



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

---

---

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

MAESTRIA EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

INTERPRETACIÓN CLIMÁTICA DE DOS LOCALIDADES FÓSILES EN SANTA MARÍA  
AMAJAC, HIDALGO, CON BASE EN LA ARQUITECTURA FOLIAR.

## TESIS

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

PRESENTA

BIÓL. LAURA ZAYAS OCELOTL

DIRECTOR DE TESIS

M en C. JESUS MARTÍN CASTILLO CERÓN

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO

2013

## Agradecimientos:

A Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el otorgamiento de la beca tanto para el desarrollo de esta tesis, así como la beca de movilidad estudiantil para la estancia en Chile.

A Raúl Melgarejo Meraz, Larisa Vega Badillo, Dulce María Rodríguez Amador, Sandra Salinas y al M. en C. Manuel Ledesma, por el apoyo brindado en las salidas de campo.

Al M en C. Mario Segura Almaraz, por la ayuda en la toma de la mayor parte de las fotografías para la realización de esta tesis.

Al Dr. Luis Felipe Hinojosa, por permitirme el acceso a su laboratorio de paleobotánica en Santiago de Chile, y por proporcionarme conocimientos estadísticos importantes en la elaboración de esta tesis.

A los compañeros en el Laboratorio de Paleobotánica de la Universidad de Chile, Francisca Campano, Francy Milena Carvajal, Vladimir Silva y Lucia Castillo. Por ayudarme en la comprensión de el software y brindarme su apoyo en la estancia.

A mis amigas del Museo de Paleontología UAEH, Rocío E. Baños, Lorena Porraz Álvarez y Citlalli Guerrero Hernández, por la los buenos momentos, el apoyo académico y anímico.

A mis compañeras de casa Larisa Vega Badillo y Daniela Fernanda Campos, por las tardes tan divertidas de platicas y chistes, que me ayudaron a poder concentrarme mejor para realizar este escrito.

A mis amigas Guadalupe Medina de la Rosa y Rosa Luz Rodríguez Pérez, por todo el apoyo moral de cuando les escribía mensajes desesperada antes de las evaluaciones.

A mi familia, mama, papa, mi hermanita y a mi tía, por todo el apoyo moral y el impulso para poder lograr esta meta.

A Emerson Paul Pulido G. por los buenos y malos momentos que pasamos, así como la paciencia y el apoyo que me has brindado.

Gracias además a todas las personas que me ayudaron directa o indirectamente en la realización de esta tesis.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**  
**DIRECCIÓN**

**M. EN A. JULIO CESAR LEINES MEDÉCIGO**  
**DIR. ADMINISTRACIÓN ESCOLAR**  
**PRESENTE**

Por este conducto le comunico que, después de revisar el trabajo titulado **“Interpretación climática de dos localidades fósiles en Santa María Amajac, Hidalgo, con base en la arquitectura foliar”** que presenta la alumna de la Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, Biol. **Laura Zayas Ocelotl**, el Comité Revisor de tesis ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Comité Revisor.

- PRESIDENTE:** Dr. Víctor M. Bravo Cuevas
- SECRETARIO:** M. en C. Carlos Castañeda Posadas
- VOCAL:** M. en C. Jesús M. Castillo Cerón
- PRIMER SUPLENTE:** M. en C. Manuel González Ledesma



Sin otro particular, reitero a Usted la seguridad de mi atenta consideración.

**ATENTAMENTE**  
**"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"**  
**Mineral de la Reforma, Hgo., a 17 de septiembre del 2013.**

**DR. ORLANDO ÁVILA POZOS**  
**DIRECTOR I.C.B.I.**



OAP/cthl



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería,  
 Carretera Pachuca - Tulancingo Km. 4.5, Ciudad del Conocimiento,  
 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184  
 Tel. +52 771 7172000 exts. 2230 y 2231, Fax 2109  
 avilap@uaeh.edu.mx



## Índice General

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Antecedentes.....	4
Reconstrucciones paleoclimáticas.....	4
Antecedentes de las localidades de estudio.....	9
Objetivo general.....	11
Objetivos particulares.....	11
Área de Estudio.....	11
Ubicación geográfica.....	11
Marco geológico.....	12
Caracterización litoestratigráfica de las secciones.....	13
Ambiente de depósito y su interpretación usando los fósiles.....	16
Edad del área de estudio.....	18
Correlación del área de estudio.....	19
Material y Métodos.....	22
Salidas de campo.....	22
Descripción de ejemplares.....	22
Fisonomía Foliar y aplicación de los modelos.....	23
Análisis del Margen de las Hojas (LMA).....	24
Análisis de área foliar.....	25
CLAMP (Programa de Análisis Multivariado Clima-Hoja).....	27
Resultados.....	35
Descripción de las hojas, localidad Las Hojas Fósiles (HGO-51).....	35
Descripción de las hojas, localidad Cerro Blanco (HGO-72).....	49
Resultados estadísticos.....	57
Resultados estadísticos CLAMP de las localidades HGO-51 y HGO-72..	60
Resultados modelo análisis de talla y margen.....	64
Identificaciones.....	69
Discusión.....	75
Conclusiones.....	85
Literatura citada.....	87
Anexo.....	92

## Índice de Figuras.

Figura	Contenido	Página
1	Ubicación de las localidades de estudio “Las Hojas” y “Cerro Blanco”.....	12
2	Secciones estratigráficas de las localidades de estudio.....	14
3	Litofacies de las localidades fosilíferas en Santa María Amajac.....	16
4	Sección estratigráfica de la localidad Las Hojas.....	20
5	Sección estratigráfica de la localidad Cerro Blanco.....	21
6	Esquema del orden de las venas.....	23
7	Formas de la hoja lobada.....	28
8	Estado de carácter margen entero.....	29
9	Estado de carácter forma de los dientes.....	29
10	Tipos de ápice.....	31
11	Tipos de base.....	31
12	Relación largo-ancho de la lámina.....	32
13	Estado de carácter forma de la hoja.....	33
14	Hojas fósiles de <i>Populus grandidentata</i> , <i>Cercocarpus macrophyluss</i> , y <i>Karwinskia mollis</i> .....	36
15	Hojas fósiles <i>Quercus crassipes</i> , UAHMP-2527, y UAHMP-2354.....	38
16	Hojas fósiles, UAHMP-2362, UAHMP-2399, UAHMP-2433.....	39
17	Hojas fósiles, UAHMP-2464, UAHMP-2483, UAHMP-2475.....	41
18	Hojas fósiles, UAHMP-4077, UAHMP-2528, UAHMP-2543.....	42
19	Hojas fósiles, UAHMP-4036, UAHMP-4039, UAHMP-4044, UAHMP-4045.....	43
20	Hojas fósiles, UAHMP-4047, UAHMP-4049, UAHMP-4052.....	45
21	Hojas fósiles, UAHMP-4053, UAHMP-4054, UAHMP-4057.....	46
22	Hojas fósiles, UAHMP-4058, UAHMP-4063, UAHMP-4071 A, UAHMP-4071 B.....	48
23	Hojas fósiles, UAHMP-4072 A, UAHMP-4072 B 1, UAHMP-4072 B 2.....	49
24	Hojas fósiles, UAHMP 4082, UAHMP 4085, UAHMP 4086.....	50
25	Hojas fósiles, UAHMP 4086, UAHMP 4088, UAHMP 4090.....	52
26	Hojas fósiles, UAHMP 4091, UAHMP 4093, UAHMP 4094.....	53
27	Hojas fósiles, UAHMP 4095, UAHMP 4096, UAHMP 4098.....	54
28	Hojas fósiles, UAHMP 4099, UAHMP 4100, UAHMP 4101.....	55
29	Hojas fósiles, UAHMP-4102, UAHMP-4103, UAHMP-4107, UAHMP-4110..	57

30	Grafica matriz de datos CLAMP de meteorológico vs morfológico.....	59
31	Predicción de los datos en localidades de estudio.....	62
32	Regresión lineal y polinómica de los rasgos meteorológicos.....	61
33	Grupo de tablas para la delimitación de climas A, B y C.....	66
34	Sapotaceae fósil.....	72
35	Asteraceae fósil.....	74

## Índice de Tablas

Tabla	Contenido	Pagina
1	Ambientes lacustres y su contenido fósil.....	2
2	Tallas propuestas por Webb.....	4
3	Tallas propuestas Wolfe .....	4
4	Tasa de sedimentación en cuencas por año.....	34
5	Porcentajes foliares de ambas localidades.....	58
6	Ejes canónicos del CCA.....	60
7	Ecuaciones de todos los parámetros.....	63
8	Estimados climáticos CLAMP.....	63
9	Estimado de precipitación análisis de talla .....	64
10	Grupos climáticos de Köppen.....	65
11	Índice de Lang.....	68

## Abreviaturas utilizadas en esta tesis

CLAMP	Climate leaf analisis multivariate program
LMA	Leaf margin analisis
CCA	Canonical correspondence analisis
AAF	Análisis de área foliar
TMA	Temperatura media anual
T Max	Temperatura máxima
T Min	Temperatura mínima
E de C	Estación de crecimiento
PMA	Precipitación media anual

PMMC	Precipitación media del mes cálido
P Max	Precipitación máxima
P Min	Precipitación mínima
HR	Humedad relativa
HS	Humedad especifica

## 1. RESUMEN

La interpretación climática de una localidad fosilífera, puede ser determinada por estudio de la arquitectura foliar, la cual es un instrumento que permite, a través de las características de hojas, hacer inferencias sobre los parámetros climáticos. En el presente trabajo se hizo colecta de material de las localidades Las Hojas y Cerro Blanco, pertenecientes a la zona de estudio de Santa María Amajac, Hidalgo, México (Plioceno). De estos sitios se extrajo el material fósil, se hizo una relación de los niveles de los cuales proceden los ejemplares, posteriormente se obtuvieron sus características morfológicas foliares, de entre las cuales destacan, forma de la lámina, la talla, el tipo de margen, la forma de la base y el ápice. Estas características se analizaron haciendo uso del modelo CLAMP y el estadístico de correspondencias canónicas, así como un conjunto de regresiones lineares, obteniendo los parámetros climáticos temperatura y precipitación. Éstos fueron interpretados utilizando las tablas de clasificación climática de Köppen y el índice de Lang. Los resultados obtenidos indican que en Las Hojas prevaleció un clima seco estepario (BS), mientras que en la localidad Cerro Blanco se presentó un clima templado húmedo (Cf). Tomando en cuenta la vegetación fósil de ambas localidades, los estratos portadores de los fósiles, el control estratigráfico y la correlación de los sedimentos Pliocénicos del lago de Santa María Amajac, se observa que el paleolago se comportó climáticamente de maneras distintas, esto se ve corroborado por el cambio de flora y clima en ambas localidades.



## 2. INTRODUCCIÓN

La apariencia de un sitio por lo general es característica en cuanto a constitución de flora, sin importar la composición de especies de plantas que la conforman, esto es regulado principalmente por el clima que se desarrolla en el lugar (Lindner, 2005). El clima, es un conjunto de factores meteorológicos, que se encuentran dentro de una zona geográfica y que se mantienen determinado tiempo en un sitio (García, 2004).

Los factores meteorológicos más importantes para determinar el clima son la temperatura y precipitación, para poder obtener ambos, se usan distintos métodos, varios de ellos usan a las plantas como grupo indicador (Aguilar *et al*, 2002), debido a que responden a los cambios de temperatura y precipitación, por esto las plantas brindan información fiable para poder hacer interpretaciones climáticas (Taylor *et al*, 2009). Lo anterior permite deducir que, el implemento de los fósiles de plantas, permiten hacer inferencias sobre los climas que pudieron haber existido en un tiempo y sitio determinado.

Existen distintas formas de poder obtener datos paleo-climáticos con plantas, por ejemplo:

A) El uso de maderas, entre ellos se usan los anillos de crecimiento en los que se puede observar la temporada de lluvias y secas, por otro lado se encuentran la anatomía de las maderas en la cual se ve el número de vasos, en donde se mide el tamaño de vasos por milímetro cuadrado (Taylor *et al*, 2009).

B) El análisis estomático en las cutículas de las hojas, en donde se cuantifica el número de estomas por milímetro cuadrado, para esto se necesita tener ejemplares de hojas con compresión carbonosa; sin embargo, hay zonas de extracción donde no se presenta una conservación tan fiel en los fósiles como para poder obtener los estomas (Taylor *et al*, 2009).

C) La utilización del relativo viviente más cercano, en el que se identifican las familias y los géneros, y posteriormente se buscan los ambientes actuales en los que se

desarrollan, la información obtenida se utiliza extrapolando hacia el pasado (Taylor *et al.*, 2009).

D) El análisis fisonómico foliar se basa en tomar parámetros métricos, pues se ha demostrado la relación entre las hojas y el clima; además se ha visto su extrapolación hacia las floras del pasado (Dolph y Dilcher, 1979; Wolfe, 1993; Wilf, 1997; Wilf *et al.*, 1998; Wiemann *et al.*, 1998; Jacobs y Heredeen, 1999; Gregory-Wodzicki, 2000; Hinojosa *et al.*, 2005).

