) (Bhatnagar, 1996).

Familia: *Wielandiellaceae* (Thomas). Incluye dos géneros *Williamsoniella* (Thomas) del Jurásico de Yorkshire y *Wielandiella* del Jurásico de Suecia, el género *Williamsoniella* consiste en cuatro especies de las cuales *W. coronata* (es el mejor estudiado), consta de un tronco largo de hasta metro y medio de largo dicotómicamente ramificado, sus posibles hojas ubicadas dentro del género *Nilssoniopteris* (Nathorst) median 20 cm de largo y tres centímetros de ancho, mostrando una nervadura central con venación paralela, la flor bisexual está presente en el extremo de las ramas. *Wielandiella* (Nathorst) se caracteriza por tener tallos que muestran falsas dicotomías los cuales son esbeltos y de tipo herbáceo, tenían un diámetro de unos 1.5 cm (Bhatnagar, 1996).

Familia: *Cycadeoidaceae* (Buckland). En esta familia se encuentran alrededor de 30 especies de troncos que se ubican durante el Jurásico y Cretácico, se tiene registros en América del norte, Europa e India, estos troncos son de forma ovoide y podían tener hasta 60 cm de diámetro. (Bhatnagar, 1996).

3.3.-Orden Cycadales

Este orden de plantas vasculares tiene su origen en el Carbonífero Superior y alcanza su esplendor a mediados del Mesozoico, para declinar constantemente durante el Cretácico y Paleógeno (Scagel et al; 1980). Generalmente las Cycadas tienen forma de pequeñas palmeras, con hojas enteras o pinnadas y fructificaciones unisexuadas dispuestas apicalmente, además de tener granos de polen monosulcados (Villar de Seoane, 1997). Actualmente su distribución se restringe a zonas tropicales y subtropicales (Scagel et al, 1980). En el registro fósil de México está representado por los géneros *Taeniopteris* (Brongniart) y *Cycadolepis* (Saporta) (Silva Pineda, 1984).

3.4.-División, Pteridophyta

En esta súper división se agrupan a los helechos y afines (como Equisetopsida y Lycophyta) Se nombran Petidophytas a las plantas terrestres vasculares que liberan esporas y requieren agua para la fecundación, por lo que tienen una distribución restringida. Aparecieron a principios del Devónico y tuvieron su esplendor durante el Carbonífero, en el Mesozoico siguen siendo componentes importantes de las floras, pero ya a finales de esta era va disminuyendo en número de especies hasta la actualidad (Montes, 2009).

3.5.-NOMENCLATURA DE PLANTAS FÓSILES

La sistemática tiene la facultad de clasificar, nombrar y determinar las relaciones evolutivas del taxón (en latín el plural de taxón es taxa); es un nombre general para indicar cualquier categoría taxonómica (especie, género, familia). Dentro de la sistemática, la taxonomía se encarga del proceso de describir y clasificar organismos (Taylor et al, 2009).

En el registro fósil pocas veces son encontrados organismos completos, en su mayoría se encuentran partes desarticuladas de los mismos, por lo que en varios casos, diferentes partes de un organismo (conos, cortezas, hojas) son asignados a géneros distintos, a estos casos anteriormente se les denominaba “géneros forma” (Taylor et al, 2009), en la

actualidad siguiendo el código de clasificación de la International Code of Botanical Nomenclature (ICBN) es preferible nombrarlos morfotaxón (Taylor et al, 2009).

Un ejemplo de morfotaxón son los géneros de follaje que son atribuidos a la familia de las Williamsoniaceae basado en anatomía epidérmica y en la morfología de los segmentos de la hoja (también llamados pinnulas) (Taylor et al, 2009).

En la flora de México las Williamsoniaceae están representadas mayoritariamente por tres géneros, *Zamites* (Brongniar), *Otozamites* (Braun) y *Ptylophyllum* (Morris). La separación entre ellos es difícil si no se cuentan con estructuras cuticulares (Harris 1969). Sin embargo, Pearson y Delevoryas (1982) las separan a partir de la base de las pinnas, y por la forma que estas se insertan al raquis.

Género, *Otozamites*: Se distingue por la presencia de una base foliar asimétrica en sus pinnas, generalmente con margen acroscópico más desarrollado que el basiscópico, las venas que irradian desde un solo punto tienden a curvarse en el lado acroscópico (Pearson y Delevoryas, 1982).

Género, *Zamites*: Comúnmente cuenta con base simétrica y se unen al raquis por la parte media de la base. (Silva Pineda, 1984).

Género, *Ptylophyllum*: La característica que lo distingue recae en que la pina es decurrente en la parte basiscópica de la misma, además de que se une por toda la base al raquis a diferencia de las dos anteriores que lo hacen por un solo punto (Figura 5) (Pearson y Delevoryas, 1982).

3.6.-CLIMA

Gibbs (1987) define al clima como “la probabilidad estadística de ocurrencia de los distintos estados de la atmósfera (presión, humedad, temperatura, viento, etc.) sobre una localidad o región dada, durante un periodo cronológico determinado,” para el estudio de

climas pretéritos se puede analizar las adaptaciones que tienen los organismos a diferentes condiciones climáticas, entre ellos resalta las adaptaciones de las plantas.

La distribución de la vegetación en el pasado, al igual que hoy en día, estuvo controlada en gran medida por factores ambientales como es el clima, topografía, tipo de suelo etc. por lo cual el estudio de su morfología es un buen indicador del clima en el que se desarrollaron (Silva Pineda, 1984).

El tamaño de la hoja es uno de los caracteres adaptativos al clima mejor estudiado, pues controla la temperatura en la superficie de la lámina (Givinish, 1979). Hojas grandes o con amplias áreas foliares expuestas se localizan en ambientes de climas templados y húmedos, hojas de áreas foliares reducidas tienden a presentarse en ambientes secos o soleados (Givinish, 1979); estas relaciones han sido estudiadas ampliamente en las angiospermas y relativamente poco en las gimnospermas, sin embargo Ortiz et al (2013) propone siete categorías foliares (estas se obtienen a partir del largo por ancho de la hoja o pinna por un factor de corrección) las cuales permiten inferir el tipo de clima dominante durante cierto intervalo de tiempo; donde mientras más grande sea el área foliar obtenido mayor grado de humedad fue al que estuvo expuesta.

Algo parecido proponen para el Jurásico Willis y McElwin (2002) los cuales proponen sus cinco biomas a partir de los registros fósiles alrededor del mundo (hojas, troncos), tomando en cuenta los diferentes grupos de plantas que se encuentran en cada región (Figura 2), como se indica a continuación.

Bioma Templado Frio: Define las zonas de altas latitudes a más de 60°, se caracteriza por poca diversidad de especies y ambientes dominados por macro-coníferas (hoja grande).

Bioma templado Cálido: Este tipo de bioma se ubica entre los 60° y los 40° se caracteriza por una alta diversidad de la flora compuesta principalmente por Filicales, Sphenopsidas, cycadas y coníferas, en menor medida se encuentran las Ginkgoales.

Bioma Frío Húmedo: Posiblemente este tipo de bioma era similar al encontrado hoy en día en la región del mediterráneo, estos sitios estuvieron dominados por micro-cycadas (hoja chica) Cycadeoidales y coníferas, con algunos helechos y Sphenopsidas.

Bioma Subtropical Desértico: Caracterizada por poca o nula presencia de flora en esta región.

Bioma Tropical: En este bioma se encuentra gran cantidad de Cycadeoidales, helechos, y coníferas, las cycadas son un componente raro en estas floras, es la zona que se localiza cerca del ecuador.

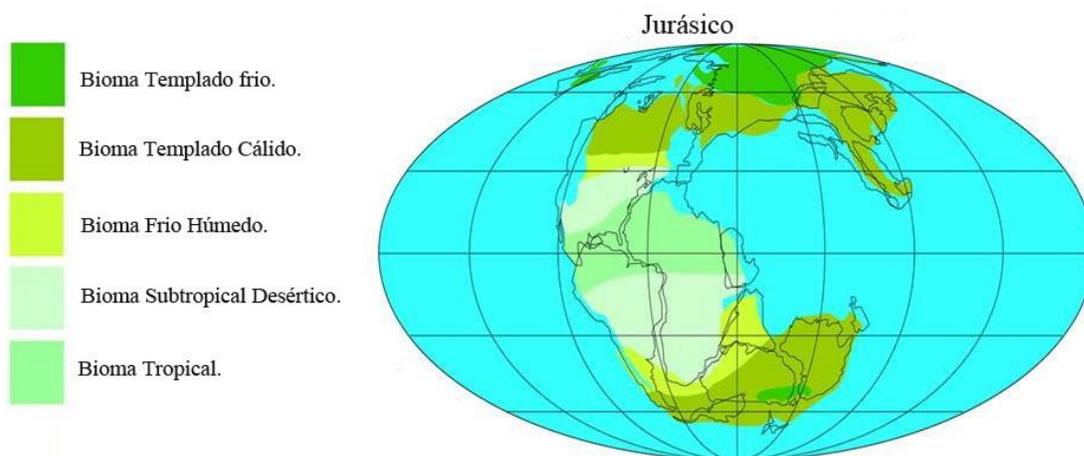


Figura 2. Tipos de biomas propuestos por Willis y McElwain (2002) durante el Jurásico.

Para entender mejor la distribución de las plantas en el pasado se aplican análisis Estadísticos multivariados (análisis de conglomerados y componentes principales) empleadas en la ecología actual que pueden comparar su similitud o disimilitud y permiten proponer si se desarrollaron en condiciones semejantes.

3.7.-ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS O CLUSTER

Se entiende por técnicas numéricas a la rama de la taxonomía numérica que mediante operaciones matemáticas, calcula la afinidad, entre unidades taxonómicas con base al estado de sus caracteres (Crisci y López, 1983). El análisis cluster es un conjunto de métodos o técnicas estadísticas que permiten describir y reconocer diferentes agrupaciones que subyacen en un conjunto de individuos o unidades de observación, es decir, permiten clasificar o dividir en grupos más o menos homogéneos, un conjunto de individuos que están definidos por diferentes variables. El objetivo principal del análisis de conglomerados consiste, por tanto, en conseguir una o más particiones de un conjunto de individuos con base a la similitud entre los mismos. Estas características estarán definidas por las puntuaciones que cada uno de ellos tiene con relación a diferentes variables (Mariel, 2008). Partiendo de lo que se desea realizar se pueden utilizar coeficientes de similitud o disimilitud, cabe resaltar que el conjunto de taxones, o áreas a estudiar se denomina Unidades Taxonómicas Operativas (Otu's).

3.8.-ÍNDICE DE SIMILITUD

Existen varios criterios de igualdad expresado en los “índices de similitud”, que son una manera de medir la semejanza entre dos conjuntos de taxa, áreas o biotas. Los índices de similitud se expresan mediante fórmulas. Si se concibe a una región geográfica como el conjunto de taxones que habitan en ella, entonces un índice de similitud permite medir la semejanza entre dos regiones o áreas geográficas en términos de los taxones que contienen. (Murguía y Rojas, 2001).

En general se sigue el criterio de que entre mayor sea el número de taxones en común entre dos áreas geográficas, mayor es su similitud (Murguía y Rojas, 2001). Existen diferentes índices para cuantificar la similitud, una expresión matemática muy simple para expresar la semejanza entre comunidades es el coeficiente propuesto por Jaccard (índice de Jaccard). Este índice se basa en la relación de presencias entre el número de especies comunes en dos

áreas (o comunidades) y en el número total de especies (Badii et al, 2007). Este índice se expresa de la siguiente manera: $ISJ = [c / (a+b+c)] 100$, Donde ISJ = Índice de Semejanza de Jaccard, a = número de especies exclusivas de la comunidad A, b = número de especies exclusivas de la comunidad b, y c = número de especies comunes para ambas comunidades (Badii et al, 2007). Es recomendable el uso del índice de Jaccard cuando se trabaja con datos doble estado (presencia y ausencia) ya que no considera a la ausencia del carácter comparado dentro del análisis como elemento a favor de la similitud (Sneath y Sokal, 1973).

3.8.-ÍNDICE DE DISTANCIA (DISIMILITUD)

Se da, en general, el nombre de índice distancia o disimilaridad a aquellos que miden el grado de disimilitud, entre ambos objetos o individuos, en relación a un cierto número de caracteres cuantitativo y/o cualitativo (Crisci y López, 1983).

Los coeficientes de distancia son las funciones que toman sus valores máximos para dos objetos que son completamente diferentes, y 0 para dos objetos que son idénticos (Prieto, 2006). En este tipo de índices se aplica fundamentalmente a variables cuantitativas, algunos de los coeficientes más utilizados son los de distancia euclidiana, distancia taxonómica y distancia de Manhattan o absoluta (Sneath y Sokal, 1973).

La distancia Euclidiana, es una medida de disimilitud, pues es la raíz de la suma de las diferencias al cuadrado entre los vectores de los actores, es decir, las columnas de la matriz de adyacencia (Sneath y Sokal, 1973). En la actualidad estos tipos de análisis se pueden efectuar con la ayuda de algún software, en este caso se maneja NTSYS 2.1 (de taxonomía numérica) es un programa que se utiliza para buscar y mostrar la estructura de datos multivariados. El programa fue desarrollado originalmente para el uso en biología para el área de la taxonomía numérica, pero también se puede utilizar para estudios genéticos o de poblaciones.

Cuando se emplea un análisis numérico es aconsejable usar más de uno, con el objetivo de minimizar los efectos metodológicos por lo anterior es común emplear análisis de

Agrupamiento y de Componentes Principales aplicados a la misma base de datos. El análisis de Agrupamiento, como su nombre lo infiere, agrupa por parecido fenético a las Otu's analizadas, mientras que el análisis de Componentes Principales permite hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia (Crisci y López, 1983).

4.-ANTECEDENTES

Las condiciones geológicas del Jurásico Temprano y Medio de México favorecieron el origen de yacimientos con flora fósil, con una distribución geográfica amplia, desde Guerrero, Oaxaca hasta Veracruz y Tamaulipas (Weber, 2011). La mayoría de las Formaciones del Jurásico Medio pertenecen al Grupo Tecocoyunca (en geología un grupo es la unión de varias formaciones, si las características litológicas así lo requieren) este grupo fue propuesto en 1950 por Guzmán, se trata de secuencia de estratos que en su parte inferior corresponden a ambientes continentales, mientras que en la parte media encontramos intercalaciones de ambientes continentales y marinos, para terminar en su parte superior en ambientes meramente marinos (Erben, 1956).

Para la Formación Zorrillo (objeto de este estudio) no hay estudios centrados en la flora fósil, sin embargo sí hay trabajos correspondientes a la Formación Zorrillo-Taberna indiferenciada la cual se encuentra a pocos kilómetros de la localidad Cañada Alejandro (Lozano-Carmona, 2013)

La Formación Zorrillo-Taberna indiferenciada es propuesta por Carrasco-Ramírez en 1981, conjunta a estas dos formaciones, ya que presentan un notable parecido en litologías e incluyendo su relación transicional que hace difícil su reconocimiento fuera de las localidades tipo (Corro y Ruiz, 2011).

La Formación Zorrillo-Taberna indiferenciada aflora muy cerca de la rivera del Río Ñumi y se hace extensivo a los cuerpos litológicos y estratigráficamente similares que se encuentran fuera de esta zona (Corro y Ruiz, 2011). En 2013 Lozano-Carmona realiza un trabajo taxonómico y tafonómico sobre la flora de río Ñumi determinando un total de 415 fósiles, con una diversidad de 21 géneros, 37 especies y nueve morfotaxa.

5.-JUSTIFICACIÓN

Aún falta por explorar muchas Formaciones en México de diferentes edades, en busca de yacimientos fosilíferos, que aporten mayor información sobre ambientes y diversidad en el Jurásico continental. Esta nueva localidad nombrada “Cañada Alejandro” difiere en la litología y en los taxa descritos en la literatura especializada sobre la flora fósil de Oaxaca, por lo que es importante conocer la paleoflora que vivió en esta zona durante el Jurásico Medio.

6.-OBJETIVO GENERAL

- Estudiar la diversidad de la flora fósil de esta localidad y a partir de su fisonomía foliar, abundancia, riqueza y litología proponer el ambiente y clima existente, en la región durante el Jurásico Medio.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar taxonómicamente los fósiles recolectados de la localidad.
- Analizar la variabilidad de los géneros *Otozamites* y *Zamites*.
- Conocer la abundancia y riqueza de especies en la zona.
- Inferir el paleoclima para la zona de estudio durante el Jurásico Medio.
- Comparar el listado florístico con otras localidades pertenecientes a la Formación Zorrillo y Grupo Tecocoyunca presentes también en el Jurásico Medio.

7.-ZONA DE ESTUDIO

El material a examinar pertenece a la Formación Zorrillo, propuesta por Erben (1956). Predominan en esta formación areniscas de grano fino a medio y limolitas, en ocasiones con estratificación cruzada; en general los estratos son delgados. También presenta limolitas grises amarillentas finas que contienen gran número de plantas terrestres fósiles, lutitas carbonosas y mantos de carbón.

La localidad tipo se ubica en el lugar llamado la loma del Zorrillo, en la Barranca del Carrizo al noreste de San Juan Diquiyú, Tezoatlán Oaxaca (Erben, 1956). A esta Formación se le ha propuesto una edad de Bajociano con base en su posición estratigráfica. (Erben, 1956). El espesor de esta formación varía entre 20-80 m (Erben, 1956).

Otro afloramiento de esta Formación corresponde a la localidad Cañada Alejandro que aflora a los alrededores del poblado de la Heroica Ciudad de Tlaxiaco (Figura 3), las coordenadas de la localidad son, 17°26'63" Longitud Oeste y 97°44'22" Latitud Norte.



Figura 3. Mapa de la ubicación de la zona de estudio.

En la localidad, los fósiles se localizan en el anticlinal que mide de ancho 12 metros, los estratos tienen una inclinación de 20° a 30°, los cuales sufrieron movimientos bruscos puesto que se observan pliegues en chevron y marcas de deslizamiento. El primer sitio de colecta se localiza en un delgado horizonte compuesto por lutitas y areniscas de grano fino no mayor a 50 cm; esta zona se denominó “La Carretera”.

Por debajo de estos estratos a dos metros se encuentra un segundo sitio de colecta denominado “Las Mesas” donde el material es más abundante, estos fósiles se localizaron en estratos de lutita de unos 30 cm de espesor, en la Figura 4 se muestra la secuencia de estos estratos; en la base de la columna (figura 4) se localiza delgados estratos de carbón con diferentes grados de madurez, este sitio se denominó “Rio Chiquito” donde se recolectaron hojas de Cycadeoidales y estructuras reproductoras.