En la actualidad hay distintos métodos dentro de la fisonomía foliar, para poder hacer inferencias al paleo-clima de una localidad usando a la hoja como órgano principal, el primero y más conocido es el Climate Leaf Analysis Multivariate Program por sus siglas en inglés “CLAMP”, “Programa de Análisis Multivariado, Clima-Hoja” propuesto por Wolfe en 1993, el cual utiliza un total de 7 caracteres, con base en presencia o ausencia de distintos estados de carácter de la hoja (Wolfe, 1993, 1995; Velasco de León, 1999; Aguilar *et al.*, 2002; Spicer *et al.*, 2005; Velasco de León *et al.*, 2010 ).

El segundo es el “Análisis de Margen de la Hoja” propuesto por Wilf 1997, el cual nos hace referencia a la fuerte relación que existe entre la forma del margen y las condiciones climáticas temperatura (Wilf *et al.*, 1997; Burnham *et al.*, 2001; Greenwood *et al.*, 2004); un tercero es el “Análisis del Área Foliar”, que es una inferencia de los distintos tamaños de laminas (Hoja o limbo, sin tomar en cuenta el peciolo), que refleja un estimado de la precipitación (Lluvia) haciendo una regresión lineal (Wilf *et al.*, 1998; Huff *et al.*, 2003).

El estado de Hidalgo es una zona en la cual, existen muchos afloramientos fosilíferos, estos pertenecen a distintas eras geológicas y a distintos ambientes, de entre los cuales se encuentran los lagos, los ríos y las plataformas marinas; la mayoría de estos depósitos, contienen fósiles. En área de Santa María Amajac, existen distintos afloramientos de plantas, la localidad más conocida es Los Baños que en esta tesis se maneja como la localidad “Las Hojas”, sobre esta se han realizados distintos trabajos tanto taxonómicos como de interpretación climática y también se encuentra la localidad Cerro Blanco; en este trabajo se pretende hacer una interpretación climática a partir de

las características morfológicas de las distintas láminas, integrando la parte estratigráfica y la biológica, provenientes de los afloramientos Las Hojas y Cerro Blanco, del periodo Plioceno, en el estado de Hidalgo, con la finalidad de obtener más información de este periodo de tiempo, el cual es importante y trascendente en la historia de nuestro país.

### 3. ANTECEDENTES

#### Reconstrucciones Paleo-climáticas

El trabajo más grande que se ha hecho para la interpretación del clima es el de Salzmán y colaboradores (2008), en donde se hizo una reconstrucción sólida a escala mundial para el Plioceno Medio (3.6-2.6 ma), esta se basa en un conjunto de datos paleobotánicos y paleozoológicos globales. En este estudio, se realizó una recopilación de datos del Plioceno Medio, a partir de 202 sitios marinos y terrestres, haciendo uso de la base de datos SIG Tevis (Tertiary Environmental Information System). Este es un sistema de clasificación que puede moldear, con los datos que se le integren. La modelación del clima se realizó a partir de datos paleobotánicos y paleozoológicos, además de hacer una inferencia de el tipo de vegetación utilizando el programa BIOME4, obteniendo en general un climas más cálido y húmedo en el Plioceno Medio; con una vegetación, como la taiga de hoja perenne, bosques templados y pastizales, ubicados más hacia el norte que los actuales, lo que resulta en mucho menor vegetación de tundra. Los bosques templado-cálidos (con taxones subtropicales) se extendieron en el medio y el este de Europa, las sabanas tropicales y bosques tropicales se expandieron en África y Australia. La reconstrucción da una imagen más rigurosa del clima y los ambientes en el Plioceno. Concluyendo así que hay una nueva reconstrucción de los biomas a nivel mundial que combina vegetación (proxies de paleobotánica) en la reconstrucción con modelos de simulación.

A escalas menores existen distintos trabajos que han utilizado variadas técnicas alrededor del planeta.

Wiemann y colegas en 1998, hicieron la comparación de los modelos CLAMP, MLA para obtener la precipitación media anual, así como la temperatura media anual, utilizando hojas de bosques actuales, cerca de Gainesville y en Los Cayos en Florida (EUA) y también utilizaron hojas fósiles, las cuales se obtuvieron de los estratos de la localidad Clarno Nut en Oregón (EUA). Utilizaron tres estudios estadísticos, uno de regresión lineal simple análisis de margen y análisis de talla, uno de regresión lineal múltiple y el análisis de correspondencia canónica CLAMP. Los cuales se usan para calcular la precipitación y temperatura; los resultados, ellos discuten que para la precipitación, los modelos sobreestimaron los datos para la primera localidad con 90mm y en la segunda con 770 mm; y que la temperatura se subestima en uno o dos grados, finalmente para el asentamiento fósil, los datos que se obtuvieron fueron los siguientes una temperatura entre 14° y 18°C, y una precipitación 2270 y 3360 mm, para la zona fósil solo mencionan que hay un error inherente al sitio por la pérdida de información que se genera, por el proceso tafonómico.

Greenwood y colaboradores (2004), hicieron un trabajo de estimación de temperatura media anual, utilizando el MLA, para interpretar el clima de floras Cenozoicas (Paleoceno-Mioceno), en Australia; de las once localidades de las que interpretaron la temperatura media a través de los fósiles, obtuvieron que el rango de temperaturas para los distintos sitios en estos periodos, varía entre 4.2° y 19.2° C, esta serie de datos fue comparada con un total de 113 localidades de las que se han obtenido datos de paleofloras en todo el mundo; las floras representan rasgos de vegetación megatermal, microtermal y mesotermal. En donde se interpreta que Australia en esa época, la vegetación se parecía a bosques de África, América del Sur y el este de Asia.

Jacobs y Heredeem (2004), realizaron una reconstrucción climática, con las tallas de las hojas fósiles, en el norte de Tanzania (Eoceno), para esto utilizaron el análisis de talla, que permite obtener un aproximado de la precipitación, al que sometieron un número mínimo requerido (21 morfotipos bien diferenciados) al final obtuvieron, un

promedio anual de 746 mm, además identificaron familias como *Leguminosae*, y utilizaron la hipótesis del pariente vivo más cercano, para sustentar mas los resultados obtenidos a partir del análisis de talla. Así ellos mencionan que en esta parte de África en el periodo Eoceno, la vegetación era más parecida a la que se encuentra actualmente en la zona de Miombo en Mozambique, África.

Lindner (2005), argumenta que en distintos climas, las formas en el limbo de las hojas, presentan distintas características morfológicas según los climas que predominan en las zonas, estos los divide en tres las zonas húmedas, son hojas grandes (tallas mesófilas), carnosas y con formas elípticas y ovadas, en las zonas templadas, las hojas son elípticas, presentan dientes y las zonas frías-secas, en donde los rasgos de las hojas son de tallas pequeñas con texturas coriáceas, y las formas predominantes son obovadas. Concluyendo así que los rasgos morfológicos permiten hacer interpretaciones del sitio, así como inferencias del clima.

González (2007) realizó la descripción sistemática y el análisis de la arquitectura foliar de plantas fósiles, encontrados en la Formación Palmar en Venezuela (Mioceno, temprano-medio). Con base en la morfología foliar de las improntas se establecieron 46 morfoespecies, ella hizo la cuantificación de los caracteres morfométricos de las improntas foliares, la cual mostró un predominio de márgenes enteros, forma elíptica, hojas entre las categorías notófilas y micrófilas, un porcentaje mediano de ápices acuminados y base aguda, caracteres que permitieron calcular parámetros paleoclimáticos del área. Aplicando ecuaciones específicas para la estimación de la temperatura y precipitación medias anuales en una comunidad fósil se encontró la ocurrencia de un bosque tropical de tierras bajas con una temperatura media anual cercana a los 30° C y una precipitación de 1000 mm. Estos valores sugieren el desarrollo de la paleoflora en una zona de Bosque Tropical Seco.

Yang y colaboradores (2007), hicieron la reconstrucción del paleo-clima para la Formación Shanwang en China (Mioceno), utilizando el análisis de margen y CLAMP, en el lugar se han encontrado 127 taxa, de estos ejemplares se tomaron sus

características y se aplicaron los métodos ya antes mencionados, introduciendo los datos en el programa CANOCO 4.0, obteniendo una temperatura promedio anual de entre 10° y 14° C, con una precipitación que varía entre 728.3 a 2074.4 mm. Estas medidas se compararon con temperaturas actuales, de distintas bases de datos climáticos, y de los taxa identificados se utilizó el relativo viviente más cercano para poder hacer un acercamiento más preciso para la reconstrucción del ambiente, concluyendo que este se asemeja a un lago alpino, el cual se encontraba en este lugar en el Mioceno.

Dilcher y colaboradores en el 2009, utilizaron características foliares de hojas actuales, para determinar si los procesos tafonómicos, influyen en la toma de datos de climas pasados. En el estudio se realizó para ver la diferencia de datos obtenidos entre las hojas de dosel y la hojarasca, realizaron un muestreo en la parte centro norte de la ciudad de Florida en las distintas localidades del condado de Gainesville, donde se obtuvieron hojas del suelo, las cuales se identificaron, de las laminas se tomaron los parámetros necesarios los cuales se analizaron con el set de datos CLAMP y varios análisis de regresión lineal; observaron que aunque la mayoría de la vegetación se encuentra en las hojas del suelo no refleja la riqueza total de la comunidad. La obtención de la temperatura media anual y la precipitación en la estación de crecimiento, fue a partir de la hojarasca y las hojas de dosel, y aunque los cálculos son buenos y de alto contenido predictivo, los valores de precipitación fueron superiores a los que en realidad se presentan en ambos casos, por otro lado para la temperatura, no se presentaron diferencias estadísticas significativas, entre la hojarasca y las hojas dosel.

Uhl y Herrmann (2010), observaron que en Enspel, sitio ubicado entre los 24,79 a 24,56 millones de años, Oligoceno tardío; la tafoflora pertenece al complejo Floral-Rott Thierbach de Europa Central. Para inferir con la mayor precisión posible, las condiciones climáticas se aplican tres métodos diferentes, el enfoque de convivencia (CA) (Basado en el pariente vivo más cercano), análisis de margen de la hoja (MLA), y CLAMP, programa de análisis multivariado clima-hoja, para las comparaciones se

utilizaron los datos publicados previamente, no sólo se basa en las hojas sino también en nuevos datos derivados de hoja de métodos fisonómicos y la palinoflora. Los resultados de los distintos métodos son inconsistentes. Teniendo en cuenta sólo los resultados derivados de la CA, se puede concluir temperatura media anual que estaba a 15-17 °C, el mes más cálido cercano a unos 25 °C, el mes más frío la media es alrededor de 7.5 °C y precipitación media anual por lo menos 900 mm / año (hasta 1.355 mm / año). Mostrando que en el Oligoceno tardío se caracteriza por cambios climáticos pronunciados los cuales fueron acompañados por un reemplazo de vegetación, esto se sabe debido a un excelente control de las edades bioestratigráficas, así como la datación absoluta de basalto en la base y parte superior de la secuencia sedimentaria.

Khan y colaboradores (2011) realizaron un estudio morfo-taxonómico de las hojas, procedentes de la parte superior de la sucesión de de sedimentos Siwalik, de la Kimin Formación; Plioceno superior al Pleistoceno inferior, del distrito Papumpare, Arunachal Pradesh, India, el estudio reveló 23 especies que representan 20 géneros pertenecientes a 15 familias de angiospermas, entre estos taxones 11 especies son registradas como nuevas para la flora del Neógeno en India. El análisis del conjunto floral, con respecto al patrón de distribución de taxones equivalente moderno (hipótesis del pariente vivo más cercano) y las características fisonómicas de las hojas fósiles, sugiere que un bosque tropical de hoja perenne que se desarrollo en un clima cálido y húmedo en la región en el tiempo de deposición de la cuenca. Esto está en contraste con la flora tropical moderna que está representada por bosques semi-perenes. Además se usaron los caracteres foliares y los análisis de margen y talla de la hoja, para obtener los valores de temperatura media anual (TMA) de 29,3 ° C y la precipitación media anual de (PMA) de 290 cm. Corroborando así los datos encontrados a partir del pariente vivo más cercano.

En México se han realizado pocos estudios, el primero de ellos pertenece a Velasco de León en 1999, en donde obtuvo el paleo-clima utilizando los caracteres de CLAMP, en una localidad conocida como los Ahuehuetes (Oligoceno), en el estado de Puebla,

aquí se tomaron las características fisonómicas de las hojas, posteriormente se realizaron tablas de datos, cuando se tuvieron las características en la matriz, se sumaron los datos y posteriormente los resultados se introdujeron en el programa estadístico R Project, con el que se realizó el análisis canónico, los resultados se introdujeron en las tablas de Köppen modificadas por García, los resultados que indican que el clima se parece a una zona seca.