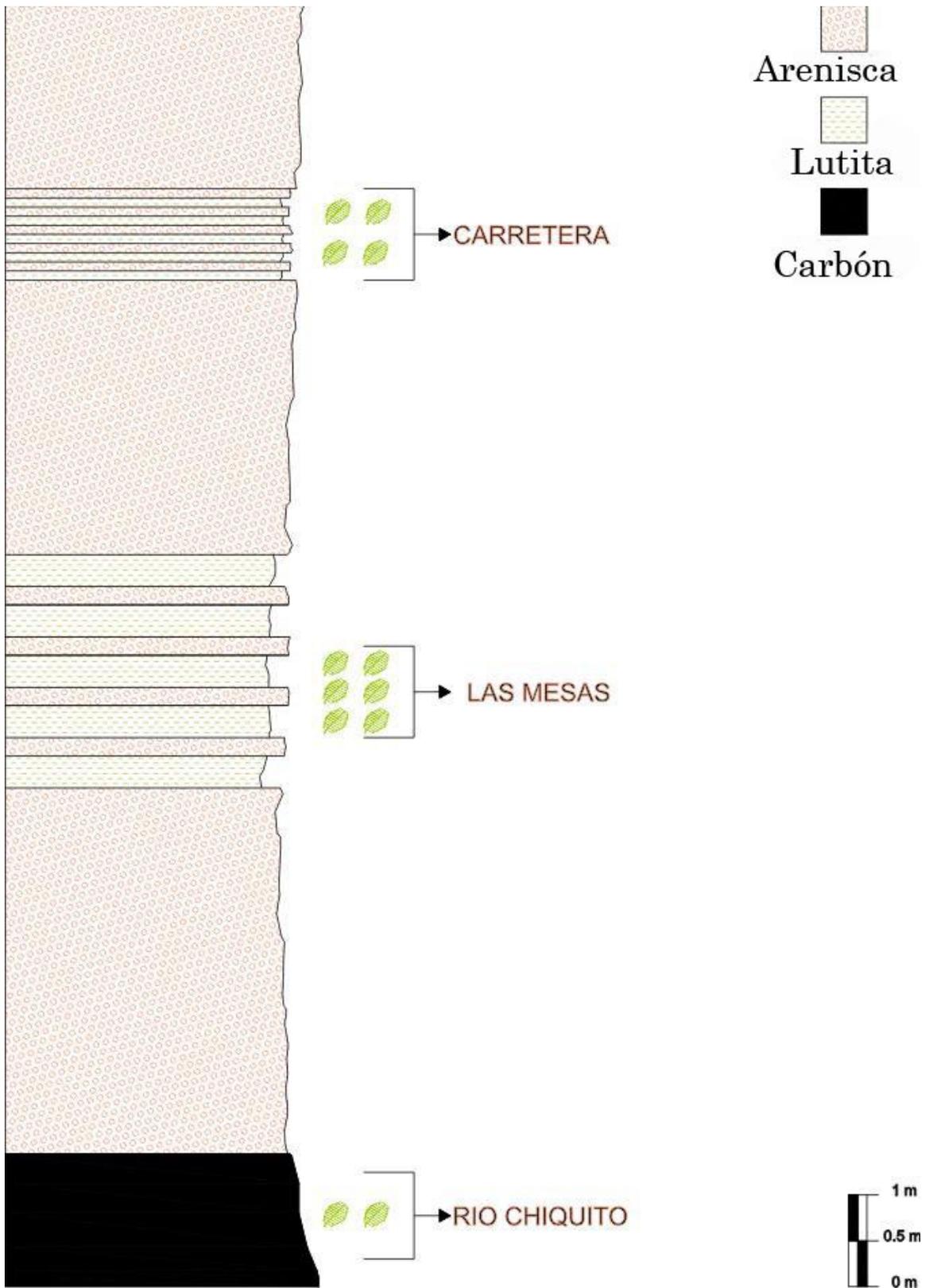


Figura 4. Columna estratigráfica de la localidad Cañada Alejandro, se muestra la secuencia litológica y las zonas de recolecta del material fósil.

8.-METODOLOGÍA

8.1.-CAMPO

Se realizaron cinco salidas a campo a la localidad Cañada Alejandro, donde se llevó cabo por un lado, la recolecta del material fósil tratando de extraer bloques grandes, esto para tratar de encontrar los ejemplares lo más completo que se pudiera.

Por otra parte se tomaron coordenadas y datos correspondientes a la litología del lugar, como son el tipo de roca que aflora y la secuencia en la que se encuentran.

Se seleccionaron los fósiles mejor preservados para su traslado a la colección paleontológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza). Para este propósito se envolvieron los fósiles con bolsas de papel o hule espumas para protegerlos durante el traslado.

Ya en la colección se realizaron técnicas curatoriales a los ejemplares como son la limpieza, restauración etc. después de esto se colocó a cada uno de los fósiles un número consecutivo y las iniciales de la formación a la que pertenece (CFZ-Ca).

8.2.-IDENTIFICACIÓN

Para la determinación de los especímenes se emplearon fotos de los tipos y bibliografía especializada (Wieland, 1914; Silva-Pineda, 1969, 1984; Pearson y Delevoryas, 1982)

Los caracteres tomados para su identificación fueron con base en el grupo de trabajo, así tenemos:

Cycadeoidales. Un carácter importante para la identificación de este orden, es la forma que las pinnas se insertan al raquis, ya sea por toda la base de las mismas (*Ptylophyllum*, *Pterophyllum* o *Anomozamites*) o solo por su cayo basal viendo si se une de forma simétrica o no (*Zamites* y *Otozamites*) (Figura 5).

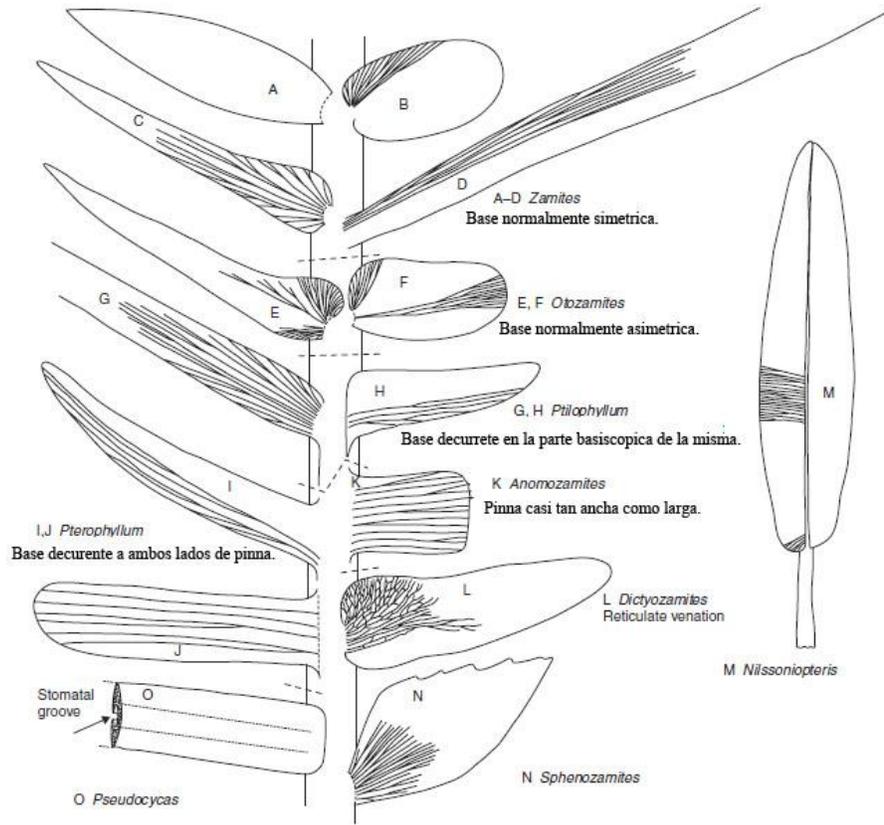


Figura 5. Tipo de bases en la familia Cycadeoidaceae, modificado de Watson y Sincock, 1992.

Una vez asignado el género al que pertenece se consideran algunos otros caracteres (Figura 6) para poder determinar hasta especie, como son el largo y ancho de la hoja y de las pinnas, tipo de ápice y ángulo de inserción de las mismas.

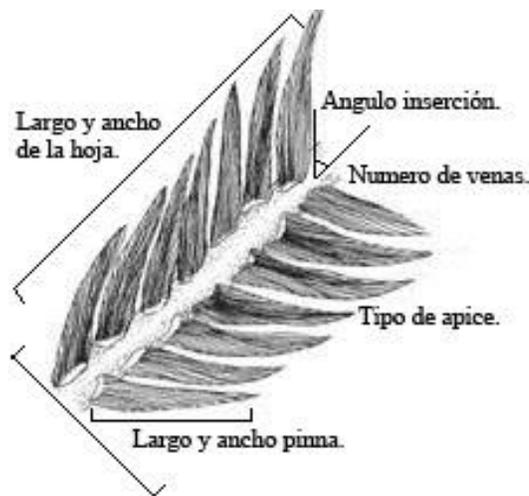


Figura 6. Caracteres a considerar durante la identificación de *Cycadeoidales*, modificada de Willis y McElwin (2002).

En todos los casos se debe tomar en cuenta el tipo de venación que presentan las láminas y el número de venas que hay en ellas por cm (Figura 7), cuando fue necesario se creó un registro fotográfico de medición de algunos caracteres (los más pequeños) con ayuda del software “imageJ”.

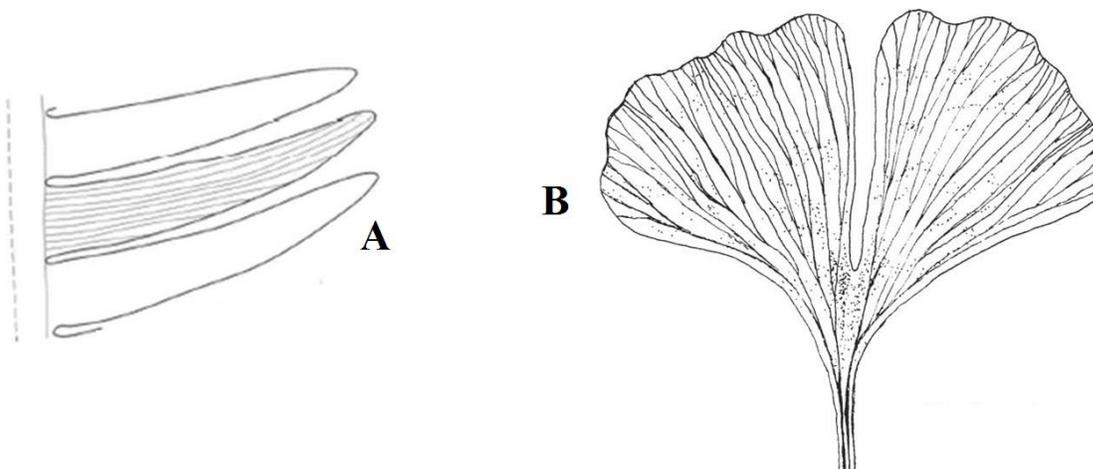


Figura 7. Tipo de venaciones más comunes encontradas en las Gimnospermas. A, Venación paralela, Troncoso y Herbst, (2007). B, venación dicotómica, Willis y McElwin (2002).

Pteridophytas (Helechos). Algunos de los caracteres más importantes para su identificación son: si se trata de una fronda pinnada, bipinnada, tripinnada etc, si se trata de una fronda estéril o no, tipo de venas etc., (Figura 8).

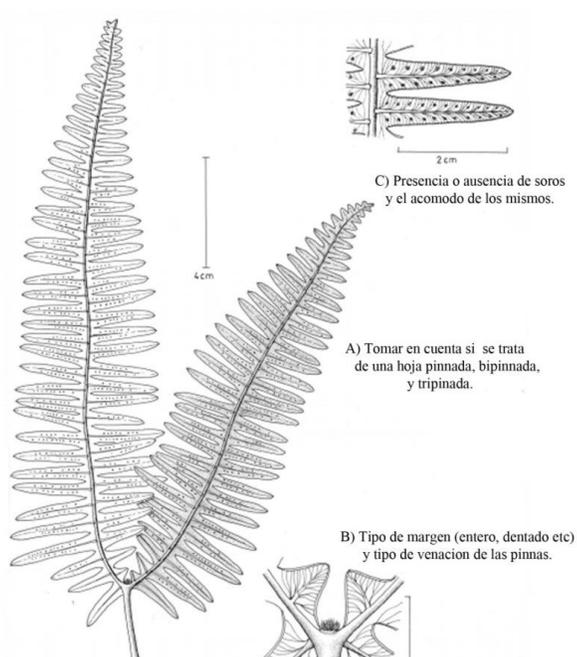


Figura 8. Caracteres a considerar durante la identificación de *Pteridophytas*. modificada de

8.3.-ÁREA FOLIAR

Se midió el área foliar de las hojas para inferir las condiciones ambientales de la zona. Se realizó el cálculo a partir del largo multiplicado por el ancho de las hojas o pinnas, multiplicado por un factor de corrección (0.66) para incluirlas dentro de algunas de las siete categorías propuestas por Ortiz et al, (2013) (Tabla 1). Se dejó fuera de este análisis las filicales ya que su ciclo de vida se restringe a la temporada de lluvia, por lo que no es un indicador fiable del clima a largo plazo, sin embargo sí nos indican periodos o estaciones de humedad (Wang, 2002), también se omitieron las estructuras reproductoras que se encuentren en la zona ya que no representan posibles variables en las condiciones de humedad en la zona. .

Tabla 1. Categorías foliares propuestas por Ortiz et al, (2013)

Categoría	Nanofila I	Nanofila II	Microfila I	Microfila II	Microfila III	Notofila	Mesofila I
Intervalo (cm ²)	menor a 0.1141	0.1142 a 0.08240	0.08241 a 1.3660	1.3661 a 3.4835	3.4836 a 9.8551	9.8552 a 57.7427	57.7428 a 304.90

8.4.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

DISIMILITUD (comparación de los morfotaxa de los géneros *Zamites* y *Otozamites*, con varias especies del mundo).

En algunos casos los ejemplares no concuerdan con las especies registradas para México, por lo que, se realizó una búsqueda bibliográfica de las diferentes especies en otras localidades para encontrar posibles afinidades, para estas comparaciones se realizó un análisis de disimilitud utilizando el índice Euclidiano, este índice nos permite conocer las diferencias entre las Otu's (mientras el índice de disimilitud se acerque más a cero mayor grado de similitud hay entre las Otu's).

Para este cometido se creó una matriz básica de datos multiestado, donde se indica los diferentes estados de carácter de cada uno de los Otu's, en caso de desconocer algún carácter el 99 es el código que reconoce el programa para caracteres perdidos.

SIMILITUD (comparación de los listados Florísticos de varias localidades de la formación Zorrillo y Grupo Tecocoyunca)

Para conocer la similitud entre los listados florísticos de las localidades Cañada Alejandro, Olinalá (Formación Zorrillo y Grupo Tecocoyunca respectivamente) y Rio Ñumi (Formación Zorrillo-Taberna indiferenciadas) se creó una matriz básica de datos binaria tomando en cuenta la presencia/ausencia de especies (1 y 0, respectivamente), para obtener el fenograma que nos muestre las similitudes entre estas, con esta finalidad se utilizó el software “NTSYS 2.1”. Y se empleó el índice de Jaccard ya que para la unión de las Otu's solo toma en cuenta las presencias compartidas.

9.-RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las definiciones de abundancia y riqueza (= diversidad) para este trabajo serán empleadas de acuerdo con Lincoln *et al.*, (1983). Por un lado, abundancia se define como “el número total de ejemplares de un taxón o taxa en un área”, que en este caso el área será por zonas de colecta; en segundo lugar, riqueza que en este caso se incluye dentro de la definición de diversidad y es “el número total de especies en un conjunto, comunidad o muestra”.

9.1.-ZONA “LAS MESAS”, FORMACIÓN ZORRILLO.

En el análisis de la zona, Las Mesas también se unen los fósiles correspondientes a Rio Chiquito, ya que en esta última zona el material está muy fragmentado y solo se tienen tres géneros distintos.

RIQUEZA

En esta zona se tiene un total de 269 fósiles, estos fueron ubicados dentro de siete órdenes, un *inserta sedis*, semillas, cortezas y material indeterminado (Figura 9).

ABUNDANCIA

El orden de las Cycadeoidales es el más abundante dentro de la localidad con un total de 191 fósiles, con 27 le sigue, el orden de las Ginkgoales (Goroschankin), con 10, las Filicales, las coniferales (Dumortier) con ocho y las Equisetales (Dumortier) con tres fósiles, las menos abundantes son las Cycadales y las Cordaitales (Scott) representadas con solo dos y un ejemplares respectivamente.

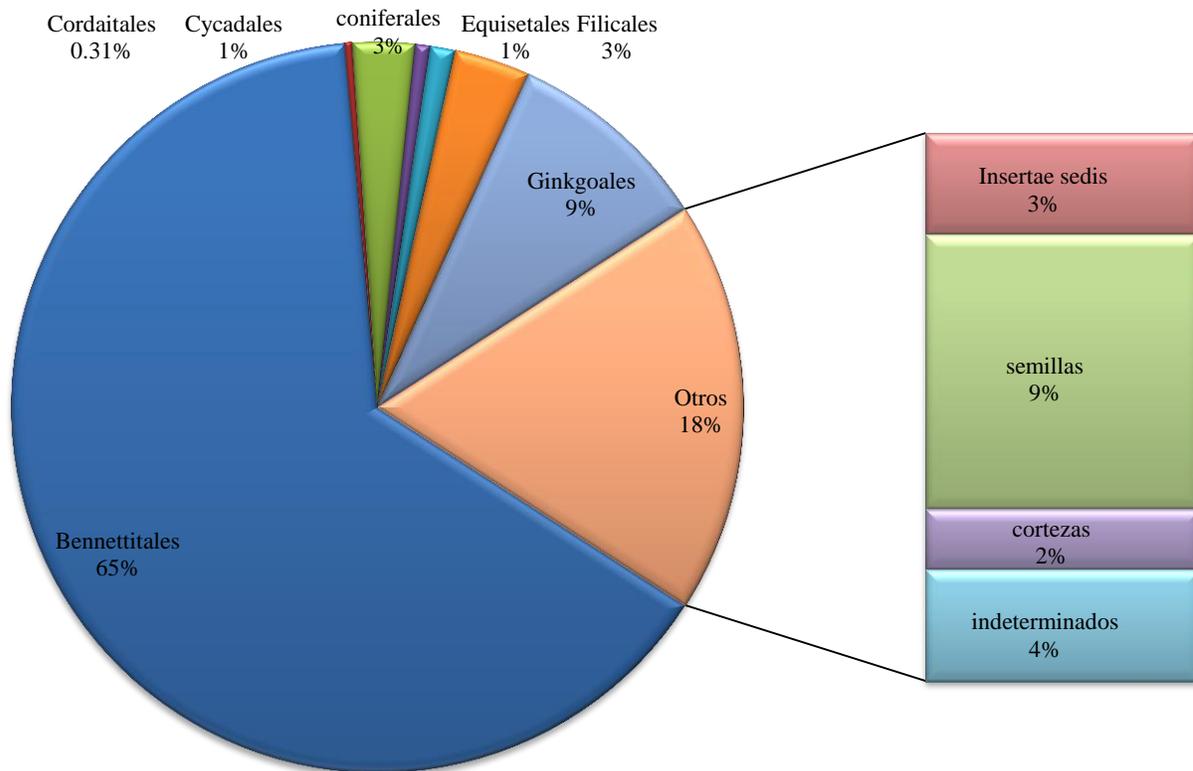


Figura 9: Porcentaje de los siete órdenes encontrados en la zona, los *inserta sedis*, semillas, cortezas y material indeterminados, nótese la abundancia en el orden de las Bennettitales.

En cuanto a los géneros se determinaron un total de 22, ocho pertenecen al orden Cycadeoidales, el más abundante es el Género *Zamites* con 97 fósiles, le sigue *Otozamites* con 48, *Anomozamites* (Schimper) con 17, *Williamsonia* (Carruthers) con 16, *Ptilophyllum* (Morris), *Pterophyllum* (Brongniart) *Weltrichia* (Braun) y *Williamsoniella* están poco representados con solo seis, tres, tres y un ejemplar respectivamente (figura 10).

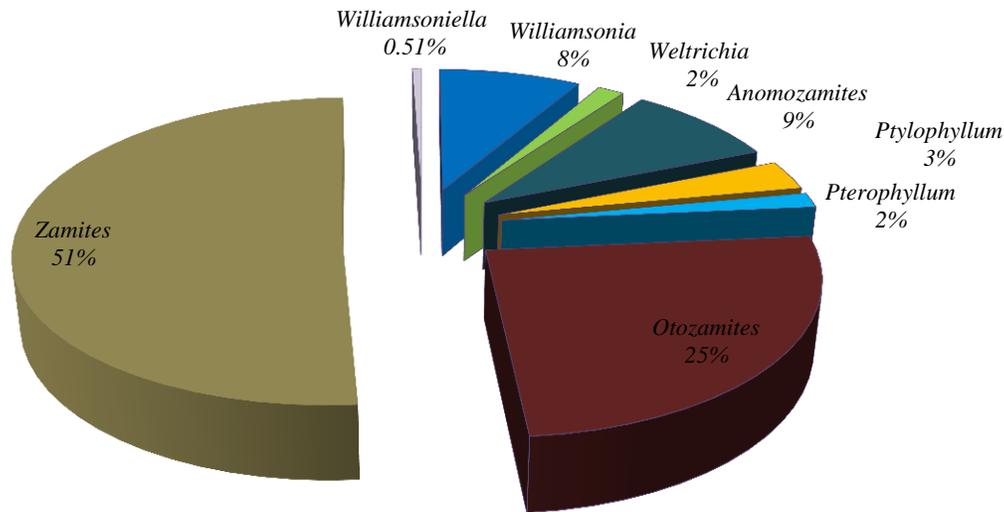


Figura 10: porcentaje de cada género del orden de las Cycadeoidales, tomando a este como el 100%.

En cuanto a importancia resalta el género *Williamsoniella* (Figura 11) no reportado para México anteriormente, es una estructura reproductora hermafrodita ya que cuenta con un gineceo (las partes femeninas) el cual está rodeada por el Microesporofilo (parte masculino), anteriormente solo se tenía reportado para el Triásico y Jurásico de la Federación Rusa, Kazakstán, Rumania, Turkmenistán y Uzbekistán (Paleobiology Data Base, 2013), en algunas de estas localidades se asocia esta estructura con *Nilssoniopteris* (Nathorst). En la localidad Cañada Alejandro contamos con la especie *Nilssonia pterophylloides*, por lo que podría confirmarse esta posible afinidad.

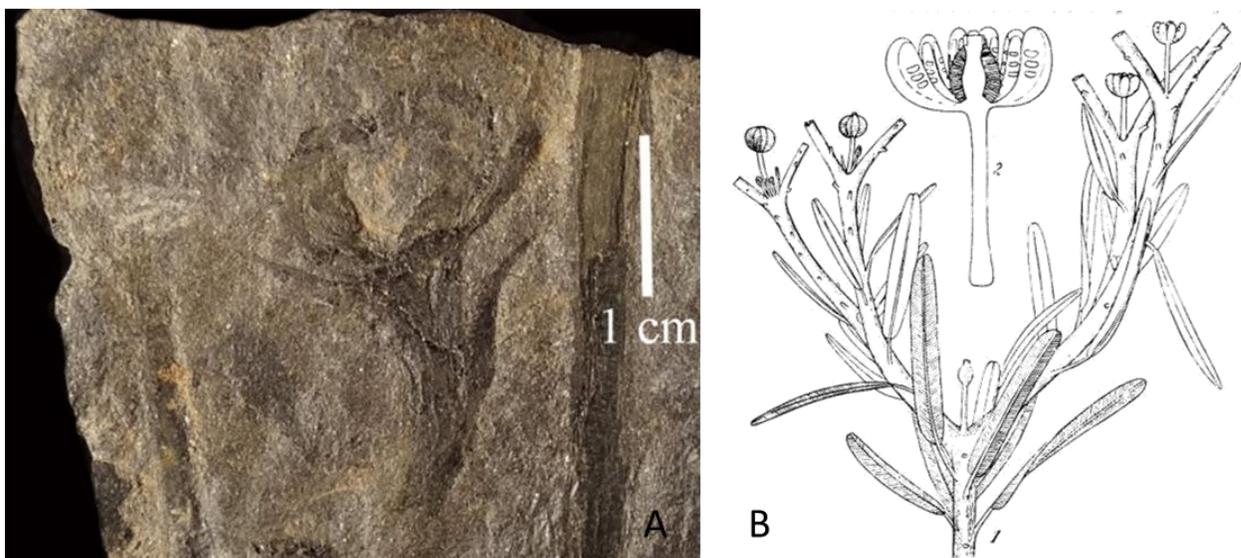


Figura 11: A) imagen de la primera *williamsoniella* reportada para México; B) Reconstrucción de una *williamsoniella* en orgánica con hojas de *Nilssoniopteris* tomada de R. Wettstein.

El orden de las Ginkgoales en Cañada Alejandro está constituido por tres géneros, *Sphenobaiera* (Florin) con 20 especímenes, *Sphenarion* (Harris y Miller) con seis y *Baiera* (Braun) con solo un fósil.

Al igual que con *Williamsoniella*, las hojas del género *Sphenarion* (Figura 12) no se tenía reportado para México se registra para Estados Unidos, Rusia y Reino Unido durante el Jurásico, este género se distingue por lascinias (se le da este término a hojas que tiene menos de 0.5 cm de ancho) con menos de un milímetro de ancho y tiene dos o más venas por hoja (Ash, 1993).



Figura 12: imagen de las lascinias del género *sphenarión*

Las Filicales están representadas por cuatro géneros, *Dicksonia* (Brutelle), *Todites* (Seward), *Klukia* (Raciborski) y *Phlebopteris* (Brongniart) todas constituidas por un solo fósil, en la mayoría de los otros casos no se pudo determinar el género de estos ejemplares ya que se encuentran mal preservados, pero es importante tenerlos presentes, porque, aunque son de ciclos de vida cortos, nos indican que por pequeños lapsos de tiempo hubo gran humedad en la localidad.

Las Coniferales cuenta con tres géneros, *Pelourdea* (Seward) *Elatocladus* (Halle) y posiblemente el género *Heidiphyllum* (Retallack) con cinco, dos y un fósil respectivamente.

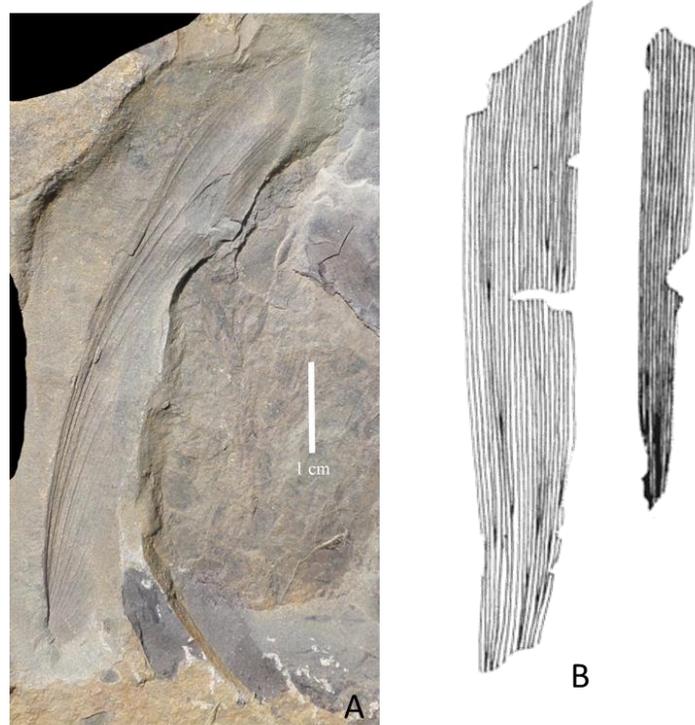


Figura 13. A) Imagen del ejemplar perteneciente al género *Heidiphyllum*; B) reconstrucción del tipo del género de *Heidiphyllum* tomada de Retallack.

Nuevamente se tiene un nuevo reporte para México en este caso se trata de las hojas del género *Heidiphyllum* (Figura 13) que se registran para el Triásico de Argentina y Sudáfrica (Paleobiology Data Base, 2013), este género es muy abundante para el continente gondwanico (Retallack, 1981).

Otros fósiles que normalmente son Gondwánicos los encontramos en el orden de las Ginkgoales y Cycadeoidales, en estos casos se muestra mayor similitud entre las formas reportadas en México con las que se tienen en Sudamérica, sin embargo en su conjunto la mayoría de la flora del Jurásico de México pertenece a la reportada en Laurasia (Continente del que formo parte México) lo que probablemente indicaría que durante este periodo de alguna manera México fue un tipo de punto donde convergieron las floras procedentes de los dos hemisferios lo que explicaría por qué se tienen componentes florísticos de ambos

continentes y ayudaría también a explicar la diversidad de especies que se tienen durante este periodo (conversación personal con la doctora Patricia Velasco).

El orden de las Cordaitales, Equisetales y Cycadales está representado por un solo género cada una, el primero con *Noeggerathiopsis* (Feistmantel) con un solo fósil, el segundo con *Equisetum* (Linnaeus) que tiene tres ejemplares mal conservados, en cuanto al tercer género tenemos a *Taeniopteris* con dos representantes. El grupo de *Inserta sedis* encontramos un solo género, *Mexiglosa* con 10 fósiles.

De estos 22 géneros se pudo determinar un total de 26 especies (Tabla 2), en algunos ejemplares no se pudo llegar hasta este nivel dado que algunos fósiles no están bien conservados o se encuentran muy fragmentados, en este caso se pone al ejemplar sp, haciendo referencia a que no es posible llegar hasta el nivel especie (Tabla 3).

Encontramos gran diversidad de especies dentro del Género *Zamites* y *Otozamites*, también resalta la diversidad del género *Anomozamites*, la cual está representada por varias especies de las cuales ninguna resulta ser abundante en la localidad Cañada Alejandro.

Cabe destacar la nueva especie de *Sphenobaiera* reportada por Velasco et al. (2014), denominada *S. mixteca*, es otra prueba de la abundancia y diversidad del orden de las Ginkgoales durante el Jurásico de México y queda completamente descartado lo propuesto por Pearson y Delevoryas (1982) los cuales proponían que este orden estaba ausente en la flora mesozoica de la Mixteca alta.

Por otro lado se encuentran las especies denominadas morfotaxa, aquí el problema corresponde a que las características morfológicas de los fósiles difieren de las especies descritas en la literatura, por lo que se les asigna este adjetivo más un número para diferenciarlas entre los morfotaxa del mismo género (Tabla 3).

Tabla 2: Total de especies identificadas en la localidad Cañada Alejandro, zona de colecta Las Mesas y el número de fósiles correspondiente a cada uno, nótese la abundancia de especies en el orden de las Bennettitales.

Orden	Género	Especie	Autor	Numero de fósiles
Cycadeoidales	<i>Anomozamites</i>	<i>triangularis</i>	(Nathorst) comb. nov., Pott y McLoughlin, 2009 Pott y McLoughlin, 2009	5
C.	<i>Anomozamites</i>	<i>angustifolium</i>	Antevs, 1919	4
C.	<i>Anomozamites</i>	<i>intermedium</i>	Nathorst, 1876	6
C.	<i>Anomozamites</i>	<i>gracilis</i>	Wieland, 1913	1
C.	<i>Otozamites</i>	<i>hespera</i>	Lindley y Hutton	21
C.	<i>Otozamites</i>	<i>cf. obtusus</i>	(Kurr) Schimper, 1870	7
C.	<i>Otozamites</i>	<i>mandelslohi</i>	Harris (1969)	2
C.	<i>Otozamites</i>	<i>cf. Gramineus</i>	(Brongniart) Saporta, 1870	1
C.	<i>Otozamites</i>	<i>reglei</i>	Wieland, 1913	1
C.	<i>Pterophyllum</i>	<i>munsteri</i>	Bose y Kasat, 1972	3
C.	<i>Ptylophyllum</i>	<i>acutifolium</i>	Wieland, 1913	6
C.	<i>Williamsonia</i>	<i>netzahualcoyotlii</i>	Wieland, 1913	7
C.	<i>Williamsonia</i>	<i>nathorstii</i>	(Thomas, 1915)	4
C.	<i>Williamsoniella</i>	<i>coronata</i>	(Wieland) Pearson y Delevoryas 1982	1
C.	<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>	(Wieland) Pearson y Delevoryas 1982	36
C.	<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>	(Brongniart, 1828)	14
C.	<i>Zamites</i>	<i>feneonis</i>	Zeiller, 1903	1
C.	<i>Zamites</i>	<i>truncatus</i>	(Wieland) Pearson y Delevoryas 1982	2
C.	<i>Zamites</i>	<i>tribulosus</i>		4
Ginkgoales	<i>Sphenobaiera</i>	<i>mixteca</i>	Velasco et al. 20013	1
Filicales	<i>Dicksonia</i>	<i>kendalli</i>	harris, 1961 (Brongniart) Krasser, 1961	1
F.	<i>Todites</i>	<i>denticulatus</i>	(Phillips) Rasiborski, 1894	1
F.	<i>Klukia</i>	<i>exilis</i>	Pearson y Delevoryas, 1976	1
Cycadales	<i>Taeniopteris</i>	<i>oaxacensis</i>	Fontaine, 1965	1
C.	<i>Taeniopteris</i>	<i>orovillensis</i>		1
<i>Inserta sedis</i>	<i>Mexiglosa</i>	<i>varia</i>	Pearson y Delevoryas 1982	10

Tabla 3: Número de géneros determinados como sp o morfotaxa, en este último caso son abundantes en el género *Zamites* y *Otozamites*.

Orden	Género	Adjetivo	Número de fósiles
Cycadeoidales	<i>Anomozamites</i>	sp	1
C.	<i>Otozamites</i>	sp	4
C.	<i>Otozamites</i>	morfotaxa 1	11
C.	<i>Otozamites</i>	morfotaxa 3	1
C.	<i>Weltrichia</i>	sp	3
C.	<i>Williamsonia</i>	sp	4
C.	<i>Williamsonia</i>	morfotaxa 1	1
C.	<i>Zamites</i>	sp	6
C.	<i>Zamites</i>	morfotaxa 1	2
C.	<i>Zamites</i>	morfotaxa 2	14
C.	<i>Zamites</i>	morfotaxa 3	7
C.	<i>Zamites</i>	morfotaxa 4	2
C.	<i>Zamites</i>	morfotaxa 5	1
C.	<i>Zamites</i>	morfotaxa 6	8
Filicales	<i>Phlebopteris</i>	sp	1
F.	Sin determinar		8
Ginkgoales	<i>Sphenarion</i>	sp	6
G.	<i>Baiera</i>	sp	1
G.	<i>Sphenobaiera</i>	sp	19
Coniferales	<i>Pelourdea</i>	sp	5
C.	<i>Heidiphyllum</i>	sp	1
Cordaitales	<i>Noeggarathiopsis</i>	sp	1
Equisetales	<i>Equisetum</i>	sp	3

9.2.-ZONA “LA CARRETERA” FORMACIÓN ZORRILLO.

RIQUEZA

En esta zona se recolectaron un total de 49 fósiles, estos fueron ubicados dentro de tres órdenes, un *inserta sedis*, semillas, cortezas y material indeterminado (Figura 14).

ABUNDANCIA

El orden de las Cycadeoidales es el más abundante dentro de esta zona con un total de 22 fósiles, con nueve le sigue el *inserta sedis*, con seis siguen las semillas, las Cycadales

(Dumortier) con cinco ejemplares, las menos abundante son las Filicales (Judd) representadas con solo dos representantes.

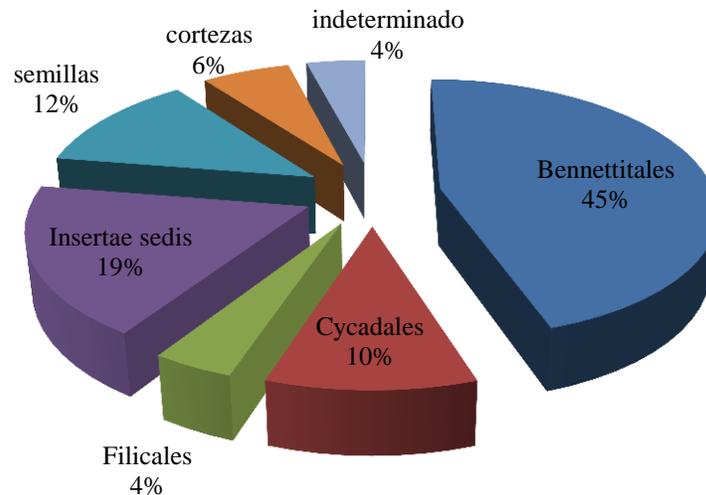


Figura 14: porcentaje de los seis órdenes encontrados en la localidad Cañada Alejandro, además de los *inserta sedis*, semillas, cortezas y material indeterminados, nótese la mayor abundancia en el orden de las Bennettitales.

En cuanto a los géneros se determinaron un total de nueve, cinco pertenecen al orden de las Cycadeoidales, el más abundante es el género *Zamites* con 16 fósiles, le sigue *Mexiglosa* (Person y Delevoryas) con nueve (Figura 15).

Como en otras localidades del Jurásico Medio de México, el orden de las Cycadeoidales es el más abundante, lo que demuestra que durante este periodo fueron dominantes en diferentes tipos de ambientes en la República Mexicana, resaltan nuevamente los géneros *Zamites* y *Otozamites* que se muestran como géneros muy adaptables a diferentes condiciones ambientales, ya que están presentes en varias Formaciones del Jurásico de México.

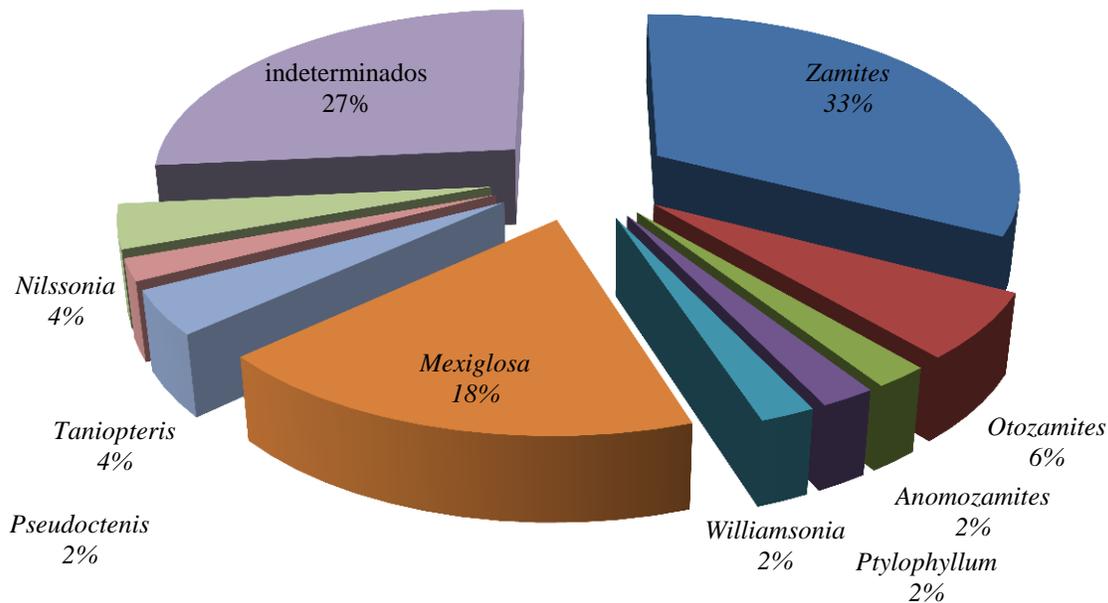


Figura 15: porcentaje de cada género de la zona de colecta, la carretera.