## **Antecedentes en la localidad de estudio Santa María Amajac**

El área de estudio ha dado pie a distintos trabajos, uno de los primeros corresponde al estudio paleoecológico, realizado por Aguilar y Ortiz en el 2000, en el que hicieron la primera aproximación del paleoclima en la zona de Amajac, para esto se utilizó el set de datos CLAMP, con el uso de las características propuestas por el modelo obtuvieron los siguientes parámetros: temperatura media anual de 16.5° y una precipitación media anual 650 mm., con lo cual propusieron que en el Plioceno de esta localidad la comunidad vegetal tenía parecidos a una zona de chaparral y galería, con un clima templado sub-húmedo. Más tarde en el 2005, Aguilar, publicó parte de los resultados obtenidos en esta tesis, conocido como la reconstrucción del clima en la localidad, Las hojas en Santa María Amajac. Hidalgo (Plioceno).

Posteriormente en 2006 Hernández, realizó una serie de identificaciones, utilizando caracteres de arquitectura foliar para esta zona (Las hojas), donde dio la aproximación a los géneros de las siguientes familias Fagaceae, Rhamnaceae, Salicaceae, en donde los géneros encontrados fueron los siguientes, *Salix sp.*, *Quercus sp.*, *Populus sp.*, *Karwinskia sp.*, y *Cercocarpus sp.*, con la obtención de estos datos y utilizando el método del pariente vivo más cercano, hizo también una aproximación del ambiente concluyendo que era una zona de bosque templado seco.

Silva-Pineda y colaboradores en 2009, realizó la descripción de *Equisetum*, en los depósitos de la localidad Las Hojas (Plioceno), para la identificación de este grupo de plantas describió y comparó los fósiles obtenidos del lugar contra especímenes



modernos; el conjunto de caracteres taxonómicos sugieren una afinidad cercana a la especie moderna *Equisetum myriochaetum*. Este trabajo da a conocer la primera aparición de este grupo en México. Confirmando la amplia distribución del género en latitudes altas y climas mas húmedos.

En 2010, Velasco de León y Órtiz-Martínez, describieron e identificaron siete nuevas especies fósiles de la familia Fagaceae para México, haciendo uso de la arquitectura foliar y un análisis fenético. Las impresiones de hojas fósiles fueron colectadas en las localidades de Los Baños y Sanctorum (Plioceno). Los caracteres más importantes son el recorrido de las venas, forma de las areolas y el recorrido de las venas secundarias dentro del diente. Las especies encontradas fueron las siguientes, *Quercus amajensis*, *Q. cevalli*, *Q. curvensis*, *Q. grandensis*, *Q. hidalgensis*, *Q. ovatus* y *Q. rugosus*, Estos resultados apoyan la idea de la importancia del Eje Neovolcánico como área de especiación para este género.

En 2010 Velasco y Spicer, hicieron la reconstrucción de la localidad Los Baños y Sanctorum, usando sus el análisis de margen y CLAMP, para la reconstrucción climática de estas dos localidades fósiles de la Formación Atotonilco El Grande. Para calibrar utilizaron los datos de América del Norte y Asia de la base de datos PHYSG3BRC, complementado con un nuevo material Africano, los resultados de dos sitios, Los Baños, indican que durante el Plioceno existía un régimen climático mesotermal, con temperaturas medias anuales entre 12 y 22 °C, con la mayor probabilidad de ser aproximadamente 15 °C, y un rango de temperatura media anual de 21 °C. Ellos explican que la variación estacional es evidente, porque presenta una humedad relativa anual del 60-70%. Y que ambos sitios son distintos y esto puede explicarse por las diferencias en el régimen de sedimentación

## 4. OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta del clima que prevaleció en el área de Cerro Blanco y Las Hojas, utilizando los distintos caracteres morfológicos de las hojas fósiles, aplicando distintas metodologías: Programa de Análisis Multivariado, Clima- Hoja (CLAMP), Análisis del margen de las hojas (LMA), y Análisis de Área Foliar (AAF).

### Objetivos particulares

- Reconocer y Describir, morfo-tipos de hojas fósiles.
- Obtener los parámetros métricos de los fósiles para la reconstrucción del Paleoclima.
- Buscar la afinidad taxonómica de las hojas fósiles utilizando la Arquitectura Foliar.

## 5. ÁREA DE ESTUDIO

### Ubicación geográfica

El área de estudio es Santa María Amajac, la cual se encuentra dentro de la cabecera municipal de Atotonilco el Grande, Hidalgo, aquí se localizan las dos localidades fosilíferas, Las Hojas (HGO-51), que se ubica en las zona centro del estado de Hidalgo, a 34 km al N de la ciudad Pachuca de Soto, en las coordenadas geográficas 20° 18' 21.5" Norte y 98° 42' 42.8" Oeste, con una altitud de 1823 msnm; la segunda localidad es Cerro Blanco (HGO-72), ubicada a 12 km al oeste de la primera localidad, en las coordenadas 20° 18' 27.7" Norte y 98° 46' 50.6" Oeste, con una elevación de 1664 msnm (Figura 1).

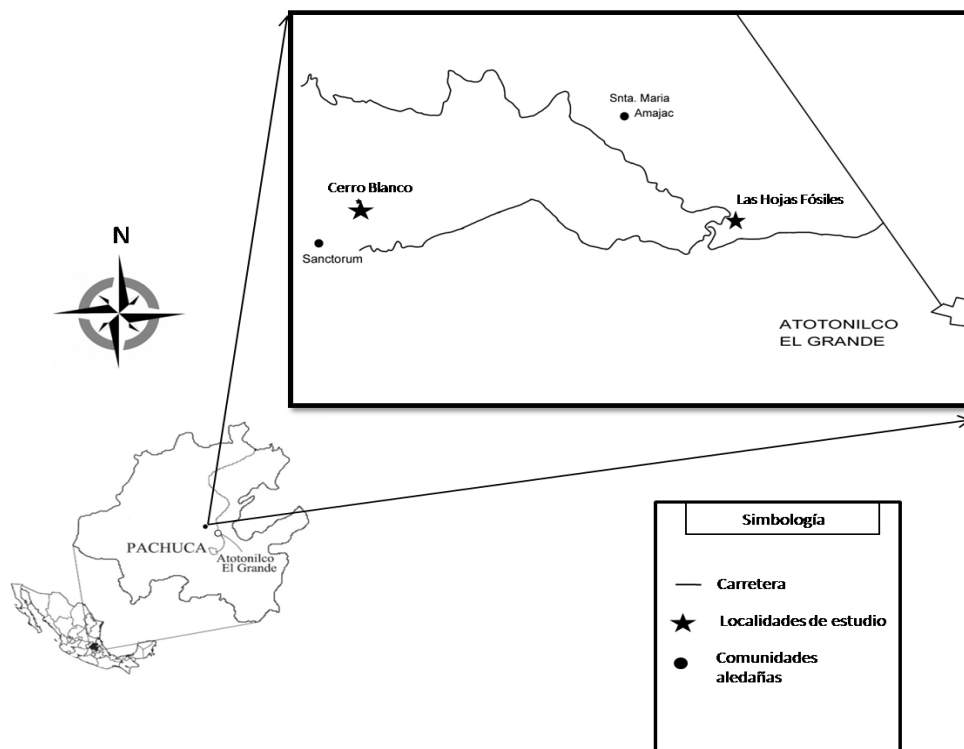


Figura 1. Ubicación de las localidades de estudio “Las Hojas” y “Cerro Blanco”. En el área de Santa María Amajac, dentro del municipio del Atotonilco el Grande, Hidalgo.

## Marco geológico

Las localidades Las Hojas y Cerro Blanco, pertenecen a la Formación Atotonilco el Grande (Segerstrom, 1961). Esta Formación abarca los poblados de Zacualtipan y Zoquizoquiapan que se encuentran al norte de Mezquitlan (Carrasco-Velázquez *et al.*, 2008), en la parte oeste del poblado Atotonilco el Grande (Salvador, 2001), al noroeste de Santa María Amajac (Arellano-Gil *et al.*, 2005) y hasta la comunidad de Sanctorum (Salvador, 2001).

La Formación Atotonilco el Grande, está constituida por las rocas ígneas como depósitos piroclásticos y derrames de basalto, mezclados con capas de grava, con un espesor aproximado de 200 m (Segerstrom, 1961; Suter, 2004), y también por rocas

siliciclásticas como conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas, con un espesor aproximado de 165 m (Segerstrom, 1961; Arellano-Gil *et al.*, 2005).

La Formación Atotonilco el Grande esta correlacionada con la Formación Tarango, la cual se encuentra ubicada hacia el municipio de Tula de Allende, y se caracteriza por presentar mayor contenido de lava, y un nivel de erosión mayor (Segerstrom, 1961; Carrasco-Velázquez *et al.*, 2008). La Formación Atotonilco el Grande, cubre mediante una discordancia angular a las Formaciones El Abra, Soyatal (Cretácico) y al Conglomerado Amajac (Eoceno- Oligoceno) (Arellano-Gil *et al.*, 2005); esta discordancia es producto de la actividad volcánica y levantamiento del Eje Neovolcánico, el cual se dio a principios del Mioceno (Ferrari, 2000).

## **Caracterización litoestratigráfica de las secciones**

Las localidades “Las Hojas” y “Cerro Blanco” presentan una litología variada, correspondiente al área de estudio de Santa María Amajac. En estos sitios se levantaron dos secciones, la primera en Cerro Blanco y la segunda en Las Hojas, que se explican más detalladamente a continuación.

La sección estratigráfica de la localidad Cerro Blanco, es de un espesor de 14.19 m, la base está constituida por el conglomerado polimíctico, este conglomerado fue reconocido Arellano-Gil y colaboradores (2005), quienes lo denominan como el Conglomerado Amajac, inmediatamente lo cubren arenas de grano fino, seguida de una secuencia de estratificación laminar con bandeo cíclico, que corresponde en su mayor proporción a lutitas, margas y areniscas en menor proporción; llegando a encontrar estratos de gravillas, muy esporádicamente; los estratos de ceniza aparecen a partir de los trece metros (Figura 2. A). Esta localidad presenta estructuras sedimentarias, como estratificación laminar y estratificación convoluta. Los fósiles en esta localidad son compresiones carbonosas e improntas, estos aparecen en la secuencia de lutitas y margas.

La sección levantada en la localidad Las Hojas, tiene un espesor de 14.70 m, presenta en la base areniscas de grano fino mezcladas con cenizas, posteriormente se encuentra una secuencia cíclica de arenas de grano fino y lutitas, por encima de este, hay una secuencia de areniscas de grano medio. (Figura 2. B). Las estructuras sedimentarias de esta localidad son nódulos de arcilla y arena, marcas de desecación y marcas de lluvia. Los fósiles de esta localidad son compresiones carbonosas e improntas, los cuales se extraen de las lutitas.

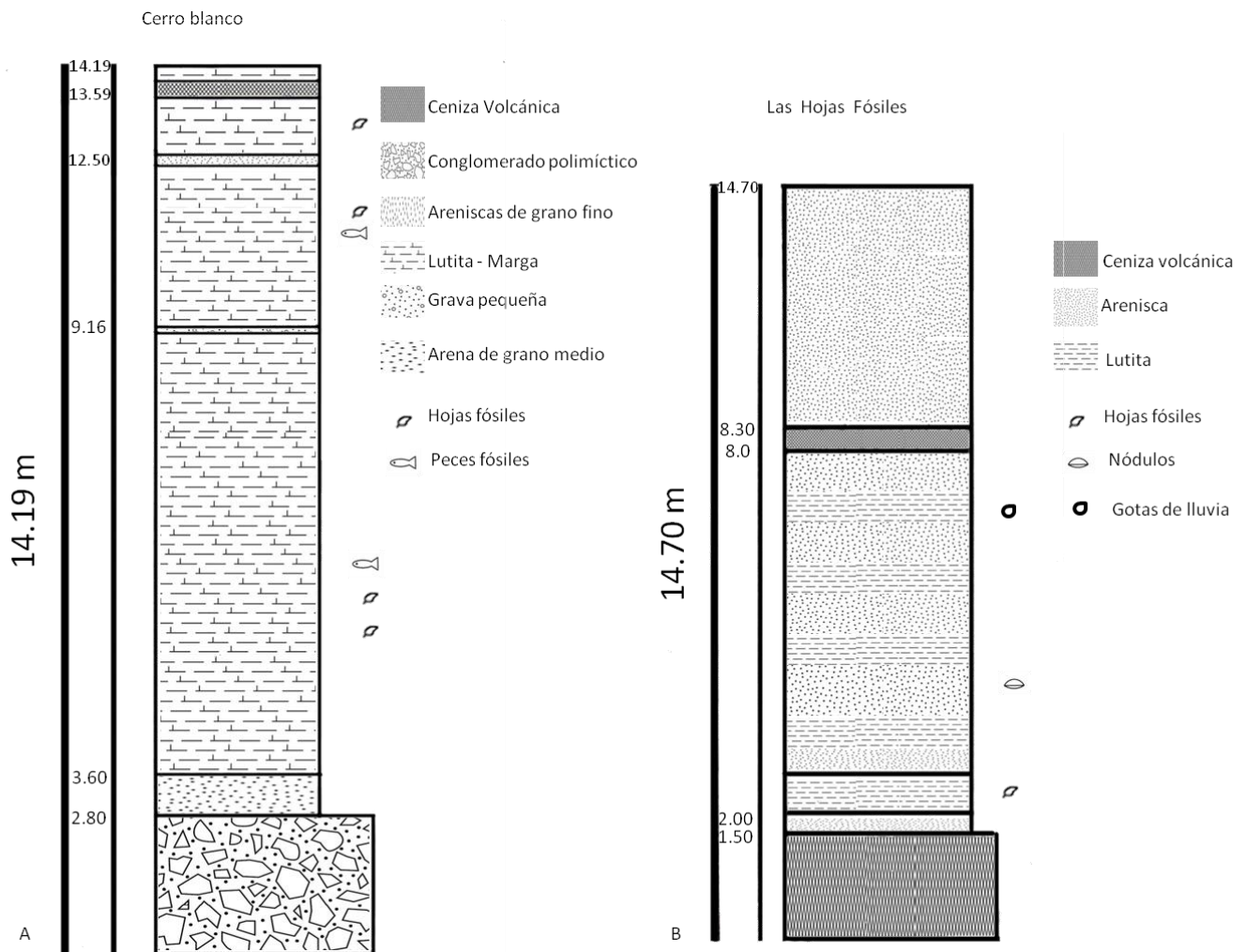


Figura 2. Secciones estratigráficas de las localidades de estudio.