De estos nueve géneros se pudo determinar un total de 11 especies (Tabla 4), en algunos ejemplares no se pudo llegar hasta género dado que algunos fósiles no están bien conservados o se encuentran muy fragmentados, en este caso se pone al ejemplar sp, haciendo referencia a que no es posible llegar hasta el nivel especie; o en el caso de que los ejemplares no correspondieran a ninguna de las especies reportadas para México se nombran como morfotaxa (Tabla 4).

Cabe resaltar que en esta zona de recolecta se da la tendencia que se tiene reportada en varias partes del mundo y es que, aunque *Zamites* y *Otozamites* son las más abundantes, el primero lo es aún más y esto debido a que a nivel mundial el género *Otozamites* alcanza su máxima diversidad durante el Jurásico Temprano para posteriormente declinar constantemente durante el Jurásico Medio y Tardío esto debido a un cambio en las condiciones cálido -húmedas a nivel mundial, a diferencia de *Zamites* que se adapta mucho mejor a estos cambios, mayoritariamente condiciones secas (Yamada, 2009).

En el otro extremo tenemos géneros como *Taeniopteris*, que en otras localidades de México de la misma edad no está registrado (Formación Zorrillo-taberna, formación Otlaltepec, Unidad Magdalena) solo lo está para Formación Rosario la cual pertenece al Jurásico Temprano, mostrando a este género como reminiscencias del Triásico y Jurásico Inferior.

Tabla 4: Total de especies identificadas en la zona de colecta carretera y el número de fósiles correspondiente a cada uno.

Orden	Género	Especie	Autor	Número de fósiles
Cycadeoidea	<i>Anomozamites</i>	<i>triangularis</i>	(Nathorst) comb. nov., Pott y McLoughlin, 2009 (Kurr) schimper, 1870	1
C.	<i>Otozamites</i>	<i>mandelslohi</i>		2
C.	<i>Otozamites</i>	<i>Morfotaxa 2</i>		1
C.	<i>Williamsonia</i>	<i>Netzahualcoyotlii</i>	Wieland, 1913	1
C.	<i>Zamites</i>	<i>lucerensis</i>	(Wieland) Pearson y Delevoryas 1982	6
C.	<i>Zamites</i>	<i>oaxacensis</i>	(Wieland) Pearson y Delevoryas 1982	2
C.	<i>Zamites</i>	<i>truncatus</i>	Zeiller, 1903	1
C.	<i>Zamites</i>	<i>sp</i>		2
C.	<i>Zamites</i>	<i>morfotaxa 2</i>		2
C.	<i>Zamites</i>	<i>morfotaxa 3</i>		1
C.	<i>Zamites</i>	<i>morfotaxa 6</i>		2
C.	<i>Ptylophyllum</i>	<i>sp</i>		1
Cycadales	<i>Pseudoclenis</i>	<i>herriesi</i>	Harris, 1946	1
C.	<i>Taeniopteris</i>	<i>oaxacensis</i>	pearson y Delevoryas, 1976	1
C.	<i>Taeniopteris</i>	<i>orovillensis</i>	Fontaine, 1965	1
C.	<i>Nilssonia</i>	<i>pterophylloides</i>	Nathorst, 1878	2
<i>Inserta sedis</i>	<i>Mexiglosa</i>	<i>varia</i>	Pearson y Delevoryas 1982	9

Con los datos recabados se procedió a realizar el análisis de Área foliar.

9.3.-ÁREA FOLIAR

Para el análisis de área foliar de la zona de Las Mesas se tomaron en cuenta solo 110 fósiles (31.88%), ya que son los únicos que contaban con la hoja o pinna completa, necesaria para el análisis, por otro lado las filicales (3.77%) y equisetales (0.94%) quedaron fuera del

análisis ya que su ciclo de vida se restringe a la temporada de lluvias por lo que no son buenos indicadores del clima dominante en esta localidad (Wang, 2002)

Los fósiles utilizados en este análisis fueron asignados a alguna de las siete categorías foliares (Tabla 5) propuestas por Ortiz *et al* (2013). En este caso solo se asignaron a cuatro categorías teniendo mayor abundancia en microfila II, con 43 fósiles.

Tabla 5. Categorías foliares propuestas por Ortiz et al, (2010) y los porcentajes obtenidos en el análisis.

Categoría	Nanofila I	Nanofila II	Microfila I	Microfila II	Microfila III	Notofila	Mesofila I
Intervalo (cm2)	menor a 0.1141	0.1142 a 0.08240	0.08241 a 1.3660	1.3661 a 3.4835	3.4836 a 9.8551	9.8552 a 57.7427	57.7428 a 304.90
numero de fósiles	0	0	42	43	20	5	0
Porcentaje	0	0	38.18%	39.09%	18.18%	4.54%	0

A partir de este análisis se demuestra que al menos para esta zona se presenta el clima tropical propuesto por Willis y Mcelwin (2002), ya que como se muestra en la tabla el tipo de área foliar dominante es la microfila II la cual se distribuye en zonas con climas cálidos-húmedos, con temporadas de lluvia y otras de estrés hídrico (Ortiz et al, 2013); esto también lo apoya la litología la cual muestra estratos de arenisca de grano medio, las cuales fueron transportados por corrientes de ríos y también están los estratos de lutita que se forman cuando hay un estancamiento de materia orgánica, esto podría explicar los componentes florísticos de condiciones más húmedas como lo son las filicales y equisetales.

Para la Formación Zorrillo Erben (1956) plantea un origen continental para esta zona, la ausencia de estructuras secundarias en la zona impide limitar más el ambiente, la idea de un ambiente continental es apoyada por la gran diversidad de flora fósil antes mencionada.

Como se observa en las tablas anteriores la mayor riqueza y frecuencia corresponden a los géneros *Zamites* y *Otozamites*, en algunos de ellos no se encontró similitud con las especies reportadas para México por lo que se realizó un trabajo más extenso con estos géneros.

9.4.-GÉNERO, OTOZAMITES

En la localidad Cañada Alejandro se tiene cinco especies y tres morfotaxa del género *Otozamites* (Figura 16), la especie más abundante corresponde en este caso a *O. hespera* con un total de 19 fósiles seguido del morfotaxa 1 y los ejemplares con afinidad a la especie *O. obtusus*.

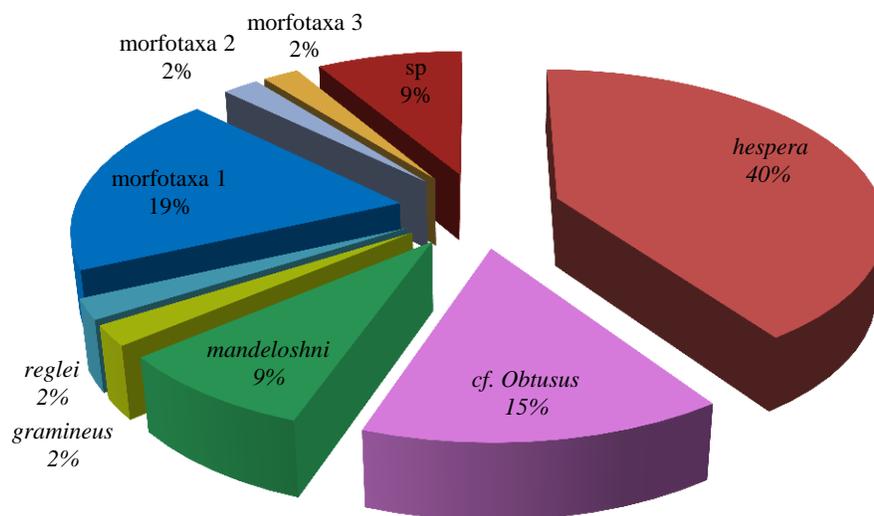


Figura 16: porcentaje de cada especie y morfotaxa dentro del género *Otozamites*, tomando a este como el 100%.

Se procedió a compararlas con 32 especies de otras partes del mundo, con la información recabada se realizó un análisis de Agrupamiento, como su nombre lo infiere, agrupa por parecido fenético a las Otu's para tal motivo se construyó una matriz básica de datos con los caracteres que distinguen a las especies entre si y que están presentes en los ejemplares de Cañada Alejandro (Tabla 6).

Tabla 6: caracteres morfológicos obtenidos de 32 especies y 3 morfotaxas. Datos= Nombre de los autores de los trabajos de donde se obtuvo los datos para este estudio, L. pina= largo de la pina., A. Ter = ancho de la mitad del primer tercio de la pina, A. seg ter = ancho de la mitad del segundo tercio de la pina, A. ter ter = ancho de la mitad del tercer tercio de la pina, # venas cent= número de venas en el centro de la pina, A. foliar = largo por ancho de la pina por 0.66, Ang. Ápice = Angulo del ápice, A. callo basal = Ancho de la callosidad basal, cuando algún carácter se desconocía un 99 fue usado en la matriz.

Especie	Datos	L. pina	A. un ter	A. seg ter	A. ter ter	# venas cent.	A. foliar	Ang. Apice	A. cayo basal
<i>Otozamites beani</i> , (Lindley y Hutton) Brongniart, 1849.	Harris (1969)	1.7	0.75	0.825	0.7	45	0.92	102	0.175
<i>O. graphicus</i> , (Leckenby) Phillips, 1875.	Harris (1969)	3.2	0.9	0.8	0.6	32	1.68	53	99
<i>O. thomasi</i> , Harris, 1969.	Harris (1969)	3.5	1.2	0.95	0.8	35	2.77	64	0.4
<i>O. leckenbyi</i> , Harris, 1969.	Harris (1969)	2.4	0.45	0.4	0.3	40	0.71	30	0.2
<i>O. venosus</i> , Harris, 1949.	Harris (1969)	4	0.7	0.55	0.45	55	1.45	67	0.26
<i>O. gramineus</i> , (Phillips) Harris 1946.	Harris (1969)	3.9	0.4	0.3	0.25	40	1.02	26	0.2
<i>O. parallelus</i> , Phillips, 1875.	Harris (1969)	2	0.7	0.5	0.5	40	0.92	46	0.3
<i>O. simpsoni</i> , Harris, 1969.	Harris (1969)	1.2	0.4	0.35	0.3	45	0.31	65	0.2
<i>O. anglica</i> , (Seward) Harris, 1949.	Harris (1969)	1.65	0.47	0.35	0.2	15	0.8	41	0.22
<i>O. mimetes</i> , Harris, 1949.	Harris (1969)	0.8	0.55	0.45	0.43	30	0.29	105	99
<i>falsus</i> , Harris, 1949.	Harris (1969)	1.4	0.55	0.62	0.26	30	0.6	61	0.175
<i>O. penna</i> , Harris, 1949.	Harris (1969)	0.9	0.25	0.2	0.125	45	0.14	49	0.1
<i>O. tenuatus</i> , Leckenby, 1864	Harris (1969)	0.52	0.32	0.47	0.17	60	0.16	110	0.1
<i>O. Albosaxatilis</i> , Herbst, 1965.	Herbst (1966)	1.7	0.7	0.7	0.5	40	0.78	62	99
<i>O. hislopi</i> , (Oldham) Feistmantel 1876.	Herbst (1966)	2.5	0.7	0.85	0.6	50	1.4	54	99
<i>O. oldhami</i> , Feistmantel, 1877.	Herbst (1966)	1.3	99	0.6	99	20	0.51	99	99
<i>O. chubutensis</i> , Herbst 1966.	Herbst (1966)	4.5	1.5	1.4	1.2	40	4.45	58	0.7
<i>O. sueroi</i> , Herbst 1966.	Herbst (1966)	1.6	0.85	0.85	0.8	99	0.89	45	0.4
<i>O. huzisawae</i> , Aoishi y Huzloka, 1938.	Oishi (1940)	7	99	0.5	99	23	2.31	99	99
<i>O. kondoi</i> , Saburo, 1940.	Oishi (1940)	1.8	1.2	1	0.6	99	1.42	81	0.3
<i>O. klipsteinii</i> , (Dunker) Seward, 1895.	Oishi (1940)	5.5	1.7	1.9	1.8	18	6.8	86	0.3
<i>O. molinianus</i> , Zigno, 1885.	Oishi (1940)	0.7	0.5	0.6	0.5	25	0.27	66	0.43
<i>O. sewardi</i> , Saburo, 1940.	Oishi (1940)	2.1	0.3	0.2	0.2	43	0.41	23	0.25
<i>O. boolensis</i> , Douglas, 1963.	Cantrill y Hunter(2005)	0.3	0.65	0.6	0.5	25	0.12	53	1.1
<i>O. sataecrucis</i> , Feruglio, 1951.	Cantrill y Hunter(2005)	0.8	99	0.4	99	99	0.21	54	99
<i>O. rowleyi</i> , Gee, 1989.	Cantrill y Hunter(2005)	2.2	0.3	0.2	0.2	20	0.43	14	0.15
<i>O. peterophylloide</i> , Schimper, 1872.	Barale (1986)	4.1	0.45	0.4	0.3	45	1.21	27	0.35
<i>O. latior</i> , Saporta, 1875.	Rees y Cleal (2004)	2.5	0.3	0.3	0.2	10	0.49	21	99
<i>O. linearis</i> , Halle 1913.	Rees y Cleal (2004)	1	0.4	0.3	0.2	60	0.26	51	0.2
O. Morfotaxa 1		6.4	1.1	1.35	1.15	27	5.7	62	0.4
O. Morfotaxa 2		8.2	1.7	2.2	1.8	23	9.7	65	0.7
O. Morfotaxa 3		4.6	1.1	1.9	1.6	22	5.7	83	0.5
<i>O. hespera</i> , Wieland, 1913.	Silva-Pineda (1984)	4.5	0.2	0.2	0.2	44	0.59	22	0.3
<i>O. obtusus</i> , Lindley y Hutton) Brongniart, 1849	Silva-Pineda (1984)	2.6	1.2	1.3	1	42	2.23	43	0.23
<i>O. mandelslohi</i> , (Kurr) Schimper, 1870.	Silva-Pineda (1984)	1.4	1.1	1	0.8	30	1.01	77	0.2

En este caso se utilizó un coeficiente de disimilitud (euclidiano), donde, mientras más cercano estén los Otu's a cero, menor disimilitud hay entre ellos. Se obtuvo un solo fenograma (Figura 9) con un valor cofenético de 0.90, el cual indica que el fenograma está dado por las diferencias de los caracteres dados y no se trata de un acomodo azaroso (Sneath y Sokal, 1973). Se observan dos agrupamientos (A y B) el primero formado por solo tres especies, *O. sataecrucis*, *O. husisawae* y *O. oldhami*; el agrupamiento B se subdivide en dos grupos, B1 donde se encuentran los tres morfotaxa (*O. morfotaxa uno*, *O. morfotaxa dos* y *O. morfotaxa tres*) de Cañada Alejandro, dos especies del Jurásico una perteneciente a Japón (*O. klipsteinii*) y una de Argentina (*O. chubutensis*). En el grupo B2 se agrupan las 27 especies restantes (Figura 17).

También se realizó un análisis de componentes principales (Figura 18) para observar los caracteres responsables del acomodo, en la tabla 7 se muestra en negritas los caracteres responsables del acomodo de las Otu's y en la tabla 8 se observa que desde el primer componente se tiene un 71% de variación acumulada.

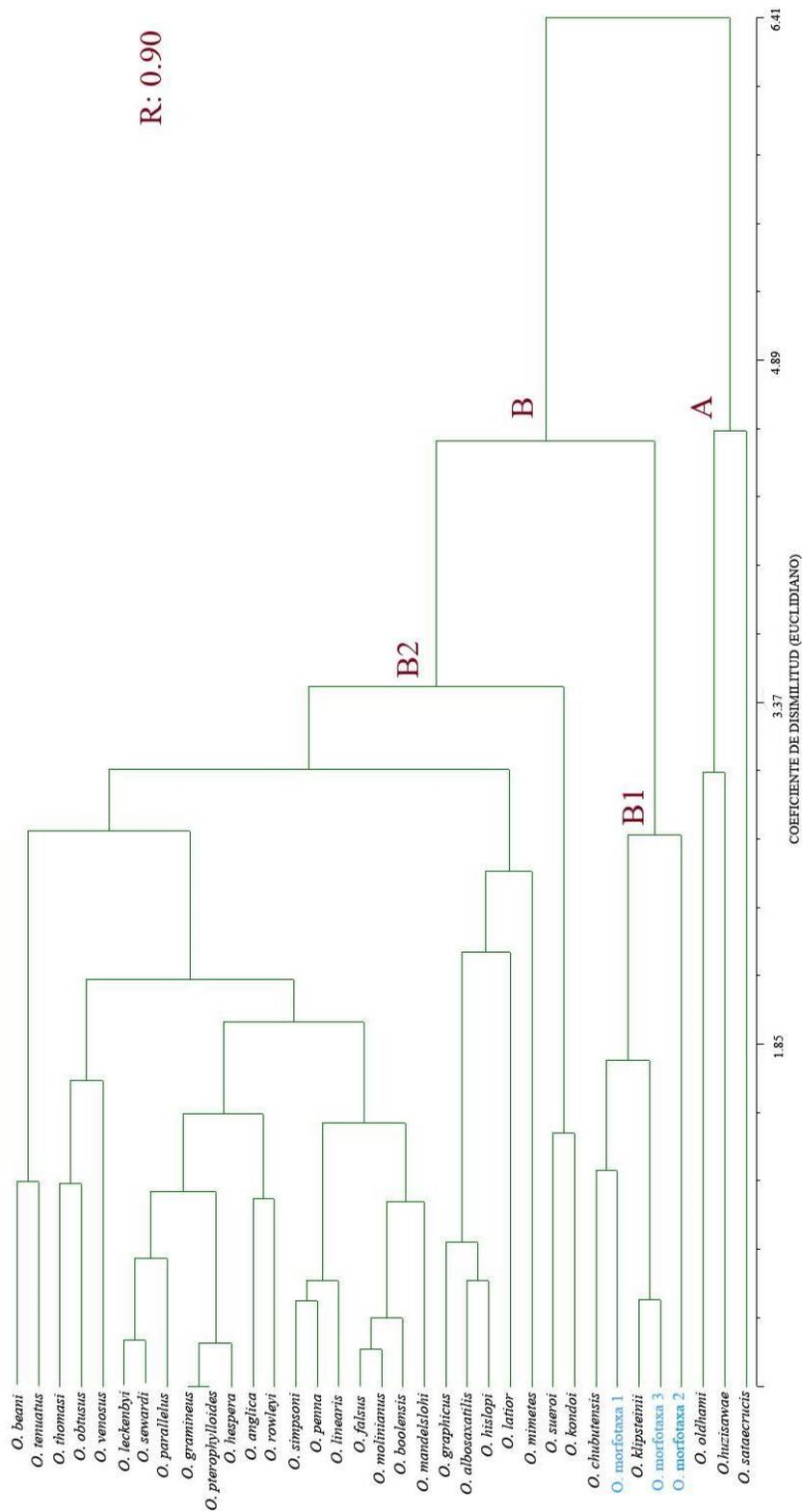


Figura 17: Fenograma que muestra el acomodo de las Otu's, Correspondiente a especies del género *Otozamites*, en azul se resaltan los morfofata de Cañada Alejandro.

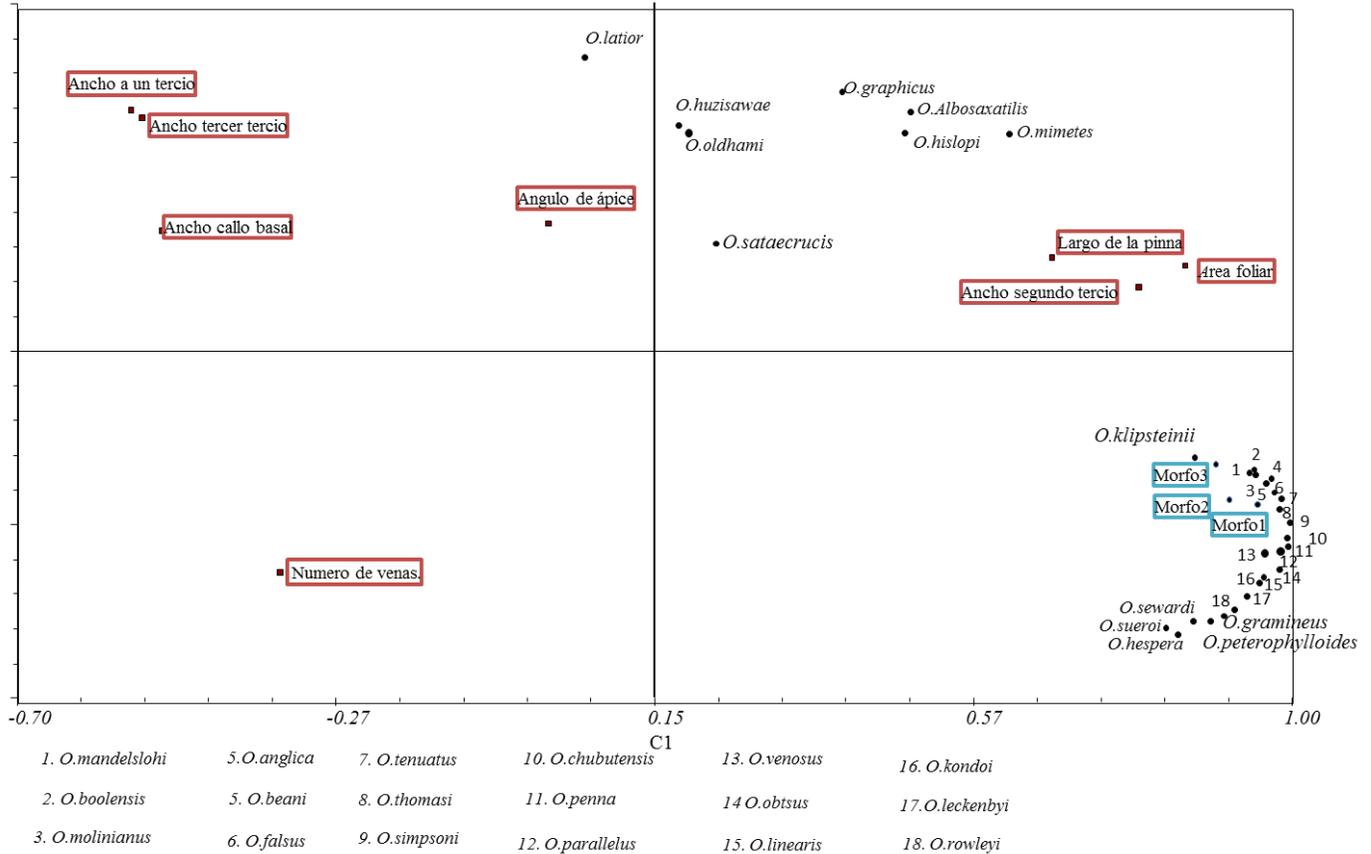


Figura 18: Análisis de componentes principales donde se observa el acomodo de las especies del genero *Otozamites* y los tres morfotaxa de Cañada Alejandro.

Se sigue observando la distancia que hay entre los tres morfotaxa y las demás especies, con cierta cercanía por parte del morfotaxa 3 con *O. klipsteinii*. En el análisis de componentes principales se puede constatar tanto en la tabla como en la gráfica que los caracteres con mayor peso para el acomodo de las Otu's son el área foliar, a los anchos de las pinnas tomados a diferentes altura, al número de venas que tienen las mismas y el largo largo; a continuación se describen las características morfológicas de las mismas.

Tabla 7: En negrita se observan los caracteres responsables del acomodo de los OTU'S del análisis de componentes principales de las especies del género *Otozamites* y los tres morfotaxas de Cañada Alejandro.

Caracteres	1 Componente	2 Componente	3 Componente	4 Componente
Largo pina	0.6795	0.4889	0.2828	0.3387
Ancho pina al primer tercio	-0.5481	0.7856	0.0451	0.1898
Ancho pina al segundo tercio	0.7955	0.4287	-0.2891	-0.0439
Ancho pina al tercer tercio	-0.5458	0.787	0.0461	0.1894
# de venas	-0.3492	-0.1475	-0.7097	0.544
Area foliar	0.8575	0.4729	-0.029	0.1205
angulo de apice	0.0088	0.5574	-0.5676	-0.5575
Ancho del pedunculo	-0.5071	0.5423	0.2571	-0.2046

Tabla 8: Porcentaje de variación acumulada responsables del acomodo de los OTU'S del análisis de componentes principales de las especies del género *Otozamites* y los tres morfotaxas de Cañada Alejandro.

i	Eigen valor	Porcentaje	Variación acumulada
1	25.18973918	71.9707	71.9707
2	5.11644079	14.6184	86.5891
3	3.0044856	8.5842	95.1733
4	1.66579562	4.7594	99.9327
5	0.01739978	0.0497	99.9825
6	0.00605292	0.0173	99.9998
7	0.00008611	0.0002	100
8	0	0	100
9	0	0	100
10	0	0	100

División: Cycadophyta

Clase: Cycadeoidopsida

Orden: Bennettitales

Familia: Cycadeoidaceae

Género: *Otozamites*

MORFOTAXA 1

Descripción: Hojas incompletas, la máxima con un largo de 12.3 cm y un ancho estimado de 10.9, las pinnas presentan un ápice obtuso y un ángulo basal de 58°, el raquis es grueso mide de 0.4 – 0.5 cm y presenta estrías; las pinnas están muy cerca entre sí pero no se tocan, presentan una callosidad (el punto de inserción de las pinnas al raquis) de unos 0.4 cm, las pinnas llegan a medir 6.4 cm de largo y un ancho máximo de 1.4 – 1.6 cm, en la parte media se tiene un total de 27 venas por centímetro las cuales se dividen una vez cerca de la base (Figura 19).

Observaciones: En este caso como en los siguientes, resalta el gran tamaño de las pinnas de los morfotaxa, y por consiguiente el tamaño que pudieron llegar a alcanzar sus hojas, solo dos especies de la literatura (*O. klipsteinii* y *O. chubutensis*) tienen un tamaño similar con estas, aunque con unos centímetros menos de largo, con esta última tiene cierta similitud el morfotaxa 1, pero se distingue por ser unos dos centímetros más grande y tener un ancho máximo en la parte media de la pinna a diferencia de *O. chubutensis* que tiene un ancho máximo en la parte basal de la misma, además de diferir en el número de venas.

Número de ejemplares: CFZ Ca10, CFZ Ca28, CFZ Ca 99, CFZ Ca118, CFZ CA143, CFZ Ca181, CFZ Ca197, CFZ Ca234 y CFZ Ca 287.

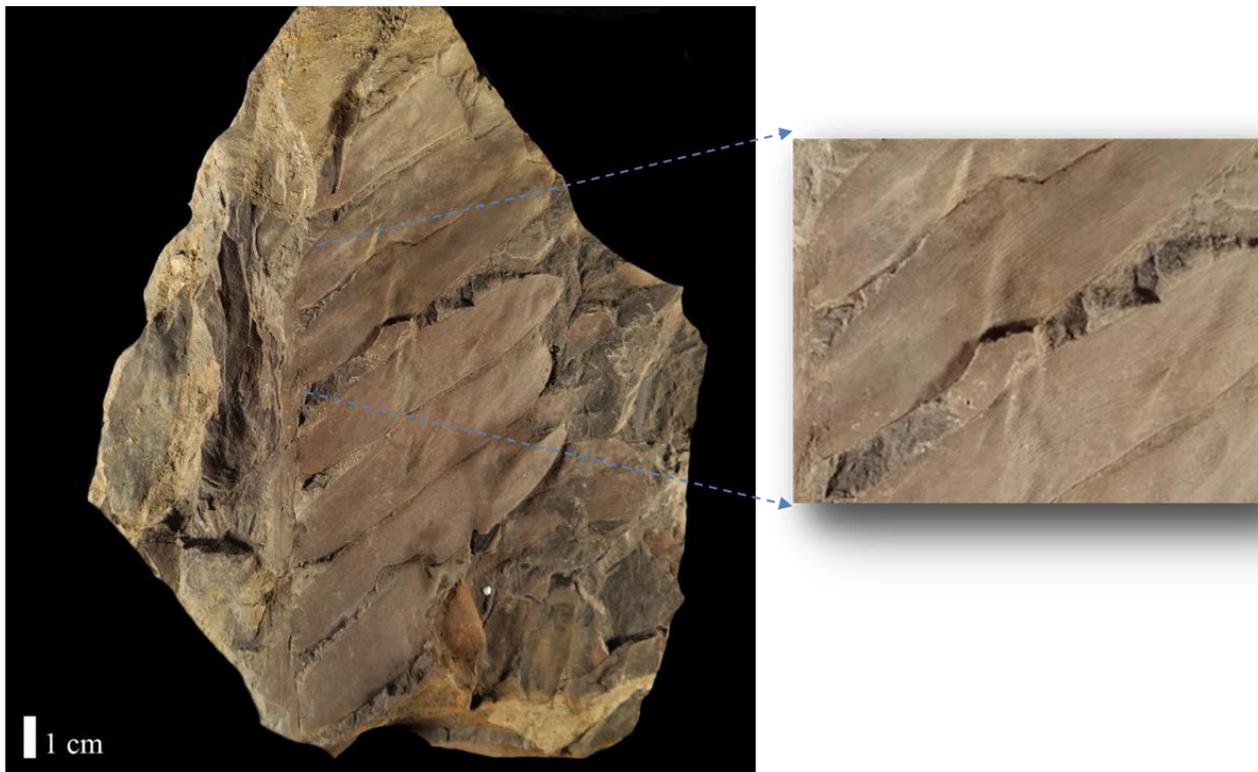


Figura 19: Imagen del morfotaxa 1 perteneciente el género *Otozamites*, donde se observa la morfología del fragmento mejor conservado de la colección, además del arreglo de las venas.

MORFOTAXA 2

Descripción: Muestra una base foliar fuertemente asimétrica, su callosidad es grande con unos 0.7 cm de largo, el margen de la pinna es levemente falcada y presenta un ápice obtuso, la pinna mide de largo de 8.2 cm y un ancho máximo de 2.2 cm, tiene una densidad de venación de 23 venas por centímetro en la parte basal de la pinna, no se alcanzan a ver dicotomías en las mismas. (Figura 20).

Observaciones: solo se cuenta con una pinna aislada para esta descripción, por lo cual el carácter del margen falcado puede no depender tanto de la especie y ser producto de algún proceso tafonómico, sin embargo el tamaño de la pinna está por encima de las especies descritas y su base fuertemente asimétrica son caracteres distintivos de este morfotaxa. Sin

embargo para un mejor estudio de esta, se necesita seguir buscando hojas completas en esta localidad.

Número de ejemplares: CFZ Ca 77

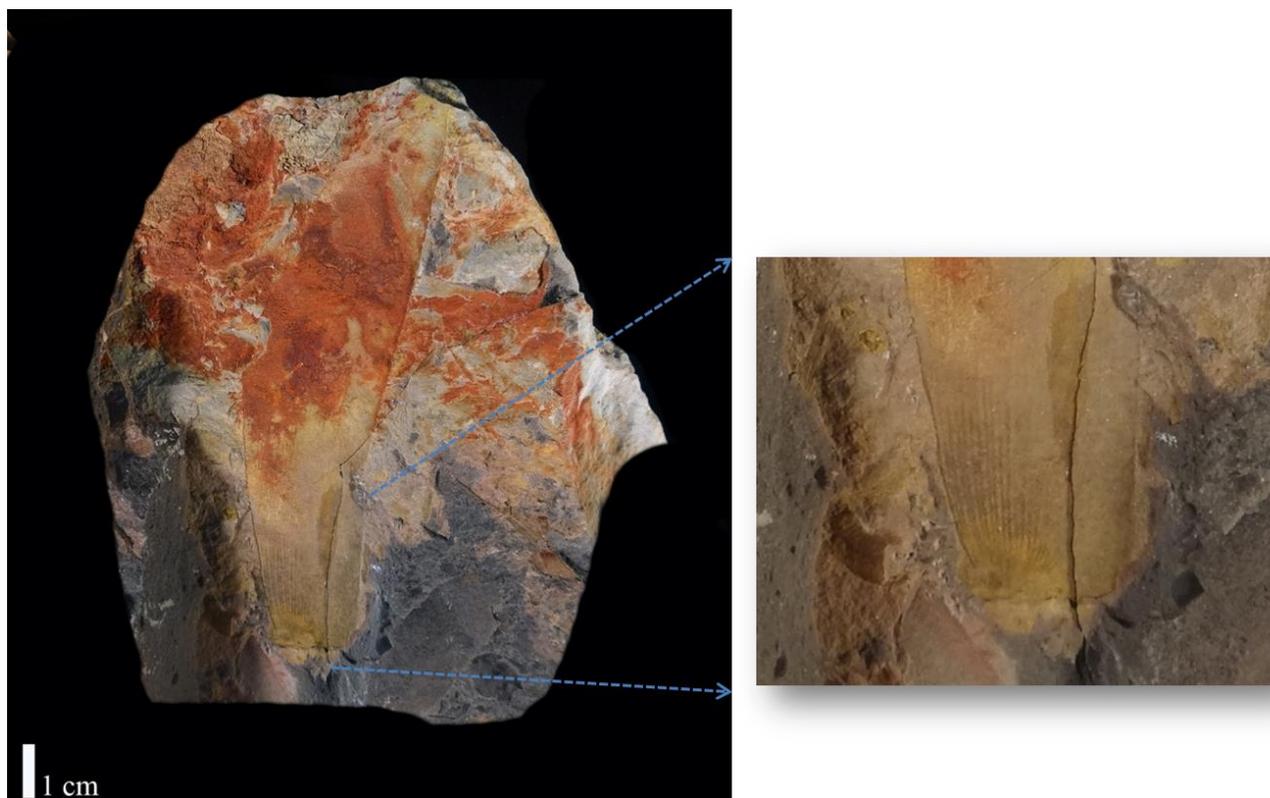


Figura 20: Imagen del morfotaxa 2, perteneciente al género *Otozamites*, donde se observa la morfología del fragmento, y acercamiento a la base de la misma.

MORFOTAXA 3

Descripción: Morfotaxa representado por un solo ejemplar correspondiente a una pinna suelta, de forma ovalada con ápice redondeado y una base fuertemente asimétrica, presenta una callosidad basal de unos 0.5 cm de largo, la pinna mide 4,6 cm de largo y 1.9 de ancho como máximo, en la parte media tiene una densidad de venación de 22 venas por centímetro, probablemente se dividen una vez cerca de la base de la pinna. (Figura 21).

Observaciones: Al igual que en el caso anterior se cuenta con un ejemplar para esta descripción, por lo que puede ser cuestionable el describirla como un morfotaxa separado, sin embargo muestra ciertas características únicas que la diferencian de las demás especies como lo demuestra el fenograma; donde hay cierta similitud con *O. klipsteinii* procedente de Japón, sin embargo se diferencian por un centímetro menos de largo del morfotaxa 3, y el ancho a lo largo de la pinna que es muy variable, a diferencia de *O. klipsteinii* que su ancho es constante.

Número de ejemplares: CFZ Ca165

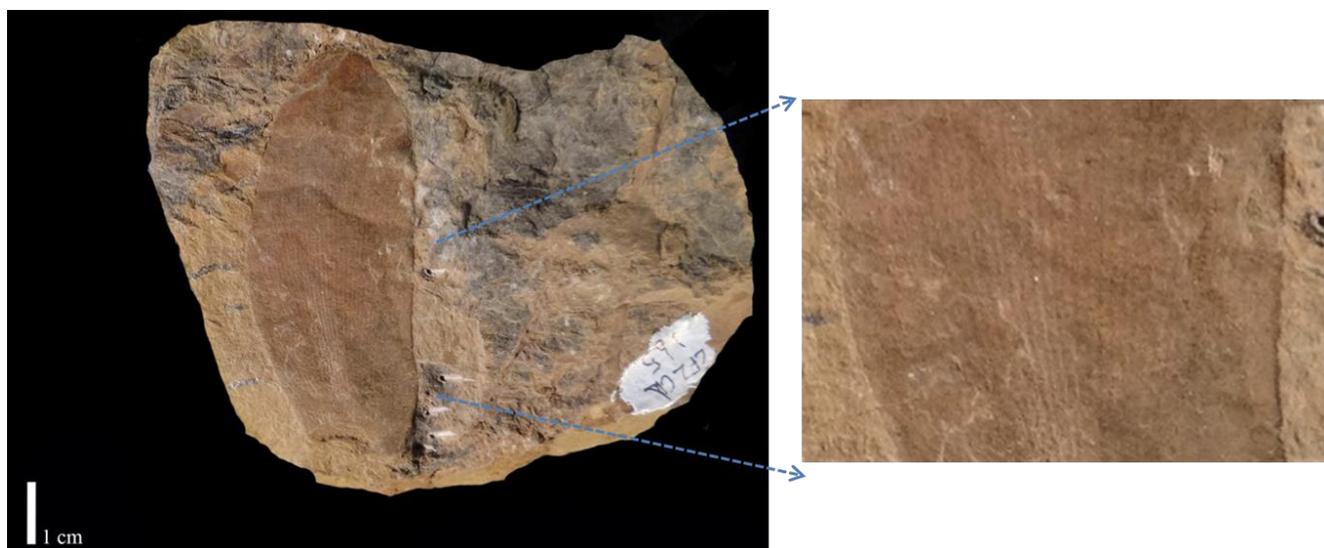


Figura 21: Imagen del morfotaxa 3, perteneciente al género *Otozamites*, donde se observa la morfología del fragmento mejor conservado y parte del arreglo de las venas.

9.5.-GÉNERO, ZAMITES

En Cañada Alejandro se tiene cinco especies y seis morfotaxa del género *Zamites* (Figura 22), la especie más abundante corresponde a *Z. lucerensis* con un total de 40 fósiles seguido de *Z. oaxacensis* y el morfotaxa dos, con 14 ejemplares cada uno.