## Ambiente de depósito, Santa María Amajac

Las características litológicas anteriormente descritas, se usaron para complementar la interpretación del tipo de ambiente en las localidades. En 1932, Tweenhofel mostro que en un lago, la zona con menor energía es el núcleo, presentando partículas del tamaño de arcillas, las cuales se sedimentan de forma laminar; por otro lado las zonas más cercanas a las riveras presentan tamaños de partículas más grandes, arenas y también, estructuras en la superficie de estratificación como marcas de lluvia.

Por tal razón en el área de estudio, la localidad Cerro Blanco, se considera la zona núcleo de lago, debido a que las rocas son principalmente lutita y calcilutita o marga, las cuales se conforman de partículas de tamaño de limos y arcillas; en segundo lugar la presencia de estructuras sedimentarias de ordenamiento interno, como la estratificación laminar (Figura 3 A), y la estratificación convoluta estructura sedimentaria de deformación (Arellano-Gil *et al.*, 2005).

Por otra parte en la localidad de Las Hojas, el tipo de roca que se encuentra son lutitas, arenas de grano medio a fino (Figura 3 B), estas rocas, y las estructuras de sedimentarias son los nódulos de arcilla y arenas. Además hay marcas de lluvia y desecación (Arellano-Gil *et al.*, 2005). Las rocas en este caso las areniscas y las lutitas nos muestran una ubicación más cercana a la rivera en el modelo de un lago (Tweenhofel, 1932); por otro lado el encontrar los nódulos, las marcas de lluvia y desecación, nos indican una zona de rivera por que las marcas de lluvia solo se pueden manifestar en lugares de poca profundidad o sitios de baja inundación, así que esta evidencia ubica a la localidad de las Hojas fósiles en zona de litoral de una masas de agua.

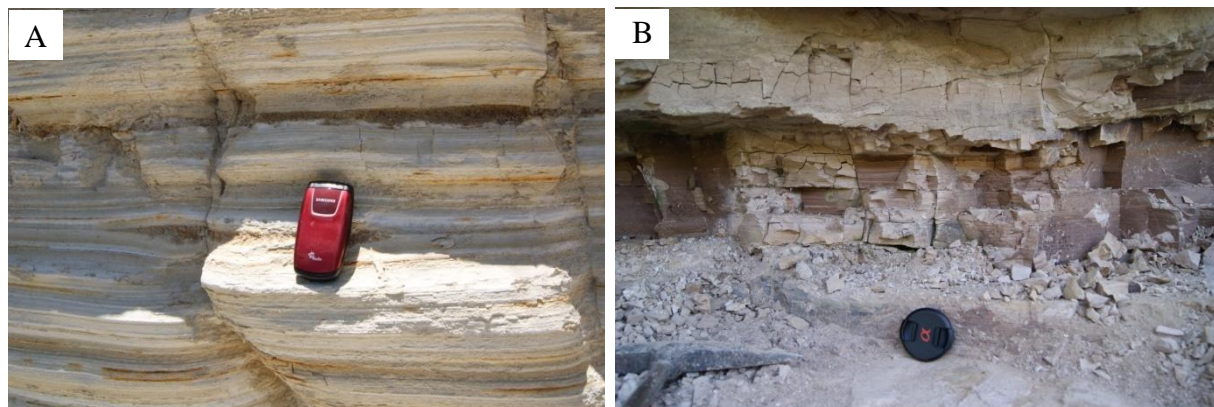


Figura 3. Litofacies de las localidades fosilíferas presentes en el área de Santa María Amajac. A) Localidad “Cerro Blanco” mostrando la estratificación laminar de las lutitas calcáreas. B) Localidad “Las Hojas fósiles” observando la presencia de lutitas y arenas.

## Ambiente de depósito y su interpretación utilizando los fósiles

Behrensmeyer y Hook (1992), proponen una división de los lagos, tomando en cuenta el contenido fósil y la frecuencia con la que se encuentran los distintos organismos, plantas, invertebrados insectos y/o moluscos y vertebrados como peces, anfibios o reptiles; además de las dimensiones y profundidad, haciendo una separación arbitraria de ellos de la siguiente manera, si son pequeños (menores a hasta 10 Km<sup>2</sup>) o son grandes (mayores a 10 Km<sup>2</sup>), tienen grandes profundidades (mayores a 10 m) o son someros (menores a 10 m) y si presentan o no oxigenación (Tabla 1).

En las localidades de estudio se encuentra distinta evidencia fósil, primero mencionaremos “HGO-51” en este sitio se han encontrado evidencias fósiles de hojas, equisetos, caracoles y frutos, en esta localidad los restos que se presentan, están bien conservados, no se han encontrado presencia de troncos, eso quiere decir que la corriente pero no era tan fuerte, porque desplazaba las hojas y no los troncos, esta baja energía no rompía las hojas en su mayoría y además están poco maltratadas, la

presencia de frutos, también en buen estado de preservación, ayuda a denotar que la energía del lago es baja.

Tabla 1. División arbitraria de los lagos dependiendo de su tamaño y profundidad, así como el contenido fósil que se encuentra; tomado de Behrensmeier y Hook (1992).

Ambientes Lacustres y su contenido Fósil.					
Frecuencia de organismos					
Contexto ambiental	Macro-plantas	Micro-plantas	Invertebrados	Vertebrados	Icnofósiles
<b>Bajo oxígeno</b>					
Lago extenso y profundo	Registros raros de semillas.	Registro común de polen alóctono y autóctono, así como fitoplancton ordenado.	Registro Poco común moluscos, zooplancton y bentónicos.	Registro común de peces articulados y desarticulados, coprolitos, formas voladoras y tetrápodos escasos.	Registros Muy extraños
Lago pequeño y profundo	Registros comunes de semillas y hojas así como de sucesión vegetal.	Registros comunes de polen local y fitoplancton.	Registros poco comunes de moluscos, insectos y zooplancton.	Registro común de peces articulados, raros tetrápodos acuáticos y formas voladoras.	Registros Muy extraños.
Lagos pequeños y superficiales	Registros de hojas, semillas, registros de estromatolitos, y de sucesión vegetal.	Registros comunes de polen local.	Registros poco comunes de Artrópodos.	Registros Comunes Tetrápodos acuáticos.	Registros raros de raíces.
<b>Oxígeno normal</b>					
Lagos extensos	Registros poco comunes de estromatolitos y troncos; escombros.	Registro común de polen alóctono y autóctono, fitoplancton y carófitas.	Registro común de plancton e insectos.	Registros comunes de peces desarticulados y tetrápodos en áreas limitrofes.	Registros muy comunes de madrigueras, senderos de huellas, y raíces.
Lagos pequeños	Registros poco comunes de hojas, escombros y estromatolitos.	Registro común de Polen local carófitas y fitoplancton.	Registros muy comunes de moluscos, insectos y espículas de esponjas.	Registros comunes de peces desarticulados.	Registros muy comunes de madrigueras, senderos de huellas, y raíces.

Por otro lado en la localidad HGO-72, se han encontrado desde pequeños invertebrados, insectos articulados y desarticulados, diatomita, vertebrados como anfibios articulados y peces articulados y desarticulados, y hojas que presentan distintos grados de preservación, desde aquellos ejemplares a los cuales se le observan los caracteres más finos como las venas, hasta los que no se aprecian muy



bien. Además también hay presencia de inflorescencias y rastros de lo que pudieran ser semillas.

Todo lo anterior son las evidencias que presentan las localidades, si hacemos uso de ellas para interpretar el ambiente y comparando las propuestas de Behrensmeyer y Hook (1992), Todos los datos son consistentes con el modelo número dos presentado en la tabla, entonces se infiere que la localidad de estudio era un lago de dimensiones pequeñas, poco oxigenado y profundo (Behrensmeyer y Hook 1992), basado en la evidencia fósil y su conservación.

## Edad del área de Estudio

Las cenizas de una de las localidades ubicadas en el área de Santa María Amajac se encuentra datada radiométricamente a través de la siguientes técnicas, Fission track en zircones, la cual ubica al sitio en una edad de  $4.2 \pm 0.3$  ma; así mismo, también esta datada con los isotopos radioactivos  $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ , arrojando una edad de  $4.59 \pm 0.01$  ma (Kowallis *et al.*, 1998).

Por otro lado, Cantagrel y Robin (1979) fecharon radiométricamente el derrame de basalto, con la técnica de isotopos radioactivos  $^{40}\text{K} / ^{39}\text{Ar}$ , la cual determina una de edad de  $2.38 \pm 0.008$  ma; adicionalmente utilizaron *Fission track* en zircones, estableciendo una edad aproximada de  $2.56 \pm 0.08$  ma.

La datación de ambas zonas sugiere una edad asignada al periodo Neógeno, en la época Plioceno, según la tabla internacional de estratigrafía (Comisión Internacional de Estratigrafía, 2010).

Las cenizas datadas por Kowallis y colaboradores (1998), se ubican por debajo de la zona de extracción de las hojas fósiles en ambos sitios. Viendo así que ambas localidades se mueven entre un rango de 2.5 y 4.8 millones de años.

Por último, los datos preliminares de magneto estratigrafía que Palma y colaboradores (2012), indica que la localidad de Las Hojas presenta una magneto estratigrafía inversa y la localidad Cerro Blanco magneto estratigrafía normal, además de ubicar a ambas

localidades dentro del cron Gauss el cual se mueve dentro del rango temporal de  $\approx 3.5-2.6$  ma., según Gradstein y colaboradores (2004).

## Correlación

La correlación de la secuencia de Las Hojas Fósiles con la columna estratigráfica Los Baños (Arellano-Gil *et al.*, 2005) (Figura 4) muestra, que el paquete de la sección, es más coincidente con la parte inferior de la columna, la que corresponde a los 10 a 20 m, de la columna de Arellano-Gil y colaboradores (2005), por el tipo de litología, que son las areniscas y las lutitas entre dos franjas de ceniza volcánica, además en la columna los baños este es el único lugar que presenta fósiles de limbos, por tal motivo se colocó en esa ubicación.

En la sección levantada en Cerro Blanco se puede apreciar el conglomerado polimíctico en la base, seguido de un estrato de arenas finas consecuentemente hay secuencia de lutitas y margas, estas se pueden correlacionar rápidamente con la columna Sanctorum (Arellano-Gil *et al.*, 2005), pues a base también corresponde al conglomerado polimíctico, seguido de una secuencia de lutitas (Figura 5). En la localidad Cerro Blanco, y su correlación con la columna estratigráfica Sanctorum, se pueden ver estos paquetes en la base (Figura 5).