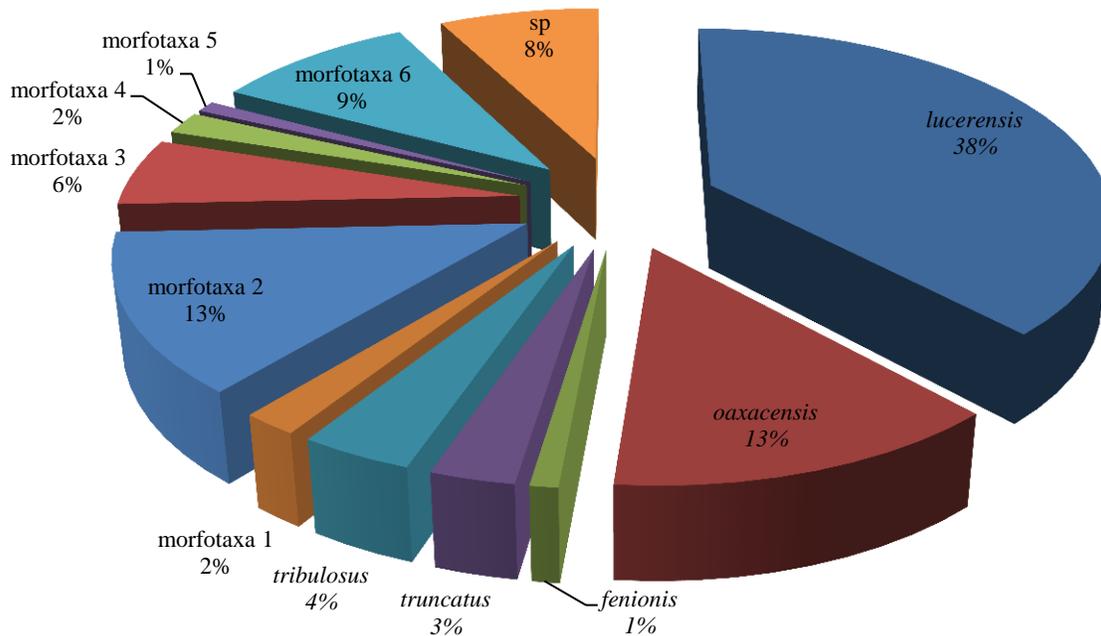


Figura 22: porcentaje de cada especie y morfotaxa dentro del género *Zamites*, tomando a este como el 100%.

En este género se tienen un total de seis morfotaxa, las cuales no corresponden con ninguna de las especies reportadas para México, por lo que se prosiguió a compararlas con especies de varias localidades mesozoicas alrededor del mundo (Argentina, Europa, Japón) con la información recabada se construyó una matriz básica de datos con los caracteres que distinguen a las especies entre si y que están presentes en los ejemplares de Cañada Alejandro (Tabla 9).

Tabla 9: Caracteres morfológicos obtenidos de 14 especies y 6 morfotaxa. Datos= Nombre de los autores de los trabajos de donde se obtuvo los datos para este estudio, L. raquis = largo raquis. Ang. Inserción = Angulo inserción. L. pina= largo de la pina. A. Ter = ancho de la mitad del primer tercio de la pina. A. seg ter = ancho de la mitad del segundo tercio de la pina. A. ter ter = ancho de la mitad del tercer tercio de la pina. Tipo de ápice = 1) redondeado, 2) obtuso, 3) agudo, 4) acuminado. Num. Venas cent= número de venas en el centro de la pina. A. foliar = largo por ancho de la pina por 0.66.Ang. Ápice = Ángulo del ápice. A. Callo= Ancho de la callosidad basal Arreglo de pinas = 1) opuesto, 2) sub-opuesto, 3) alterno. Cuando algún carácter se desconoce un 99 fue usado en la matriz.

Especies	Datos	Ancho raquis	Ang. Insercion	Largo pina	Anc. Un tercio	Anc. seg tercio	Anc. ter tercio	Tipo de apice	Num. Venas	Area foliar	Ang. Apice	Ancho cayo basal	Arreglo de pinas
Morfotipo 1		0.45	84	6	2.3	2.4	0.9	4	80	9.5	52	0.5	3
Morfotipo 2		0.3	80	2.25	1.05	1.15	1.05	1	24	1.7	61	0.2	2
Morfotipo 3		0.2	70	3	1	1.1	0.9	2	22	2.1	57	0.3	1
Morfotipo 4		0.6	87	6.4	1.55	1.75	1.2	2	20	7.3	43	0.45	1
Morfotipo 5		0.5	82.5	10.6	3.1	2.25	1.1	3	19	21	36	0.6	2
Morfotipo 6		0.2	88	1.1	1	1.1	9	1	25	0.79	77	0.4	2
<i>Z. tosanus</i> , Saburo.	Oishi (1940)	0.1	75	2.4	0.3	0.2	0.2	1	55	0.47	34	99	3
<i>Z. torayaensis</i> , oishi	Oishi (1940)	0.5	70	4.6	0.6	0.45	0.3	4	45	1.82	17	99	2
<i>Z. yabei</i> , Saburo.	Oishi (1940)	0.5	70	6.9	0.5	0.6	0.45	99	25	7.59	99	99	3
<i>Z. boureauii</i> , Fakhr.	Jadavi (2006)	0.55	73	5.9	0.4	0.4	0.3	3	60	1.5	33	99	2
<i>Z. persica</i> , Boureaus y Furon.	Jadavi (2006)	0.2	55	2.7	0.3	0.25	0.2	3	36	0.53	32	99	3
<i>Z. gigas</i> , Lindley y Hutton.	Harris (1969)	0.3	110	8	1.3	1	0.75	4	15	6.8	23	0.2	2
<i>Z. quinia</i> , Harris.	Harris (1969)	0.4	75	5.9	0.95	0.6	0.3	4	14	3.6	8	0.5	1
<i>Z. bayeri</i> , Kvacek.	Yamada (2009)	0.3	60	3.3	0.3	0.3	0.4	99	63	5.4	99	99	3
<i>Z. powelli</i> , Fontaine	Ash (2011)	0.4	74	2.7	0.3	0.3	0.3	2	99	0.53	33	99	2
<i>Z. fenianis</i> , Brongniart.	Silva-Pineda (1984)	0.55	75	6.1	0.95	0.9	0.8	2	35	3.82	25	0.44	2
<i>Z. truncatus</i> , Zeiller.	Silva-Pineda (1969)	0.4	50	7.2	0.95	1.5	1.9	5	99	20	43	0.2	3
<i>Z. lucerensis</i> (wieland) Pearson y Delevoryas.	Silva-Pineda (1984)	0.15	55	2	0.6	0.6	0.6	2	16	0.79	4.7	0.2	2
<i>Z. oaxacensis</i> (wielan d) Pearson y Delevoryas.	Silva-Pineda (1984)	99	85	8.2	1	1.3	0.7	3	17	7	19	0.4	3
<i>Z. tribulosus</i> (wieland) Pearson y Delevoryas.	Silva-Pineda (1984)	0.5	90	6.5	1.3	1.05	0.5	3	99	5.5	37	0.4	2

Se tomaron datos de un total de 16 especies del género *Zamites*, con la cual se realizó un análisis de agrupamiento, en este caso se obtuvo un solo fenograma (Figura 23) con un valor cofenético de 0.83, el cual indica que el fenograma está dado por las diferencias de los caracteres dados y no se trata de un acomodo azaroso (Sneath y Sokal, 1973).

Se observan dos agrupamientos (A y B) el primero formado únicamente por el morfotaxa 6; el agrupamiento B se subdivide en dos grupos, B1 y B2; B1 se vuelve a dividir en dos subgrupos (B1.1 y B1.2. B1.1 se vuelve a dividir en B1.1.1 Y B1.1.2, en el primero se localiza únicamente la especie *Zamites gigas* y en B1.1.2 se ubica el morfotaxa 4, junto con otras ocho especies de *Zamites* (*Z. toroyaensis*, *Z. boureauii*, *Z. powelli*, *Z. yabei*, *Z. oaxacensis*, *Z. fenionis*, *Z. tribulosus* y *Z. quiniaie*) separándose de todas ellas a una distancia de 3.6 (Figura 16).

En B1.2 se ubican cuatro especies (*Z. tosanus*, *Z. pérsica*, *Z. bayeri* y *Z. luceresis*) y dos morfotaxas (2 y 3) estas últimas se separan entre sí a una distancia de 2.07.

En el subgrupo B2 se encuentran el morfotaxa 1 y 5, junto a la especie *Zamites truncatus*; por lo anterior expuesto se puede inferir que todas los morfotaxa corresponden a especies no reportadas.

También se realizó un análisis de componentes principales (Figura 24) para observar los caracteres responsables del acomodo de las Otu´s donde se logra observar la poca similitud que hay entre los morfotaxa y las especies reportadas; En la tabla 10 se muestra en negritas los caracteres responsables del acomodo de las Otu´s; y en la tabla 11 se observa que desde el primer componente se tiene un 71% de variación acumulativa.

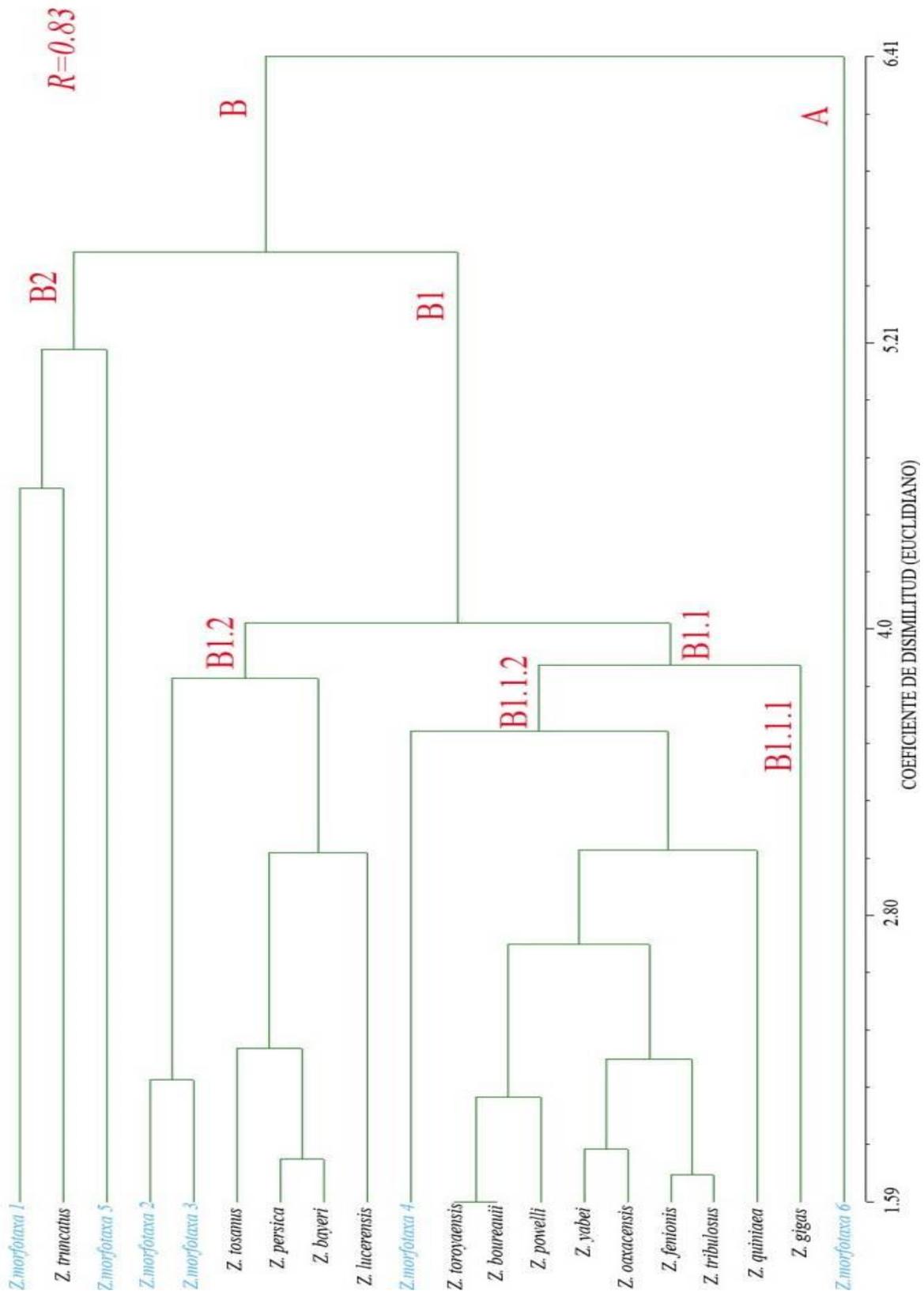


Figura 23: Fenograma que muestra el acomodo de las OTU'S, correspondiente a especies del género *Zamites*, en color azul se resaltan los morfotaxa de Cañada Alejandro.

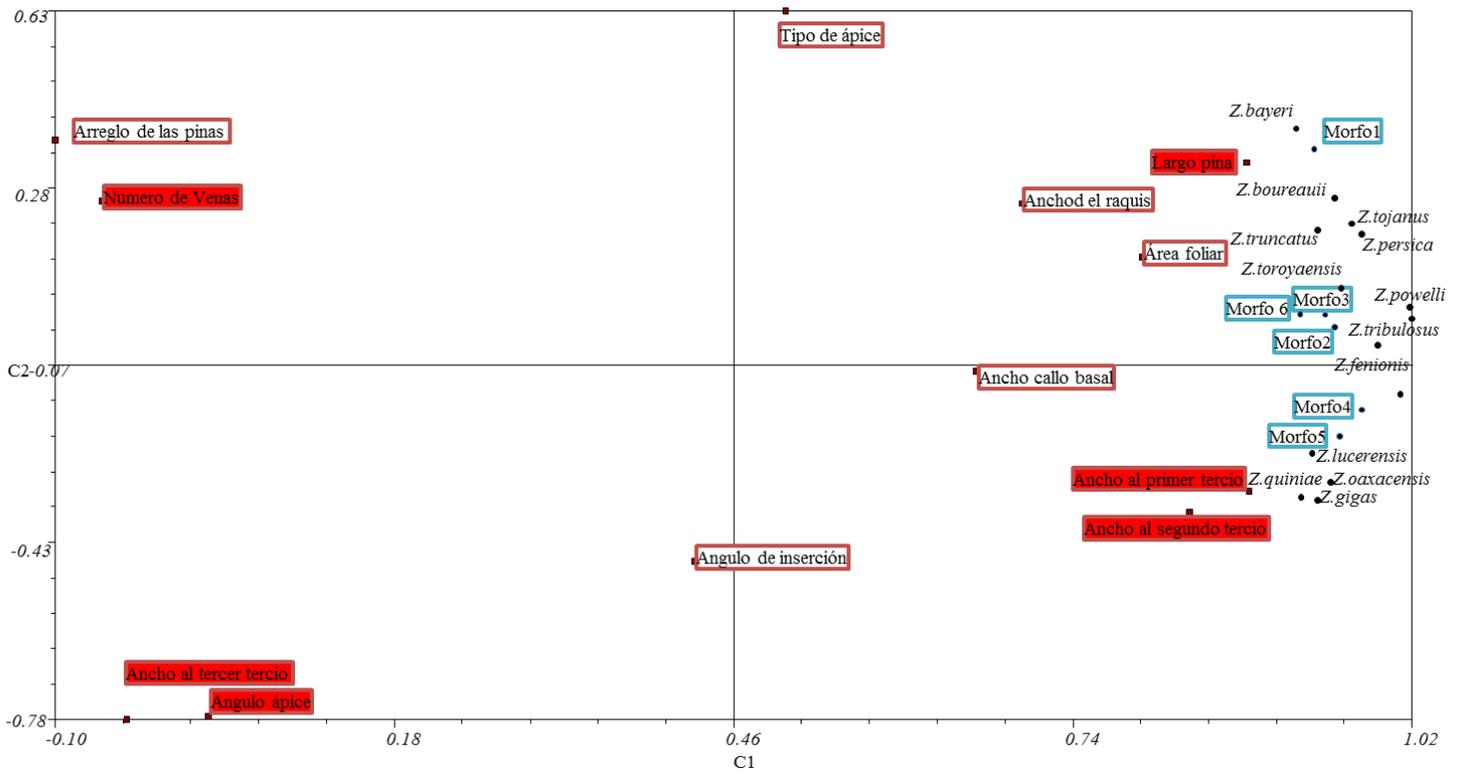


Figura 24: Análisis de componentes principales donde se observa el acomodo de las especies del genero *Zamites* y los seis morfotaxa de Cañada Alejandro, en rojo los caracteres importantes para el acomodo de las otus.

En este análisis se puede comprobar como los diferentes morfotaxa estan separados entre si, y las demás especies de *Zamites*, unicamente se acercan levemente entre si el morfotaxa 2 y 3, tal y como lo muestra el fenograma.

En el análisis de componentes principales se puede constatar por un lado, en la grafica que la mayoría de los caracteres estan tomados en cuenta para el acomodo de las Otu's, por otra parte en la tabla 10 se observan en negrita los caracteres con mayor peso en el acomodo los cuales son los anchos de las pinnas tomados a diferentes altura, el largo de la misma, numero de venas y angulo del apice (Remarcado en rojo, en el fenograma de la figura 24).

Tabla 10: En negrita se observan los caracteres responsables del acomodo de los OTU'S del análisis de componentes principales de las especies del género *Zamites* y los seis morfotaxas de Cañada Alejandro.

Caracteres	1 Componente	2 Componente	3 Componente	4 Componente
Ancho de raquis	0.6946	0.2458	0.1267	0.4225
Angulo de inserción	0.4242	-0.4626	0.3317	0.1635
Largo pina	0.8804	0.3263	0.1597	-0.1234
Ancho al primer tercio de la pinna	0.8827	-0.3248	-0.0377	-0.0373
Ancho al segundo tercio de la pinna	0.8328	-0.3658	-0.1877	-0.1622
Ancho al tercer tercio de la pinna	-0.0442	-0.7768	-0.2088	-0.1819
Tipo de ápice	0.4997	0.6272	-0.0899	0.2629
Numero de venas	-0.0643	0.2506	-0.7729	0.5146
Área foliar	0.7938	0.1395	-0.2264	-0.4681
Angulo de ápice	0.0234	-0.77	-0.4891	-0.0485
Ancho cayo basal	0.6567	-0.0858	-0.1217	0.6398
Arreglo de las pinnas	-0.1035	0.3725	-0.7473	-0.2199

En la tabla del análisis de variación acumulada se nota que desde el primer componente la variación acumulada es de 92%, esto indica que se tiene ese porcentaje de disimilitud entre las Otu's, por lo que se puede considerar que son morfológicamente distintas.

Tabla 11: Porcentaje de variación acumulada responsables del acomodo de los OTU'S del análisis de componentes principales de las especies del genero *Otozamites* y los tres morfotaxa de Cañada Alejandro.

i	Eigen valor	Porcentaje	Variación acumulada
1	18.414824	92.0741	92.0741
2	0.9470088	4.735	96.8092
3	0.7002414	3.5012	> 100%
4	0.1293381	0.6467	> 100%
5	0.075897	0.3795	> 100%
6	0.0537895	0.2689	> 100%
7	0.0041983	0.021	> 100%
8	0.0035257	0.0176	> 100%
9	0.0021844	0.0109	> 100%
10	0.0011488	0.0057	> 100%
11	0.0010424	0.0052	> 100%
12	0.0001104	0.0006	> 100%
13	6.939E-05	0.0003	> 100%

División: Cycadophyta

Clase: Cycadeoidopsida

Orden: Bennettitales

Familia: Cycadeoidaceae

Género: *Zamites*

MORFOTAXA 1

Descripción: Hojas incompletas, la más completa con un largo de 11.5 cm y un ancho máximo en la parte media de 11.4 cm. las pinnas presentan un ángulo en el ápice de 52°, el cual es muy acuminado, tiene un ángulo basal de 84°, el raquis es grueso mide en promedio 0.45 cm y presenta estrías, son sub-opuestas y llegan a tocarse entre sí, presentan una callosidad de unos 0.5 cm, llegan a medir 6.0 cm de largo y un ancho máximo de 2.3 – 2.4

cm, en la parte media se tiene un total de 80 venas muy finas por centímetro las cuales no se les nota división a lo largo de la misma (Figura 25).

Observaciones: Estas hojas pudieron alcanzar gran tamaño, destacan en este morfotaxa la forma globosa de la pinna, su gran cantidad de venas finas y su ápice que termina de forma acuminada (Figura 25), este tipo de terminación en las pinnas u hojas esta reportado para lugares con gran precipitación pluvial, comúnmente denominado acumen o goteador, esta larga punta les ayudaría a drenar de la superficie de la hoja el exceso de agua (Nabors, 2006), este tipo de adaptación esta normalmente reportado para especies de Angiospermas y no de Gimnospermas, como es este caso.