Columna Estratigráfica Los baños

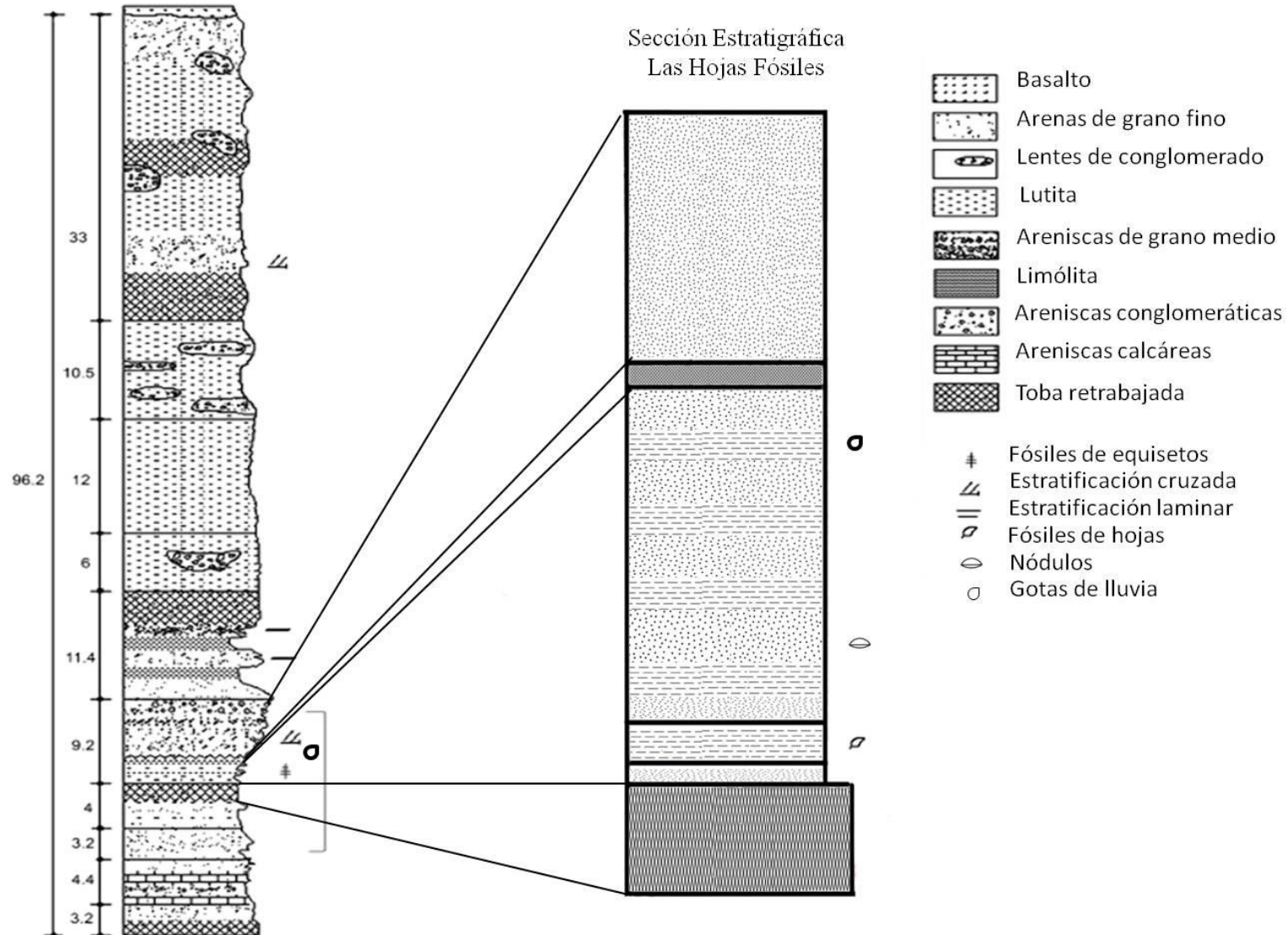


Figura 4. Correlación de la sección Las hojas Fósiles frente a la columna estratigráfica Los Baños. Tomada de Arellano-Gil et al., 2005

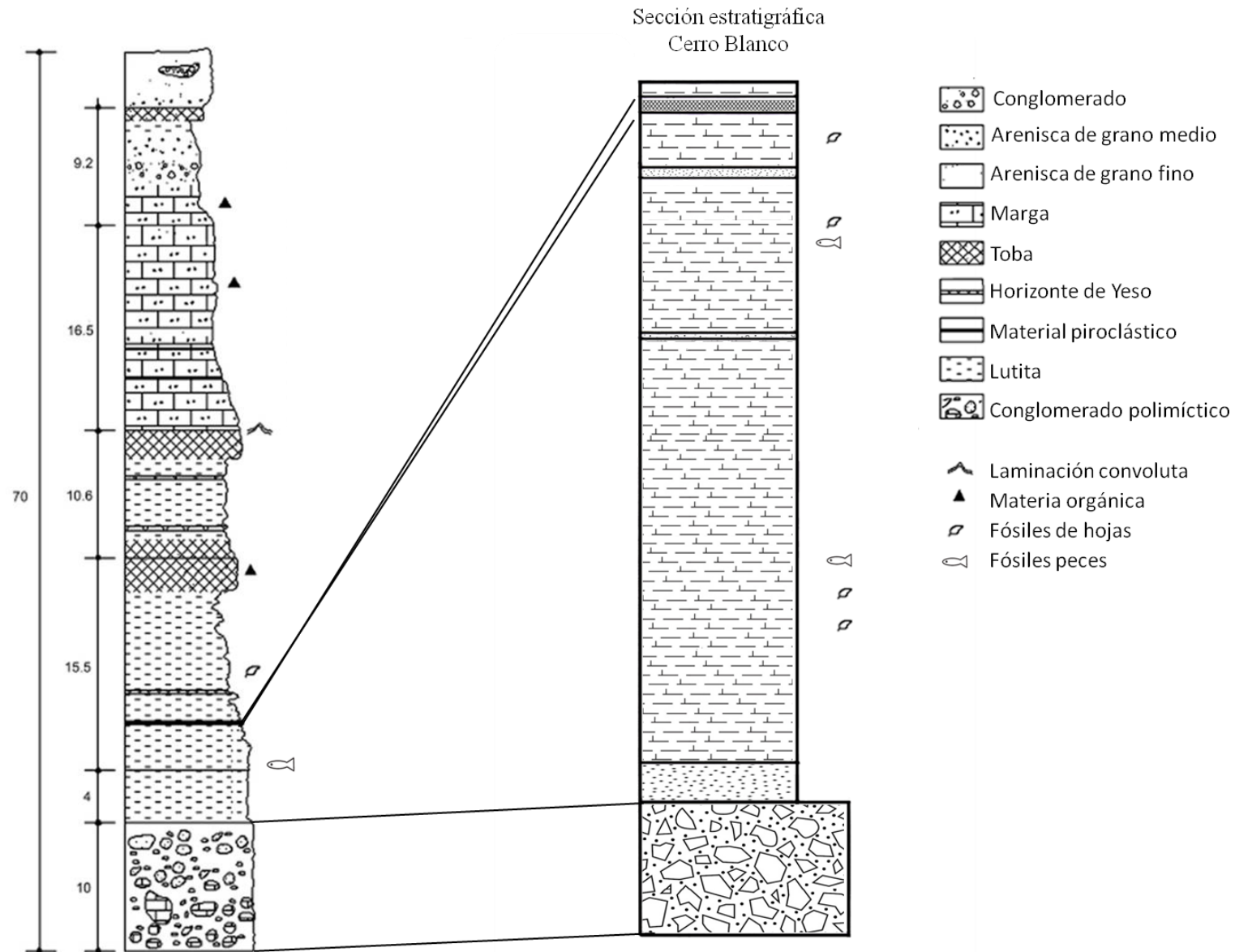


Figura 5. Correlación de la sección Cerro Blanco frente a la columna estratigráfica Los Baños. Tomada de Arellano-Gil et al., 2005.

## 6. MATERIAL Y MÉTODOS

### Salidas de Campo

Se realizaron seis salidas de campo en el periodo de enero a julio 2013, al área de Santa María Amajac a las localidades Las Hojas Fósiles y Cerro Blanco.

El material extraído se trasladó al Museo de Paleontología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en donde se limpió manualmente con ayuda de agujas disección y percutores, una vez limpio se peco y anexo a la colección, para su posterior uso.

El material fósil, se fotografió con una cámara Sony Alfa 390 de 14.1 megapíxeles de resolución, los órdenes de venación mayores al secundario, se fotografiaron con una cámara conectada al microscopio estereoscópico, usando el software MotiC 3.1, las fotografías posteriormente se utilizaron para la toma de parámetros morfo-métricos necesarios como el tipo de venas etc. y la realización de las láminas y esquemas para la descripción detallada.

### Descripción de los ejemplares.

El material utilizado, es aquel que presenta una buena conservación en sus características (Forma, Dientes, Márgenes, Venas, etc.), y una totalidad del 70% de sus caracteres, estas hojas se describieron siguiendo los términos que se manejan por Hickey (1973), el manual de arquitectura foliar (2009), y también siguiendo, los caracteres que pide CLAMP para la realización de la matriz de datos.

Las descripciones presentan los siguientes caracteres descritos, características del peciolo si esta estructura se presenta y la posición del mismo; Talla de la lamina utilizando los criterios de Webb 1959, retomados en el manual de arquitectura foliar (Ellis *et al.*, 2009). Mas las tallas que Wolfe (1993), utiliza para el CLAMP.

La forma de la hoja y la simetría de la misma; la forma de la Base y el Ápice, el tipo de margen y la forma de los dientes, si es que estos se presentan, pues los dientes poseen caracteres que aportan información sistemática muy robusta, en cuanto a identificación de floras actuales y fósiles (Hickey y Wolfe, 1975); el tipo de venas que presenta, iniciando por, las venas de primer orden en adelante, (2°, 3°, 4°, 5°, etc.) hasta el orden que se presente (Figura 6).

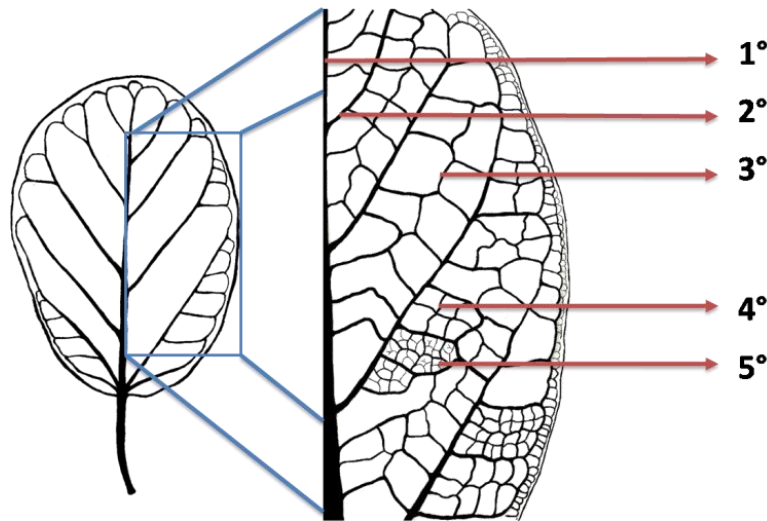


Figura 6. Esquema que ejemplifica el orden de las venas del 1° al 5°.

Al material no identificado se le denominará “morfortipo”, este es un término que corresponde a una categoría taxonómica informal, independiente de la nomenclatura Linneana (Ash; 1999; González, 2007), su establecimiento se realizó con el fin de crear categorías definidas y diferenciar los especímenes estudiados en grupos morfológicos, estos corresponderán idealmente a distintas especies, esto es porque poseen características únicas, para su rápida separación y su posterior estudio.

## **Fisonomía Foliar y Aplicación de los modelos.**

En distintos estudios en vegetación actual, en la cual se realizaron observaciones sobre la hojarasca de bosques húmedos del trópico, demostraron que la fuente de restos foliares corresponde principalmente a las dicotiledóneas arbóreas localizadas sobre

dichos depósitos (Greenwood, 1991). La información preservada en las asociaciones fosilíferas, puede llegar a ser interpretados en términos ecológicos manejados en la actualidad, dicho análisis se basa en la correlación actual establecida entre algunos de los caracteres morfológicos de las hojas y los parámetros climáticos (González, 2007).

Observando la congruencia entre variables ambientales, la fisonomía foliar que conforma un sitio y por ende la forma de los caracteres morfológicos de la hoja, se han establecido relaciones estadísticas entre ambos, entre estas se encuentran principalmente:

## **Análisis del Margen de las Hojas (LMA Leaf Margin Analysis)**

Algunos caracteres de las Hojas Angiospermas se correlacionan adecuadamente con las variables climáticas, Se ha visto que la utilización de los caracteres en base de datos multivaridas suele tener algunas fallas y a veces suele caer en la sobre estimación de datos, por lo que Wilf en 1998, propuso el análisis de margen, este se basa en el uso de un solo carácter, el cual es muy robusto para el cálculo pues representa una significativa correlación entre la temperatura media anual y el numero de dientes que presenta. En distintos trabajos se ha demostrado que en zonas tropicales, las hojas dominantes presentan márgenes enteros y en zonas templadas, dominan las hojas con bordes dentados.

El análisis de margen es una técnica univariada fundamentada en la proporción de formas con margen entero para la determinación de los valores de temperatura de una comunidad vegetal. En otras palabras es un modelo basado en regresiones lineares simples para la evaluación de la temperatura. Este método requiere que la flora sea segregada en morfo-tipos, y la obtención del carácter a utilizar, más no requiere su determinación taxonómica (Wilf, 1997; Greenwood *et al.* 2004;).

Con estos datos se empleará la ecuación propuesta por Wilf (1997):

$$\sigma(MAT) = c \frac{\sqrt{p(1-p)}}{r}$$

c= constante equivalente a 30.6

r= Número total de Especies

p= Al porcentaje de especies con márgenes enteros de 0 a 1.

Para realizar el análisis, se contaron el total ejemplares esto corresponden al 100% de la muestra que se tiene de esta localidad, después se procedió a contabilizar el numero de hojas que tiene una margen entero y sacar su porcentaje a través de una regla de tres con respecto del total de ejemplares, al final solo se sustituyo en la ecuación.

Lo que nos arroja la ecuación es un índice, este índice se debe de integrar a la ecuación de la recta para obtener el dato estimado de temperatura que se tiene en el sitio. Para esto usaremos el set de datos que nos proporciona CLAMP, pero solo se utilizara una variable, en este caso la temperatura media anual. Para esto se hizo una regresión lineal y la ecuación de la recta, es el lugar en donde se sustituye el dato índice. Y así se obtiene el estimado de la temperatura.

## Análisis de Área Foliar

Otro carácter que se relaciona directamente con las variables climáticas es el área foliar que representa la talla, esta se ve relacionada directamente, con la precipitación del la zona. Es este caso, a mayor tamaño, mayor precipitación y viceversa.

Para esto se aplicara la ecuación hecha por Wilf *et al.* (1998), y aplicada por otros autores como Jacobs y Herendeen (2004), las cuales son el resultado del establecimiento de regresiones lineales entre la precipitación media anual y el área foliar en floras modernas, así que se extrapolara usando los mismos datos sobre los fósiles; utilizando la siguiente ecuación:



$$Mlna = \sum a_1 p_1$$

Mlna= logaritmo natural del área de las especies

$\Sigma$ = suma total de  $a_1$  y  $p_1$

$a_1$  = representa el logaritmo natural de las siete categorías del talla propuestas por Webb 1959.

$p_1$  = Representa la porción o porcentaje de las especies dentro de la categoría.

Obteniendo un logaritmo natural el cual se debe de extraer de las categorías de tallas proporcionadas por Webb (1959).

Una vez hecho esto se toma el número total de ejemplares y se asignan a las tallas que representen, las tallas se manejan de 0 a 1, después se hace la multiplicación, así como aparece en la ecuación y se obtiene un numero, este número corresponde a, él logaritmo de la precipitación, por lo que se debe aplicar el antilogaritmo, para poder obtener la cantidad de lluvia estimada.

Tabla 2. Tallas en  $\text{mm}^2$  propuestas por Raunkier (1934), retomadas por Webb (1959). Tomadas del Manual de arquitectura foliar 2009.

Rangos de área para los distintos tipos de lamina	
Talla de la hoja	Área en $\text{mm}^2$
Leptófila	< 25
Nanófila	25 – 225
Micrófila	225 – 2025
Notófila	2025 – 4500
Mesófila	4500 – 18225
Macrófila	18225 – 164025
Megáfila	>164025

## ¿Cómo obtener la talla de los ejemplares fósiles?

Para poder tener el tamaño de área manualmente, se obtuvieron los esquema con los rangos que utiliza Webb (1959), estos se imprimieron, luego se midió la escala con una regla, para corroborar que tuviera el mismo número de centímetros, posteriormente se saco una copia, sobre un acetato, para obtener las tallas de las laminas solo se sobrepuso el acetato encima del fósil, para poder decir a que rango pertenece.

Para obtener la talla digitalmente, se sacaron las fotos de los ejemplares fósiles, con una escala a lado, posteriormente las fotografías se introdujeron en el programa Sigma Scanpro, en el cual se obtuvo la talla usando las opciones image> calíbrate> distance and area>2 point-rescaling. Y después se coloca el cursor, sobre la imagen dando click en los lugares en los que se desee medir, primero la escala y luego la imagen, posteriormente, el programa hace las mediciones en automático obteniendo así el área, después se ve la escala de tallas proporcionada por Webb y Wolfe, asignado las tallas de los ejemplares conforme al rango que ellos proporcionan.

## **CLAMP (Programa de Análisis Multivariado Clima-Hoja)**

La técnica de CLAMP utiliza la correlación de los parámetros climáticos y la fisonomía foliar en CLAMP, se obtienen a través de un análisis canónico de correspondencia, el cual se ordena en una técnica multivariada sustentada en 31 estados de carácter (Wolfe 1993). En los fósiles no se necesita tener una identificación exacta de las familias que se encuentran en los ensambles foliares, pero lo que si se necesita es tener la serie de morfotipos bien reconocidos, con un total mínimo de 20, esto es para evitar generar errores grandes en la medición.

Las bases de datos que se utilizaron para el presente estudio, son las que se obtuvieron de CLAMP online, correspondiente a los siguientes nombres Physg3brc AZ, que representa los caracteres morfométricos, la segunda base se llama Met3br AZ, que

tiene los parámetros ambientales, estas tablas de datos representan un total de 144 localidades actuales del hemisferio norte.

La base de datos CLAMP es de tipo cuantitativo, esto quiere decir que refleja el porcentaje de representación de cada estado de carácter en la comunidad vegetal; para poder observar ese porcentaje primero se codifican los estados de carácter en términos numéricos. La codificación para este trabajo se lleva a cabo de la siguiente manera, ausencia (0), presencia (1), si el carácter no se encuentra por que el fósil está fragmentado (?) Wolfe 1993, Velasco de Leon *et al.*, 2006.

Los caracteres que se utilizan se describen a continuación, letra en negrita se encuentra el carácter que se toma en cuenta, adelante su número en la matriz y una pequeña descripción para diferenciarlo.

**Hoja con lóbulos (1)**, las hojas con lóbulos son aquellas en las que el margen se corta más allá del 50% a la vena media, si es una hoja pinnada o las venas principales si palmada (Figura 7). En la matriz se toma en cuenta solo si se encuentran las hojas con lóbulos o no Wolfe 1993, Velasco de Leon *et al.*, 2006.



Figura 7. Formas de hojas que se consideran, con el estado de carácter lobado presente. Tomado de CLAMP online

La presencia o ausencia **margen entero (2)**, que es aquel que no presenta dientes, aunque si puede presentar ondulaciones (Figura 8) Wolfe 1993, Velasco de Leon *et al.*, 2006.

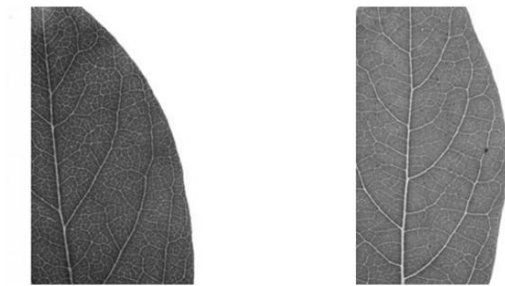


Figura 8. Hojas que presentan el estado de carácter margen entero. Tomado de CLAMP online

El tipo de diente solo es presente en márgenes serrados; para distinguir entre los tipos de márgenes dentados, se utiliza la forma del diente y el espacio entre cada uno de ellos, teniendo así cinco tipos diferentes de margen el cual se puede subdividir como se muestra en las siguientes imágenes. **Margen con dientes regulares (3)**, es cuando la longitud del espacio de los costados de los dientes adyacentes es al menos una tercera parte (Figura 9. A); **margen con dientes serrados (4)**, los dientes no son más largos que tres veces los costados apicales (Figura 9. B); **margen con dientes redondos o apesados (5)**, son los dientes que presentan un costado apical y uno basal convexo (Figura 9. C-D); **margen con dientes agudos (6)**, los costados apical y basal del diente forman una punta (Figura 9. E); **margen con dientes compuestos (7)**, el diente presenta un pequeño diente en la parte costal basal del mismo (Figura 9. F) Wolfe 1993, Velasco de Leon *et al.*, 2006.

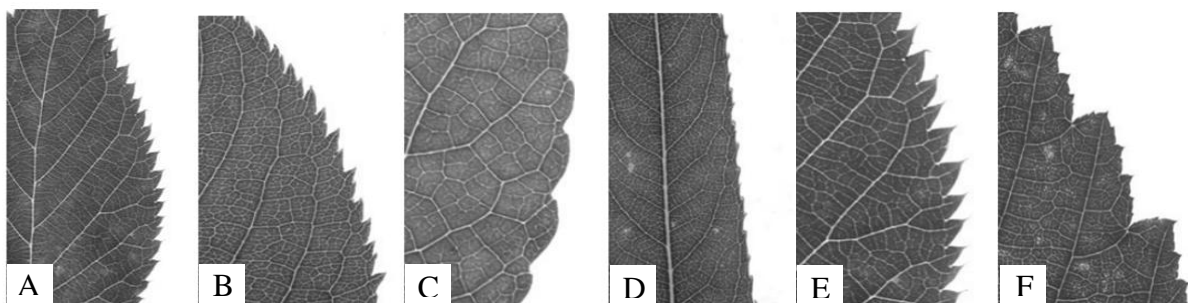


Figura 9. A) Tipo de margen que representa el estado de carácter **dientes regulares**. B) Forma del margen que representa el estado de carácter **dientes con margen serrado**. C- D) Ejemplares de margen que tienen **dientes redondos o apesado**. E) Tipo de margen que presenta del carácter **dientes agudos**. F) Forma del margen que muestra los **dientes compuestos**. Tomado de CLAMP online.

La talla corresponde a los mm<sup>2</sup> que se encuentran dentro de los rangos propuestos para ellos se utilizan las plantillas de tallas, que son nueve, **Nanófilo (8)**, **letófilo 1(9)**, **letófilo 2 (10)**; **micrófilo 1 (11)**; **micrófilo 2 (12)**; **micrófilo 3 (13)**; **mesófilo 1 (14)**; **mesófilo 2 (15)**; **mesófilo 3 (16)** Wolfe 1993, Velasco de Leon *et al.*, 2006.

Tabla 3. Tallas propuestas por Wolfe (1993), para CLAMP. Calculadas a partir de las imagen que proporciona CLAMP online. Con el programa Sigma Scanpro.

Tallas propuestas por Wolfe 1993, para CLAMP	
Talla de la hoja	Área en mm <sup>2</sup>
Nanófilo	< 7
Leptófilo 1	8 - 15
Leptófilo 2	16 - 65
Micrófilo 1	66 - 215
Micrófilo 2	216 - 695
Micrófilo 3	696 - 1860
Mesófilo 1	1861 - 3805
Mesófilo 2	3806 - 6060
Mesófilo 3	6061 - 9420

El tipo de ápice, corresponde a la parte superior del limbo, el cual se extiende desde la parte que corresponde del 75% al 100% de la lámina, considerando los siguientes cuatro estados; **emarginado (17)** este forma una curva en la parte más apical, esta curva tiene una dirección hacia la base (Figura 10. A); **redondo (18)** este ápice es convexo y forma una curva (Figura 10. B); **agudo (19)** este ápice tiene un margen que tiende a ser recto y los dos lados forman una punta (Figura 10. C); **atenuado (20)** en este tipo de ápice el margen cambia de una línea recta a un margen con una línea convexa (Figura 10. D) Wolfe 1993, Velasco de Leon *et al.*, 2006.

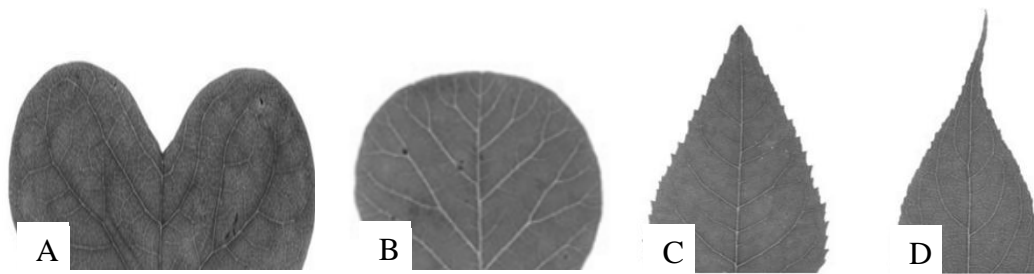


Figura 10. A) Tipo de ápice que muestra el estado de carácter **emarginado**. B) Forma de ápice que muestra el estado de carácter **redondo**. C) Ejemplares que muestran el ápice **agudo**. D) Ápices con forma **atenuada**. Tomado de CLAMP online.

El tipo de base, en una hoja corresponde la parte basal que va desde el 1% al 25% de la lámina, sin tomar en cuenta el peciolo; se consideran los siguientes estados de carácter; **cordado (21)**, en la parte basal del limbo, tiene una prolongación de la lamina que se extiende hacia abajo (Figura 11. A); **redonda (22)**, el margen basal correspondiente a esta base es convexo (Figura 11. B); **agudo (23)**, más de la cuarta parte de limbo, tiene un margen recto cóncavo (Figura 11. C) Wolfe 1993, Velasco de Leon *et al.*, 2006.