Número de ejemplares: CFZ 97, CFZ 22.

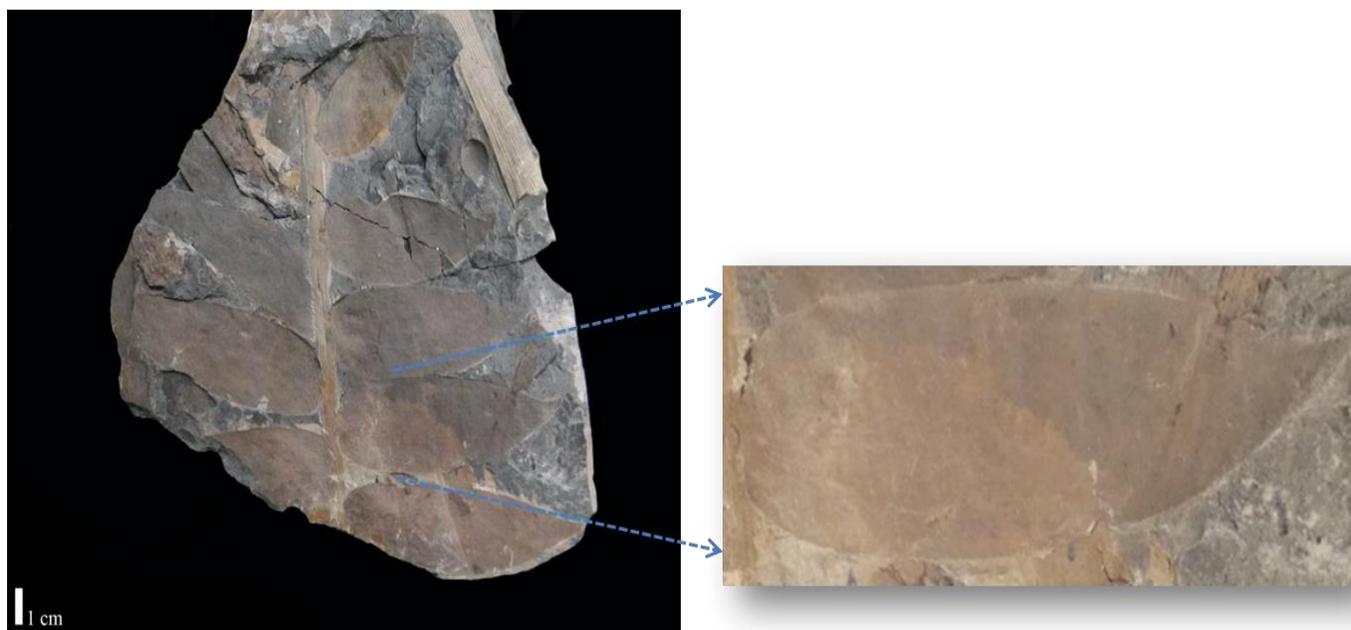


Figura 25: Imagen del morfotaxa 1, perteneciente al género *Zamites*, donde se observa la morfología de la hoja y pinnas.

MORFOTAXA 2

Descripción: Hojas muy largas con un máximo de 12 y un ancho en la parte media de 4.5 cm, raquis estriado con 0.3 cm de ancho, ángulo de inserción cerca de los 80°, las pinnas se tocan entre sí y se acomodan de manera sub-opuesta, presentan un ápice redondeado y pueden medir de 2 – 2.25 cm y un ancho que va de los 1.05 a los 1.15 cm, tienen una densidad de venación en la parte media de 24 venas por centímetro cuadrado las cuales se dividen una vez a lo largo de la pinna (Figura 26).

Observaciones: pinnas parecidas a las pertenecientes a *Z. lucerensis* y al morfotaxa 3, se diferencia por ser más anchas que estas dos (0.5 cm en promedio) y por ser más pequeña que el morfotaxa 3, pero no tanto como *Z. lucerensis*.

Número de ejemplares: CFZ Ca18, CFZ Ca21, CFZ Ca33, CFZ Ca101, CFZ Ca119, CFZ Ca129, CFZ Ca131, CFZ Ca136, CFZ Ca148, CFZ Ca211, CFZ Ca218, CFZ Ca250 (1), CFZ Ca (2), CFZ Ca279.

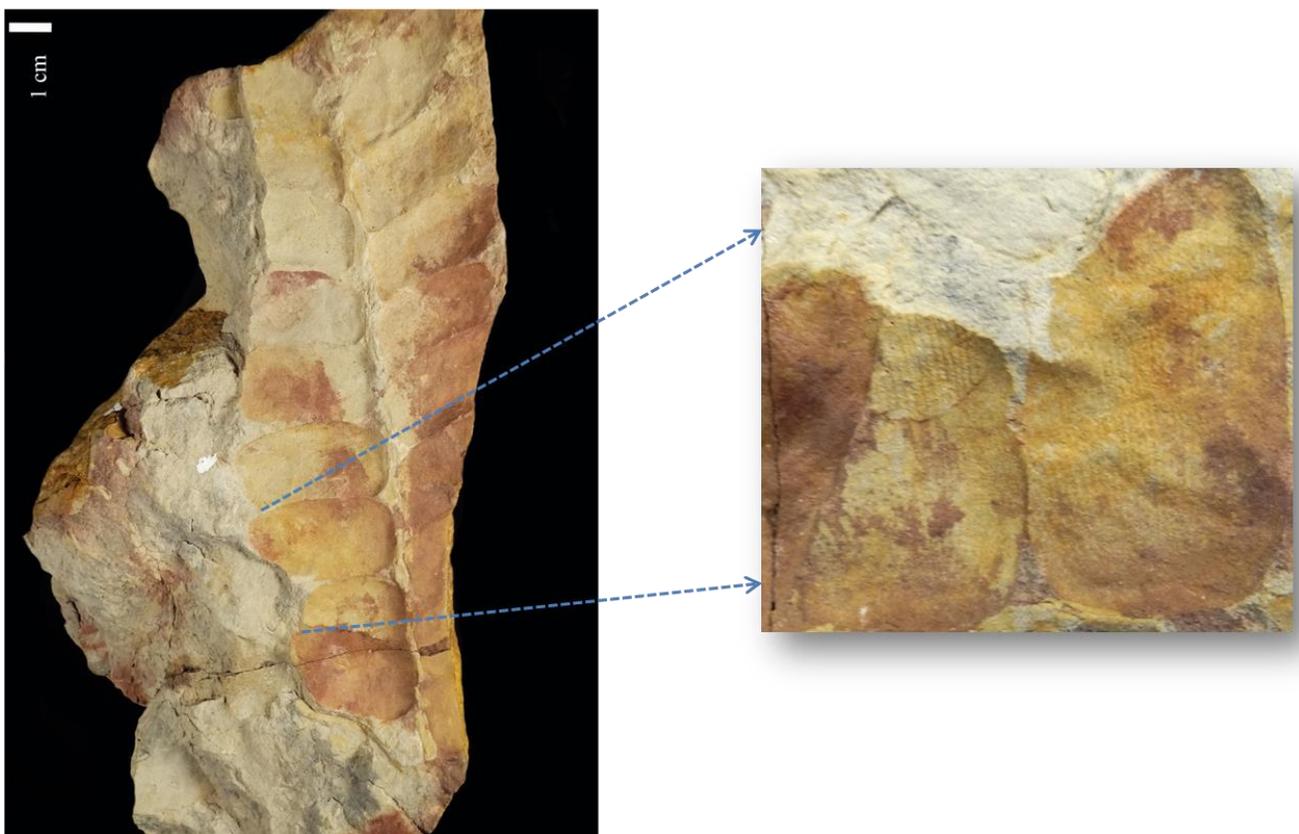


Figura 26: Imagen del morfotaxa 2, perteneciente al género *Zamites*, donde se observa la morfología del fragmento mejor conservado de la colección.

MORFOTAXA 3

Descripción: Hojas que se adelgazan hacia la base y el ápice, el ejemplar más grande colectado mide 10 cm de largo y 6.5 cm ancho, raquis delgado (0.2 cm) las pinnas se unen a este en un ángulo de 70°, las pinnas presentan un arreglo sub-opuesto y se tocan entre sí, miden entre 2.8 -3.2 cm de largo y 9.9-1.1 cm de ancho, un ápice redondeado y una densidad de venación de 22 venas por centímetro, las cuales se llegan a dividir una vez cerca de la parte media y apical de las pinnas (Figura 27).

Observaciones: como se mencionó anteriormente se distingue de *Z. lucerensis* y el morfotaxa 2, por tener las pinnas más largas que estas dos, en los trabajos de Silva Pineda (1984) hay una gran variedad de formas que asigna a *Z. lucerensis*, sin embargo en este trabajo se considera que hay caracteres únicos de cada una de estas formas para poder asignarlos como morfotaxa distinta, sin embargo no hay que olvidar que para poder corroborar estos datos se necesita un análisis con caracteres cuticulares para poder demostrar que en realidad se tratan de variedades ó especies nuevas, caracteres que lamentablemente no se encuentran en estos fósiles.

Número de ejemplares: CFZ Ca 10, CFZ Ca79, CFZ Ca126, CFZ Ca146 (1), CFZ Ca146 (2), CFZ Ca176.

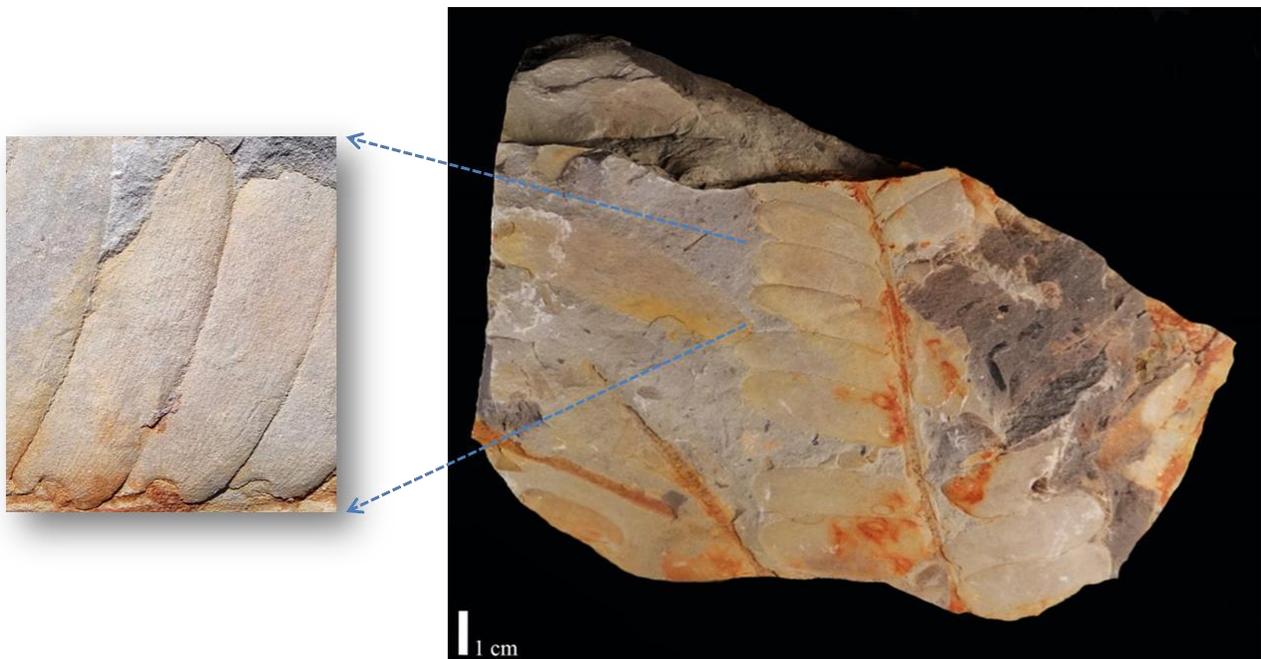


Figura 27: Imagen del morfotaxa 3, perteneciente al género *Zamites*, donde se observa la morfología del fragmento mejor conservado de la colección.

MORFOTAXA 4

Descripción: Hojas incompletas de gran tamaño, con un largo máximo de 14 cm y un ancho preservado de 8.6 cm, las pinnas con ápice obtuso y un ángulo basal de 87° , raquis muy grueso, mide de 0.6 cm y presenta estrías, las pinnas aunque están juntas entre ellas no se tocan entre sí, presentan una callosidad basal de unos 0.45 cm, las pinnas llegan a medir 6.4 cm de largo y un ancho máximo de 1.75 cm, en la parte media se tiene un total de 20 venas por centímetro, alguna de estas se dividen una vez en la parte media de las mismas (Figura 28).

Observaciones: Este ejemplar destaca por un raquis considerablemente más grueso que el de otras especies, además sus pinnas también son más largas que el promedio, estas frondas guardan cierta similitud con la especie descrita por Wieland (1914) denominada *Otozamites juarezii*.

Número de ejemplares: CFZ Ca105 y CFZ Ca207

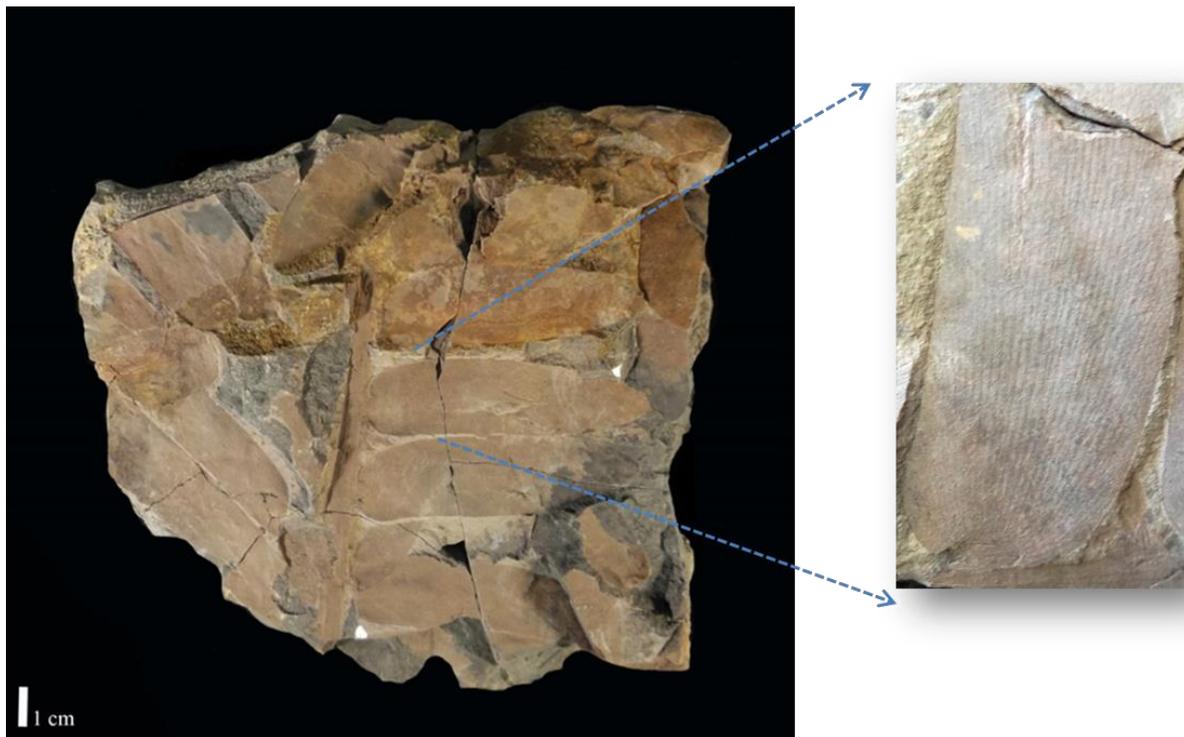


Figura 28: Imagen del morfotaxa 4, perteneciente al género *Zamites*, donde se observa la morfología del fragmento mejor conservado de la colección.

MORFOTAXA 5

Descripción: fragmento de una hoja de gran tamaño, la fracción preservada mide 21 cm de largo y 14.5 cm de ancho, el raquis mide 0.5 cm de ancho, las pinnas son sub-opuestas y tienen un ángulo de 82° , las pinnas miden 10.6 cm de ancho, la parte más ancha de las mismas es la base, la cual mide 3.1cm y se adelgaza constantemente hasta el ápice, que termina de forma aguda, tienen una densidad de 19 venas por centímetro, en la parte media de las pinnas (Figura 29).

Número de ejemplares: CFZ Ca272

Observaciones: Esta hoja guarda similitudes con *Z. oaxacensis* y *Z. gigas*, se diferencia por tener pinnas un poco más grandes que estas y ser también más anchas, al igual que en casos anteriores se necesitan más ejemplares de este morfotaxa para poder proponer una variedad o nueva especie.

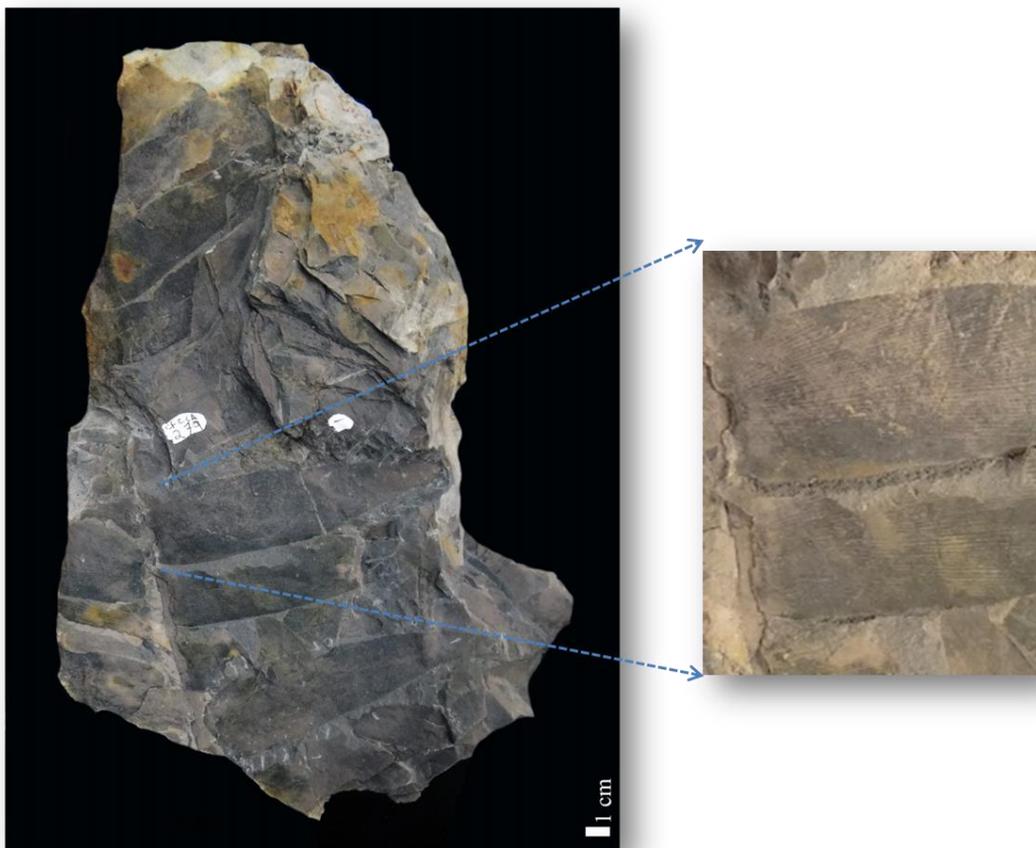


Figura 29: Imagen del morfotaxa 5, perteneciente al género *Zamites*, donde se observa la morfología del fragmento mejor conservado de la colección.