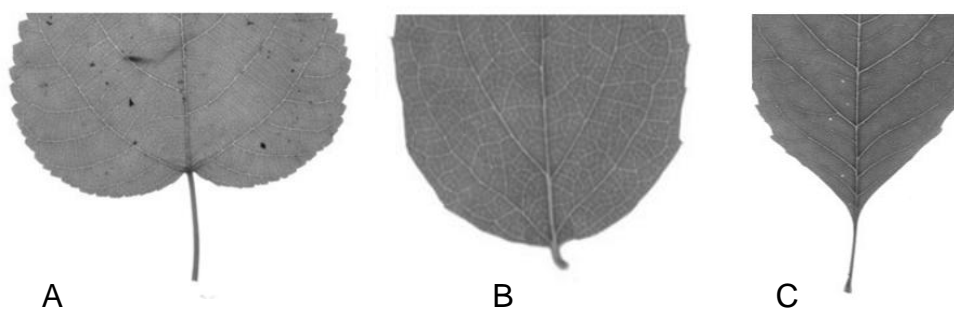


Figura 11. A) Formas de la base consideradas con el rasgo **cordado**, B) Tipos de base que presentan el estado de carácter **base redonda**, D) Bases de que muestran el estado de carácter **agudo**. Tomado de CLAMP online.

En la relación largo ancho (L:W), se utiliza la longitud, que es el total desde la base hasta el ápice; el ancho de la hoja, que es la amplitud de margen derecho a margen izquierdo de la lamina y se toma de la parte más ancha de la lamina, para obtener la

relación largo ancho, se divide el largo, entre el ancho, y obtenemos los datos, si los números obtenidos en decimales no pasan de 0.499, se hace un redondeo de las cifras dejándolas en el número inferior, si la cifra decimal llega a 0.5, entonces se considera el número superior siguiente, dejando los siguientes estados de carácter: **1:1 (24)** (Figura 12. A); **2:1 (25)** (Figura 12. B), **3:1 (26)** (Figura 12. C), **4:1 (27)** (Figura 12. D), y **>4:1 (28)** (Figura 12. E) Wolfe 1993, Velasco de Leon *et al.*, 2006.

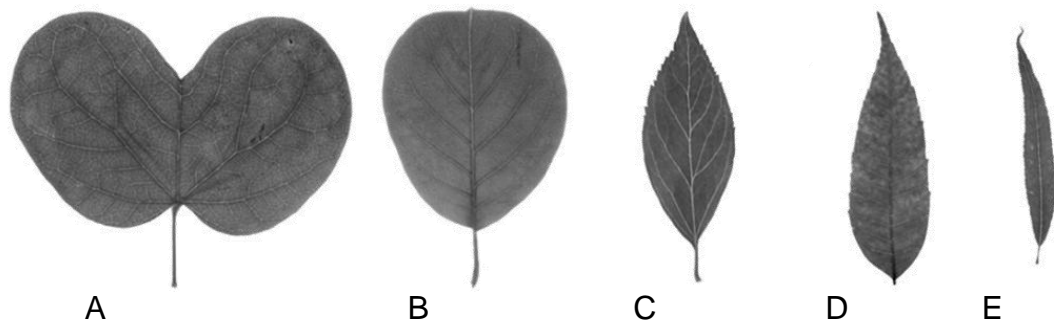


Figura 12. A) Hoja representante del estado de carácter **24**, B) Lámina con el estado de carácter **25**, C) Limbo representante del estado de carácter **26**, D) Hoja que presenta del estado de carácter **27**, E) Lámina con el estado de carácter **28**. Tomado de CLAMP online.

Forma del limbo en donde se consideran los siguientes tres estados, estos se dividen dependiendo de la parte más ancha del limbo, para encontrar la forma correspondiente se divide la hoja en tres secciones, la apical la media y la basal. **Obovada (29)**, en esta forma la parte más ancha se encuentra en la parte apical de la lámina (Figura 13. A), **Elíptica (30)**, la parte más ancha del limbo se encuentra en la región media (Figura 13. B), **Ovada (31)**, la parte más ancha de lámina se encuentra en la región basal del limbo (Figura 13. C) Wolfe 1993, Velasco de Leon *et al.*, 2006.

Se prosiguió hacer el análisis de correspondencias canónicas, para ello se utilizó el software estadístico R-studio (versión 0.97.173, 2012); en el cual se ingresó la serie de datos, la tabla de datos meteorológicos de 144 localidades, mas la tabla de 144 localidades con los datos de los rasgos morfológicos de las hojas, ambos CLAMP. Después se integraron los datos de las localidades al análisis de correspondencias canónicas como una variable muda, esto quiere decir que los datos de las localidades

van por separado para poder ubicarlos ya dentro del plano cartesiano, para obtener los valores y vectores propios del análisis.

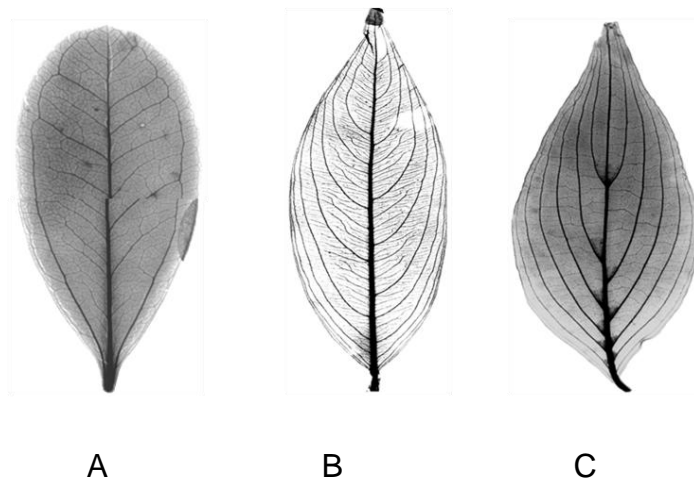


Figura 13. A) Ejemplar que muestra el estado de carácter forma del limbo obovado. B) Forma de la hoja con el carácter forma del limbo elíptico. C) Lamina con el estado de carácter forma del limbo ovado. Tomado del manual de arquitectura foliar 1999.

Posteriormente se realizaron regresiones lineales, utilizando los datos de los valores obtenidos del programa y los valores de los datos reales, así se obtendrá la ecuación de la recta, en esta ecuación se sustituirán los datos de los valores propios y de este modo se obtienen los datos climáticos, con los valores aproximados.

Los datos se interpretaron con ayuda del sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (2004). Que es un conjunto de formulas empíricas derivadas de elementos climáticos para delimitar cinco grandes grupos de climas en México (García, 2004). En las cuales se tiene que sustituir los datos obtenidos a partir del análisis de correspondencia canónica, en las tablas que el manual proporciona.

Por otro lado para apoyar los datos que se obtuvieron de la interpretación, se utilizó el factor de pluviosidad de Lang o índice de Lang (González-Medrano, 2012), este relaciona la precipitación y la temperatura, con la siguiente fórmula:



$$f = P/T$$

Donde

P= precipitación media anual expresada en mm

T= Temperatura media anual expresada en °C

Así mismo se integro la tabla de tasas de sedimentación en cuencas por años, para buscar un aproximado de los años de diferencia entre ambas localidades. Para este aproximado se tomara en cuenta la tasa de sedimentación propuesta por Nichols y Reynolds (Tabla 4), en donde hay una sedimentación promedio de 3 mm por año, en lo que son zonas lacustres, esto quiere decir que dependiendo de los espesores que presente el sitio de estudio se puede hacer una regla de tres, tomando el grosor de la sección estratigráfica laminar, transformando los centímetros a milímetros y luego dividiendo los milímetros por la tasa de sedimentación promedio, el resultado es un estimado del tiempo aproximado de diferencia entre un sitio y otro.

Tabla 4. Tasas de sedimentación en cuencas por año (Jubb, 1987)

Tasas de sedimentación promedio en cuencas por año. (Ambientes Terrestres)			
Ambiente	Tasa de sedimentación	Tamaño de partícula	Régimen o intensidad de la energía
Fluvial	1-18 cm/año	Arenas finas medianas y gruesas a gravas	Turbulento (++)
Lagos	0.3 cm/año	Arenas finas	Laminar (- -)
Ambiente Palustre	0.15-2 cm/año	Arenas finas a medianas	Laminar a Transicional (+ -)

## 7. RESULTADOS

### Descripción de las hojas, localidad Las Hojas Fósiles (HGO-51)

Se hizo una revisión en la colección de paleontología del UAEH, de la cual se extrajeron los fósiles mejor conservados para la toma de sus parámetros y sus repeticiones juntando un total de 50 morfotipos entre ambas localidades. A continuación enlistan unas pequeñas descripciones con las principales características utilizadas en el trabajo como lo son el tamaño, la forma, el tipo de ápice y base, la longitud y anchura de lámina, tipo de margen, si presenta dientes y qué tipo de diente, el tipo de venación del primero al orden que se encuentre en el limbo descrito principalmente.

Primero se describen los ejemplares previamente utilizados por Hernández (2006), de los cuales se tomaron en cuenta cinco ejemplares más sus repeticiones, seguidos del resto de ejemplares todos se describen brevemente.

Morfotipo 1. *Populus grandidentata* Michx.; UAHMP-2525, 2518, 2359, 2401, 2447, 4033-1. (Figura 14 A) Compresión carbonosa. Lámina con un área que varía desde los 786 mm<sup>2</sup> hasta los 4319 mm<sup>2</sup>, las tallas se mueven desde los tamaños microfílica y notofílica (Webb, 1959) o microfílica 2 y 3 (Wolfe 1993), proporción largo-ancho 1:1. Lámina simétrica, ovada, 35 mm hasta los 83 mm de largo, 31mm hasta los 73 mm de ancho, base redonda, ápice agudo, márgenes dentados; dientes con espacios regulares, 2 dientes por cm, ápice con punta esferulada, de forma recta-concava; venación primaria palmada, tipo actinódromo basal; venación secundaria broquidódroma, venas con ángulos agudos a obtusos; venas de tercer orden percurrentes alternas, con un curso sinuoso; venas de cuarto orden poligonales, reticuladas; venas de quinto orden poligonal reticuladas.(Hernández, 2006).

Morfotipo 2. *Cercocarpus macrophyllus* Schneid.; UAHMP-2480, 2457, 2462, 4081; (Figura 14 B). Impronta, el área se mueve entre los 85 mm hasta los 732 mm, la talla es microfílica 1 y 2 (Wolfe, 1993), nanofílica y microfílica (Webb, 1959), lámina simétrica, de

forma elíptica, con una proporción largo ancho 2:1, el ápice es redondo y la base es redonda, con márgenes dentados, con distribución regular, con 5 dientes por cm, los dientes tienen un ápice simple, con forma cóncava-cóncava; Su venación de primer orden es pinnada, de la cual se desprenden venas secundarias craspedodrómas, las cuales se distribuyen uniformemente a lo largo del limbo, además carecen de venas inter-secundarias, sus venas terciarias son percurrentes. (Hernández, 2006).

Morfotipo 3. *Karwinskia mollis* Schltdl.; UAHMP-2514, 2424, 4078, 4056, (Figura 14 C). Impronta, el área oscilan entre 76 mm hasta los 310 mm, presentan una talla micrófila uno (Wolfe, 1993), micrófila (Webb, 1959), la proporción largo ancho es 4:1, lamina simétrica, una forma oblonga, con 20 mm a 36 mm de largo, con un ancho de 6 mm a 10 mm, tiene una base y ápice agudos, el margen es dentado, con distribución regular, con presencia de 3 a 4 dientes por cm, el tipo de diente es cóncava-cóncava, su venación de primer orden es pinnada, se desprenden las venas de segundo orden de tipo cladódromo, las venas de tercer orden son percurrentes opuestas.

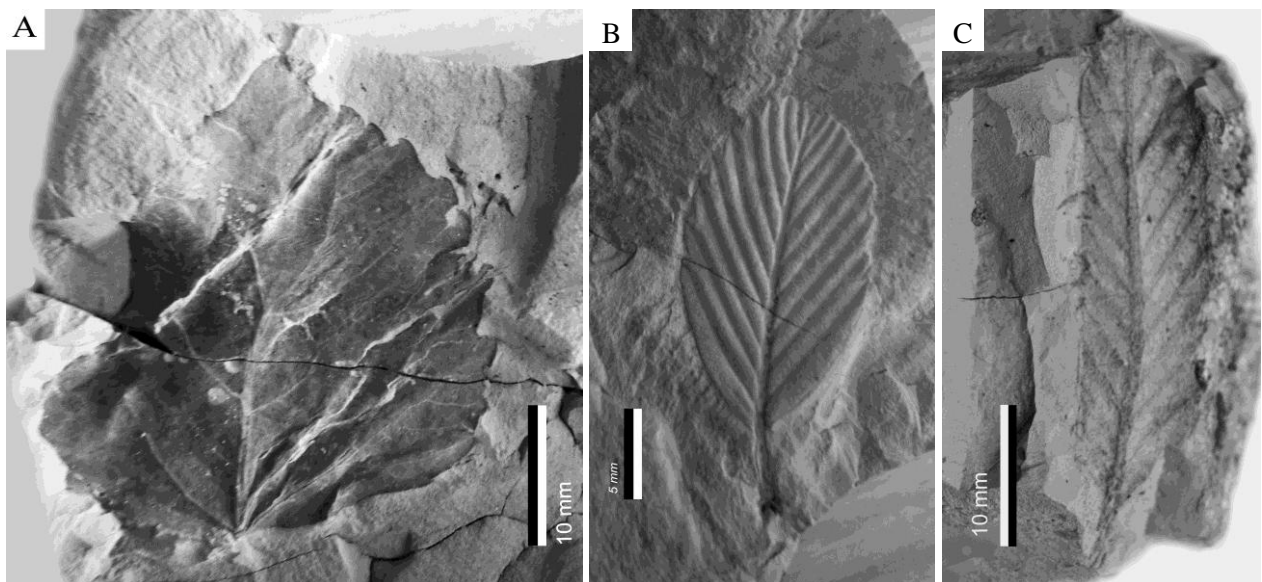


Figura 14. Hojas fósiles A) *Populus grandidentata*, B) *Cercocarpus macrophyluss*, C) *Karwinskia mollis*. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 4. *Quercus crassipes* Bonpl.; UAHMP-2526; (Figura 15 A). Compresión carbonosa, donde el ejemplar presenta cara y contracara, la cara esta fracturada en tres fragmentos sin embargo se aprecia la longitud total de la lámina, la carece del lado izquierdo que se perdió en el proceso de extracción. Con un área de 548.70 mm, una talla micrófila dos (CLAMP), micrófila (Webb, 1959), lámina simétrica, de forma oblonga, con longitud de 35 mm, y anchura de 14 mm, la proporción largo-ancho 3:1, el ápice es redondeado, la base es simétrica con forma reniforme, el margen es entero; la venación primaria pinnada, la venación secundaria es broquidódroma, venación terciaria percurrente alterna, las venas de cuarto orden son percurrentes opuestas, las venas de quinto orden son poligonales (Hernández, 2006).