MORFOTAXA 6

Descripción: Hojas muy fragmentadas, el más completo con unos 4.5 cm de largo por 3.4 cm de ancho, pinnas de forma circular y ápice de redondeado a obtuso, presentan un ángulo basal de 88° , el raquis es delgado 0.2 cm de ancho y presenta estrías, las pinnas se tocan entre sí, presentan una proporción largo-ancho de 1 a 1 normalmente, las pinnas llegan a medir 1.1 cm de largo y un ancho máximo de 1.0 cm, en la parte media se tiene un total de 25 venas por centímetro, las cuales se dividen una vez en la parte media de las mismas (Figura 30).

Observaciones: Estos ejemplares son idénticos a lo propuesto por Wieland (1914) como *Otozamites cardiopteroides*, los cuales fueron asignados a *Zamites lucerensis* por Silva Pineda (1984), sin embargo en este trabajo se propone retomar la especie propuesta por Wieland ya que difiere de *Z. lucerensis* en el ángulo de inserción de las pinnas además de ser estas el doble de anchas que en *Z. lucerensis* y por el número de venas en las mismas.

Número de ejemplares: CFZ Ca50, CFZ Ca54, CFZ Ca90, CFZ Ca134, CFZ Ca163, CFZ Ca172, CFZ Ca195, CFZ Ca199, CFZ Ca261 y CFZ Ca263.



Figura 30: Imagen del morfotaxa 6, perteneciente al género *Zamites*, donde se observa la morfología y el arreglo de las venas.

9.6.-ANÁLISIS DE SIMILITUD

Se creó una matriz básica de datos donde se indica la presencia /ausencia de las especies, comparando tres localidades, una pertenecientes a la Formación Zorrillo (Cañada Alejandro) y una correspondiente a la Formación Zorrillo-Taberna indiferenciada, Río Ñumi; y Olinalá perteneciente al grupo Tecocoyunca. Olinala cuenta con tres zonas de recolecta (3 caminos, carretera y barranca); Cañada Alejandro cuenta con dos (Carretera y Las Mesas); por ultimo Río Ñumi cuenta con tres zonas (ZT1, ZT2, ZT3); se obtuvo un solo fenograma, (Figura 31).

Se observan dos agrupamientos (A y B) el primero se vuelve a dividir en los sub-grupos A1 y A2, en A1 se ubica la localidad Olinalá con la zona de colecta 3 Caminos, en A2 a una altura de 0.38 se separan la localidad d Río Ñumi ZT (1) y ZT (2); en el agrupamiento B, encontramos a B1 y B2, en B1 se ubica Cañada Alejandro con su zona de recolecta Carretera, B2 encontramos el subgrupo B2.1 y B2.2, en el primero encontramos a las localidades de Olinala Carretera y Barranca, mientras que en otro subgrupo solo se ubica Cañada Alejandro con su zona Las Mesas.

Como se puede observar las ocho localidades pertenecientes a las Formaciones Zorrillo y Zorrillo-Taberna indiferenciada, tienen poca similitud en sus listados florísticos, por lo que no solo se tratan de diferentes facies en las columnas estratigráficas, sino también de diferentes biofacies donde se encuentran distribuidas diferentes comunidades florísticas, esto probablemente que tanto las dos zonas de recolecta de Cañada Alejandro como en las otras seis zonas, se tratan de diferentes intervalos de tiempo durante el Jurásico Medio, además de que las condiciones ambientales variaron pues se ve reflejado en la composición florística de cada uno.

Entre la Carretera y Las Mesas se tienen algunos géneros en común: *Zamites*, *Otozamites*, *Ptylophyllum*, *Taniopteris* y además de un inserta sedis (*Mexiglosa*), con las otras seis zonas de recolecta solo se tiene en común algunas de las especies de *Zamites*, *Otozamites*, *Ptylophyllum* y *Williamsonia* dentro del orden de las Cycadeoidales, en cuanto a las

Ginkgoales comparten los géneros *Sphenobaieras* y *Baieras*, además de Cycadales como *Pelourdea* o Inserta sedis como *Mexiglosa*.

Sin embargo con los análisis de área foliar realizados por Lozano Carmona en el 2013 para la localidad de río Ñumi y para Olinalá por Martínez Paniagua en el 2012, se muestra que estas dos localidades pasan de un clima con temporadas secas a uno semicálido-subhúmedo (en Olinalá se pasa de una mayor cantidad de micrófila 1, a una dominada por micrófila 2 y notófila, de Río Ñumi se pasa de micrófila 1 a micrófila 2) y al no corresponder la flora de ninguna de ellas se tiene diferentes intervalos de tiempo donde las condiciones climáticas variaron entre secas a húmedas, y de húmedas a secas, dentro de la Formación Zorrillo.

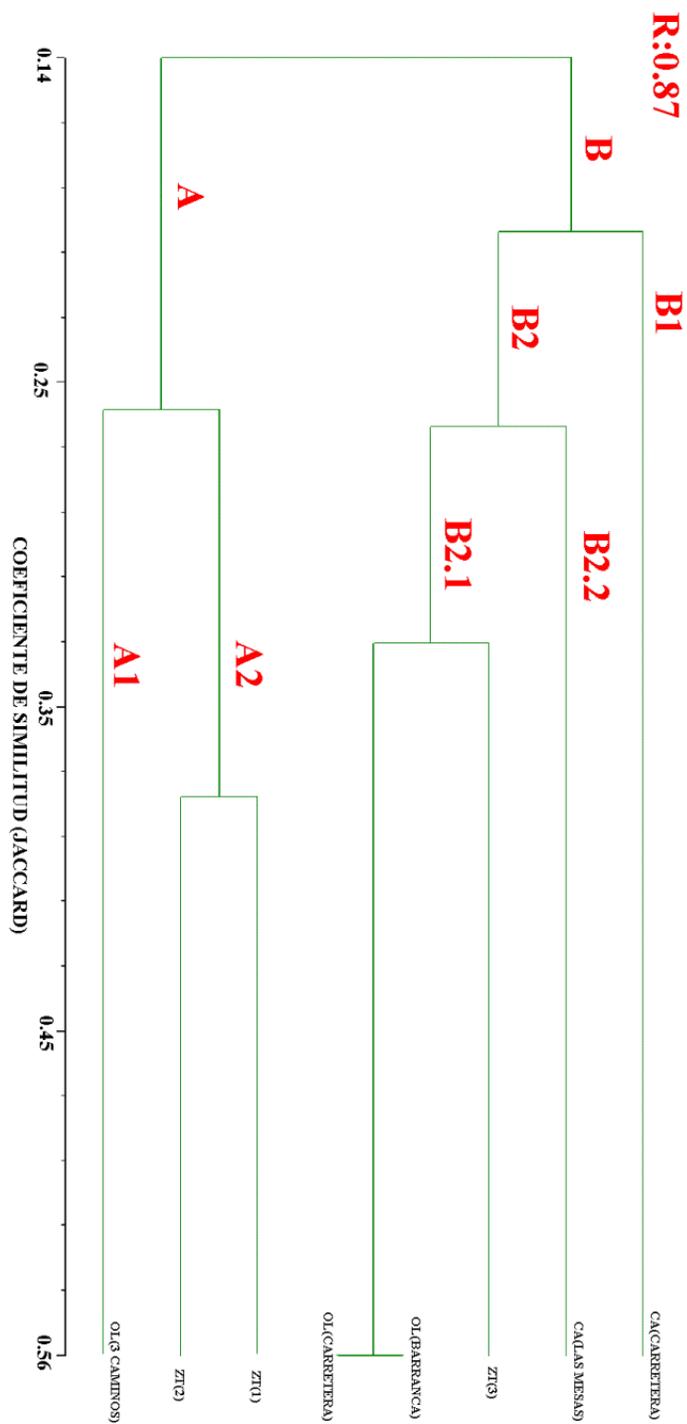


Figura 31: Fenograma obtenido de la matriz básica de datos de presencia y ausencia al comparar los listados florísticos de tres localidades, además se muestra el coeficiente cofenético obtenido.

9.7.-CURVA DE ACUMULACIÓN

En la Figura 32 se observa la curva de acumulación de cada uno de los nuevos registros fósiles durante las cinco visitas a la zona de colecta; se puede observar que la gráfica solamente tiende a la asíntota por lo que es posible seguir encontrando nuevos registros de géneros o especies en esta localidad.

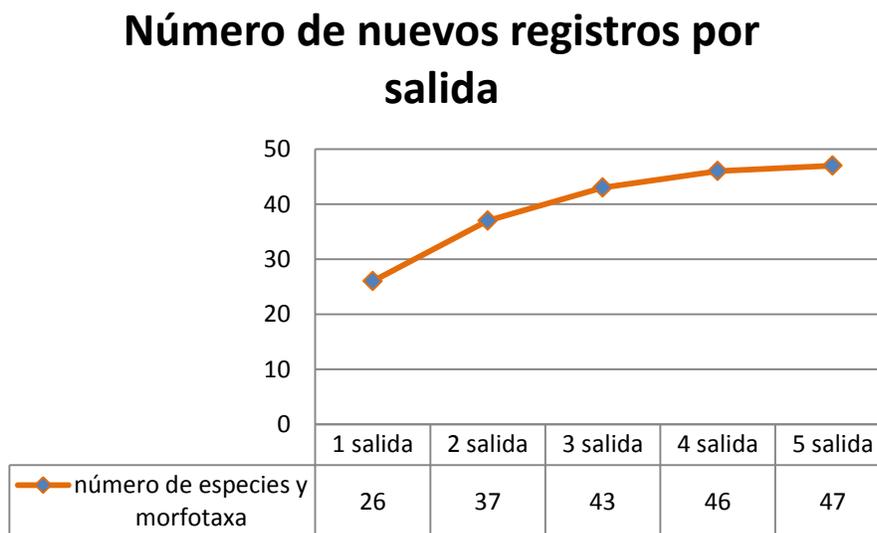


Figura 32: Curva de acumulación de géneros, especies y morfo especies de la localidad Cañada alejandro donde se muestra el aumento gradual de aparición de taxa en cada muestreo.

10.-CONCLUSIONES

Para lo localidad Cañada Alejandro se tiene un ambiente continental donde, de los siete ordenes registrados el de las Cycadeoidales resulta ser más abundante sobre todo con sus géneros *Zamites* y *Otozamites* en esta zona también se infiere un clima tropical cálido-húmedo.

Se reportan tres nuevos géneros para la República Mexicana (*Heidiphyllum*, *Sphenarion* y *Williamsoniella*), ayudando a comprender mejor la distribución de estos grupos durante el Jurásico Medio a nivel mundial.

Se proponen dos biofacies que representan distintos intervalos de tiempo, donde se pasa de un clima con mayor humedad a uno más seco; esto con base en los diferentes géneros que se encuentran en las dos zonas y a la morfología de algunos de ellos.

Las diversas formas encontradas en Cañada Alejandro, del género *Zamites* (seis morfotaxa) y *Otozamites* (tres morfotaxa) no concuerdan con las especies descritas en la literatura especializada, probablemente corresponden a nuevas variedades o especies.

El análisis entre los listados florísticos de las diferentes localidades demuestra que todas ellas son diferentes, sin embargo en todas encontramos Cycadeoidales con diferente diversidad de géneros y especies, lo anterior implica que corresponden a diferentes biofacies.

11.-BIBLIOGRAFÍA

- Ash, S. R., (1993). *Anomalous occurrence of the Gondwanan winged seed Fraxinopsis in a new Late Triassic (Norian) flora from west Texas, USA*. Review of Palaeobotany and Palynology. Vol. 166. pp 94-106.
- Badii, M. H., J. Landeros., y E. Cerna. (2007). *Patrones de asociación de especies y sustentabilidad*. International Journal of Good Conscience. Vol. 3. n°1. pp 632-660.
- Barale, G. (1987). *New observation on Otozamites pterophylloides Schimper 1872, emend. Saporta 1874, from the Jurassic of France and Denmark*. Review of Palaeobotany and Palynology. Vol. 51. pp 117-126.
- Bhatnagar, A. M. (1996). *Gymnosperms*. New Age International
- Cantrill, D. J., Y Hunter, M. A. (2005). *Macrofossil floras of the Latady Basin, Antarctic Peninsula*. New Zealand Journal of Geology & Geophysics. Vol. 48. pp 537-553.
- Corro-Ortiz M. G. y F. J. Ruiz-González, 2011. *Análisis estratigráfico de las secuencias Jurásicas del área de Tlaxiaco, Oaxaca*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Crisci, J. V., y M. F. López A. (1983). *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Erben, H. K. (1956). *El Jurásico Medio y el Calloviano de México*. XX Congreso Geológico Internacional, México D. F. Monografía.

- Gass, I. G., Peter, J. S., y Wilson, R. C. L. (1980) *Introducción a las ciencias de la tierra*. Editorial Reverté S.A.
- Gibbs, W. J. (1987). *Definiendo el clima*. Boletín de la OMM. Vol. 36; n° 4.
- Givinish, T. J. (1979). *On the adaptative significance of leaf from*. en Solbrig, O. T. S., Jain., G. B. Johnson., y P. H. Raven (Eds), *Tropics in plant population biology*. Columbia University. Press. New York.
- Harris, T. M. (1969). *The Yorkshire Jurassic Flora. III. Bennettitales*. British Museum (Natural History) London.
- Herbst, R. *La flora Liasica Del Grupo Chubut, Patagonia*. (1966). Revista de la Asociación paleontological Argentina. VOL. 4; n°9. pp 337-349.
- Javadi, V. F., *Plant fossil remains from the Rhaetian of Shemshak Formation. Narges-Chal area, Alborz, ne Iran*. (2006) Revista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia. Vol. 112. n°3. Pp 397-416.
- Lincoln, R. J., G. A. Boxshall y P. F. Clark, (1983). *A dictionary of Ecology, Evolution and Systematics*. Press Syndicate of the University of Cambrige.
- López, H. R., Y Cerón, J.M. (2007). *Colección paleobotanica*. En Cerón, J.M. y Marques, L. J. *Colecciones Del Centro de Investigations Biológicas*. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México.
- Lozano-Carmona D.E. (2013). *Paleoclima y flora fósil de rio ñumí, Formación Zorrillo-Taberna Indiferenciada, Oaxaca*. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mariel, N. P. (2008). *Análisis cluster: una aplicación a los departamentos de la provincia de Córdoba*. XV Jornadas de Intercambio de Conocimientos Científicos Y Técnico. Universidad Nacional de Río Cuarto.

- Martínez, Paniagua O. D. y Velasco-de León, M. P., (2012). Diversidad de la paleoflora en la Formación “Conglomerado Cualac”. VI Jornadas Paleontológicas y I Simposio de Paleontología en el Sureste de México: 100 años de paleontología en Chiapas.
- Montes, E. V. (2009) Flora del Valle de Tehuacan – Cuicatlán. Fascículo 67, Pteridophyta II. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Murguía, M., y Rojas, F. (2001) *Biogeografía cuantitativa*. En Llorente Bousquets J. Y Morrone, J. (eds). Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. CONABIO, ECOSUR, Las Prensas de Ciencias, UREH, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nabors M.W. (2006). *Introducción a la botánica*. editorial Pearson S.A.
- Ortiz-Martínez, E. L., M. P. Velasco-de León., I. H. Salgado-Ugarte., y Silva-pineda A. (2013) Clasificación Área foliar de las gimnospermas fósiles de la zona norte de Oaxaca, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 30; n° 1. pp 150-158.
- Oishi, S. *The Mesozoic Floras of Japan*. (1940). Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University. Vol 5. pp 123-480.
- Pearson, C.P., y Delevoryas, T. (1982). *The middle Jurassic flora of Oaxaca México*. Palaeontographica, Abt. B. v. 180. pp 82-119.
- Prieto, G. R. E. (2006). *Técnicas estadísticas de clasificación, un ejemplo de análisis cluster*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

- Rees, P. M., Y Cleal, C. J. (2004). *Lower Jurassic floras from hope bay and botany Bay, Antartica*. The Paleontological Association London. Special papers n° 72. pp 5-90.
- Retallack, G. J. (1981). *Middle Triassic megafossil plants from Long Gully, near Otematata, north Otago, New Zealand*. Journal of the Royal of New Zealand. Vol. 11. n° 3. pp 167-200.
- Richard Wettstein. (1924). *Handbuch Der Systematischen Botanik*. Seipzig und Wien.
- Scagel, R. F., Rouse, G. E., Stein, J. R., Randoni, R. J., Schofield, N.B., y Taylor, T. M. C. (1980). *El reino vegetal, los grupos las plantas y sus relaciones evolutivas*. Edición omega.
- Silva-Pineda A. (1969). *Plantas fósiles del Jurásico Medio de Tecomatlán, Estado de Puebla*. En: *Paleobotánica y geología de Tecomatlán, Estado de Puebla*. Paleontología Mexicana, Número 27, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. pp 1-77.
- Silva-Pineda A. (1978). *Paleobotánica del Jurásico de México*. En: *Contribuciones a la Paleobotánica del Jurásico de México*. Paleontología Mexicana. Número 44. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. pp 1-43.
- Silva-Pineda, A. (1984). *Revisión Taxonómica y Tipificación de las plantas jurásicas colectadas por Wieland (1914) en la Región de El Consuelo, Oaxaca*. Paleontología Mexicana, Número 49, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. 1-102.
- Sneath, P. H. A., y Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy, The Principles and Practice of Numerical Classification*. Freeman.

- Taylor, T. N., E. L., Taylor y M. Krings. (2009). *2th Edition, Paleobotany the biology and evolution of fossil plants*. Elsevier Inc.
- Tovar, F. S., y Rivera, S. O. (1997). *Paleontología*. Coordinación de servicios editoriales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Velasco-de León, M. P., Lozano-Carmona, D. E., Flores-Barragan M. A., O. Daniel, Martínez, Paniagua, y Silva-Pineda A. (2014). *Two new species of Ginkgoales from the Middle Jurassic of Mexico*. *Historical Biology: An International Journal of Paleobiology*.
- Yong-Dong, W., Qing, N., Zi-Kun, J., y Ning T. (2008). *Palaeoworld*. Vol. 17. pp 222-234.
- *Revista Española de Paleontología*. Vol. 12. N° 1. pp 129-140
- Watson, J., Sincock, C. A. (1992). *Bennettitales of the English Wealden*. London: the paleontographical Society.
- Wang Y. (2002). *Fern ecological implication from the Lower Jurassic in Western Hubei, China*. *Review of Paleobotany and Palynology*. Vol. 119. Pp 125-141.
- Wieland, G. R. (1914-1916). *La flora Liásica de la Mixteca Alta*. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México., vol. 31. pp 1-162.
- Willis, K.J., y Mcelwain, J.C. (2002). *The Evolution of Plants*. Oxford: Oxford University Press.
- Yamada, Toshiro. (2009) *Structurally preserved Zamites bayeri Kvaček from the Coniacian Kashima Formation (Yezo Group) of Hokkaido, Japan*. *Cretaceous Research* vol. 30. pp 1301-1306.

Referencias electrónicas

- **International Stratigraphic, 2013 “Escala de tiempo”** Tomado en línea:
<<http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>> (10 de enero 2014)
- “Paleobiology data base” Tomado en línea:
<<http://paleodb.org/?page=paleodbFAQ#citation> > (11 de enero 2014)
- Weber R, 2011, “Virutas paleobotánicas, Jurasico de México” Tomado en línea:
<<http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/paleo/weber/galjurmex.htm> > (14 de enero 2014)