Morfotipo 5. UAHMP-2527, 2473. (Figura, 15 B) Impronta, el área es de 298 mm<sup>2</sup>, su talla correspondiente a micrófila 2 (Wolfe, 1993) y micrófila (Webb, 1959), lamina de forma oblonga-obovada y es asimétrica, su longitud es 26 mm y una anchura de 15 mm, la proporción largo-ancho es 2:1, el ápice es agudo, la base es redondeada, posee un margen entero, las venas primarias son pinnadas, la venación secundaria es broquidódroma débil, los nervios no tocan el margen de la hoja, la venas de tercer orden son poligonales reticulados.

Morfotipo 6. UAHMP-2354. (Figura, 15 C) Compresión, hoja con área de 239 mm<sup>2</sup>, de talla micrófila uno (CLAMP), y micrófila con Webb; con lamina simétrica y de forma elíptica, presenta una longitud de 26.35 mm de largo y 11.56 mm de ancho; su relación largo ancho es 2:1; con un ápice y base agudas, su margen es entero; su venación primaria es pinnada, la secundaria es broquidódroma con espacios asimétricos, y forma las venas peri-marginales, denominadas venas secundarias intra-marginales, con presencia de venas inter-secundarias poco desarrolladas, las venas de tercer orden no se pueden apreciar bien por el grado de conservación del fósil, pero parecen ser percurrentes mixtas.

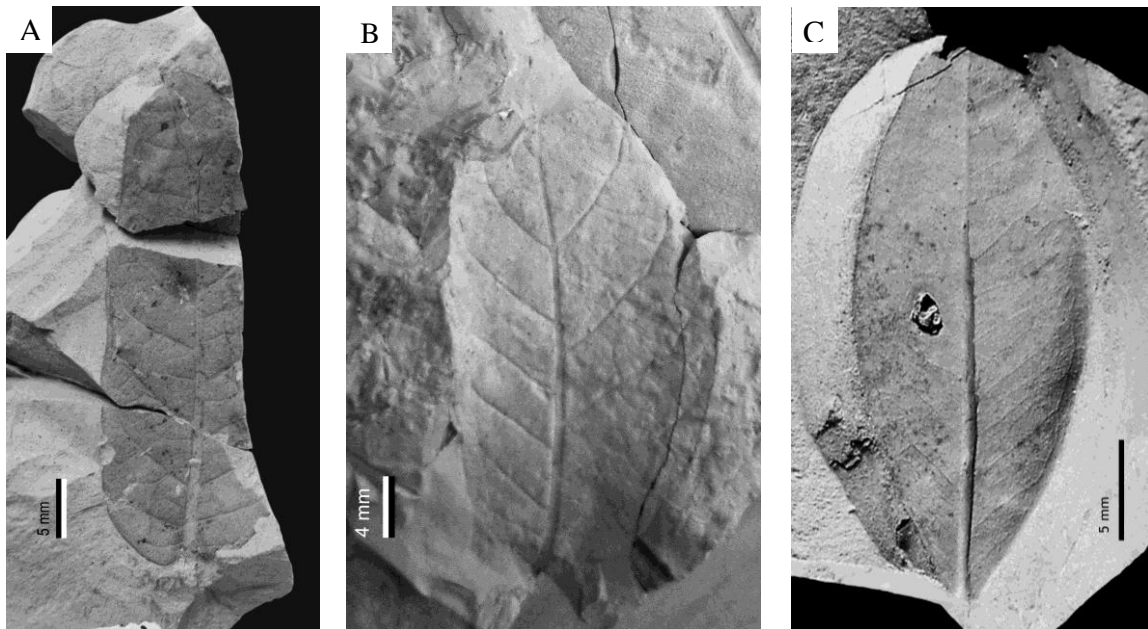


Figura 15. Hojas fósiles A) *Quercus crassipes*, B) UAHMP-2527, C) UAHMP-2354. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 7. UAHMP-2362. (Figura, 16 A). Compresión carbonosa, con presencia de peciolo, hoja con un área de  $45\text{mm}^2$ , la talla es nanófila (Webb, 1959) y leptófila 2 (Wolfe, 1993), lamina con forma obovada y simétrica, la longitud total corresponde a 12.85 mm, el ancho es de 9.09 mm, proporción largo-ancho 1:1, la base es aguda y el ápice retuso, el margen es entero; la venación primaria es pinnada la secundaria se llega a ver dificultosamente, parece ser eucamptódroma, las venas de ordenes mayores son prácticamente imperceptibles.

Morfotipo 8. UAHMP-2399. (Figura, 16 B). Impronta, fósil semicompleto, presenta, una fractura en la parte derecha, es una hoja que presenta un área aproximada de  $346.26\text{mm}^2$ , la talla que presenta es micrófila 2 (Wolfe, 1993), y micrófila (Webb, 1959), con forma obovada y simétrica, su longitud aproximada es mayor a 36.80 mm y su anchura aproximada es de 15.6 mm, el ápice redondo, y base aguda, la relación largo ancho es 2:1, con margen entero; la vena primaria es pinnada, la venación secundaria es semicraspedódroma, la venación terciaria es percurrente mixta, las venas de órdenes

superiores no se distinguen muy bien, sin embargo presenta unas venas intersecundarias muy marcadas.

Morfotipo 9. UAHMP-2433 (A, B), (Figura 16 C) Impronta que presenta cara y contracara, su área es de aproximadamente  $719.68 \text{ mm}^2$ , la talla micrófila (Webb, 1959) y micrófila 2 (Wolfe, 1993), su lámina es simétrica con forma obovada, la hoja tiene un largo de 32.44 mm de largo y de ancho aproximado 22.56 mm, la relación largo ancho 1:1, el apice es redondo y la base aguda, con margen entero; su venación primaria es pinnada, seguida de una venación secundaria broquidódroma, las venas terciarias son percurrentes mixtas, con un curso sinuoso, los altos ordenes de venación no se pueden apreciar por las condiciones de preservación.

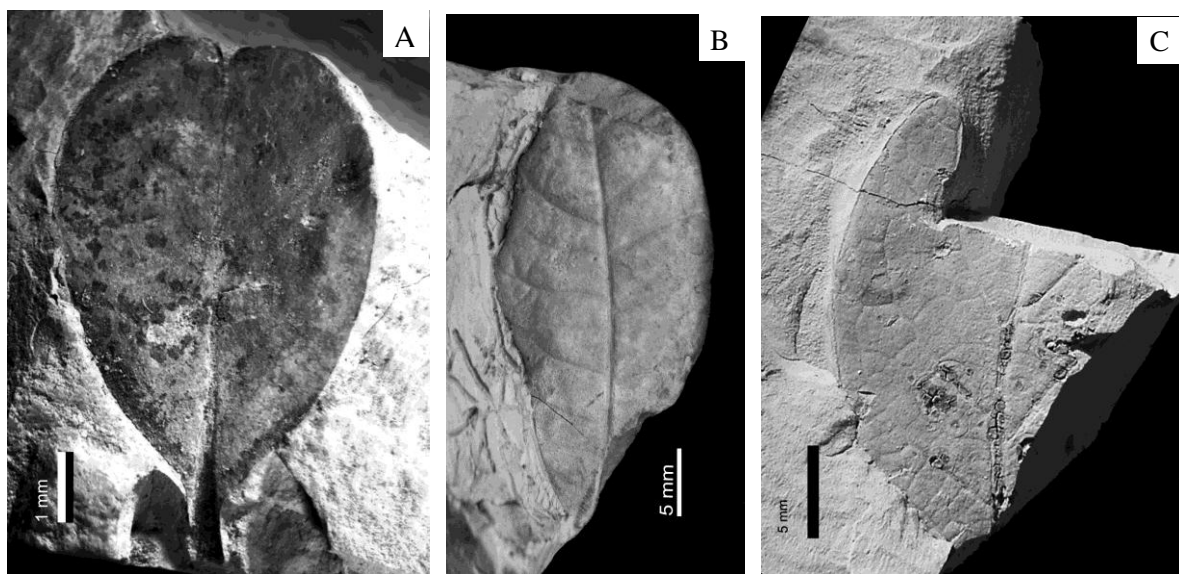


Figura 16. Hojas fósiles A) UAHMP-2362, B) UAHMP-2399, C) UAHMP-2433. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 10. UAHMP-2464, 2533. (Figura 17 A). Impronta, el área promedio es de  $750 \text{ mm}^2$ , la talla es de micrófila 3 (Wolfe, 1993), la talla sugerente es micrófila (Webb, 1959), posee lamina de forma obovada y simétrica, tiene una longitud mayor a 53.97 mm, su anchura aproximada ronda en 26.80 mm, el fósil no muestra el ápice completo pero pudiese ser redondo, la base es de forma aguda, presenta un margen entero, con una venación primaria pinnada, la venación secundaria es eucamptódroma, presenta

venas inter-secundarias poco visibles, las venas de tercer orden son percurrentes mixtas las venas de mas altos ordenes no se llegan a distinguir.

Morfotipo 11. UAHMP-2483, 2470. (Figura 17 B) Compresión carbonosa, se encuentra fragmentada de la parte inferior de la hoja, su área promedio es de  $29 \text{ mm}^2$ , tiene una talla leptofila 2 (Wolfe, 1993), tiene una talla nanófila (Webb, 1959), la lamina es de forma ovada y simétrica, su longitud es de 9.76 mm y su anchura es de 5.54 mm, su relación largo ancho 2:1, el ápice y la base son redondas, con margen entero; la vena primaria es pinnada, venación secundaria broquidódroma, con fuerte presencia de venas inter-secundarias, las venas de tercer orden no se distinguen.

Morfotipo 12. UAHMP-2475. (Figura, 17 C) Impronta fracturada de lado izquierdo, tiene un área correspondiente a  $469 \text{ mm}^2$ , la talla es micrófila 2 (Wolfe 1993) y micrófila (Webb, 1959), la hoja presenta una forma obovada y simétrica, tiene una longitud de 32.68 y una anchura de 20.51, la relación largo ancho es 2:1, el tipo de ápice es redondo y la base es aguda, con un margen entero, tiene una vena primaria pinnada, la venación secundaria es semicraspedódroma, las venas de tercer se distinguen poco pero parecen ser percurrentes mixtas.

Morfotipo 13. UAHMP-2499, 4077. (Figura, 18 A). Compresión carbonosa, fósil semi-completo, el área promedio es de  $182 \text{ mm}^2$ , la talla es nanófila (Webb, 1959), corresponde a micrófila 1 (Wolfe, 1993), la forma de la lamina es elíptica y simétrica, tiene una longitud de 43.82 mm y de ancho 7.6 mm; la proporción largo ancho es de 5:1, la base es aguda, el ápice es agudo, presenta un margen entero; la venación de primer orden es pinnada, la de segundo orden es eucamptódromo, las venas de tercer orden son percurrentes opuestas, las de cuarto orden son percurrentes mixtas,

Morfotipo 14. UAHMP-2528. (Figura, 18 B). Impronta, el ejemplar está quebrado del ápice, la talla aproximada es micrófila (Webb, 1959), la talla es micrófila 2 (Wolfe, 1993), tiene una lámina obovada y asimétrica, sus medidas corresponden a 45.46 mm de

longitud aproximada, 19.08 mm de ancho, proporción largo ancho aproximada 2:1, con una base cuneada simétrica, el ápice no se distingue, el margen es entero; la venación primaria pinnada, secundaria semicraspedódroma, la venación terciaria es percurrente mixta, la de cuatro grado es percurrente alterna, la de quinto orden es percurrente alterna, la de sexto orden es percurrente alterna.

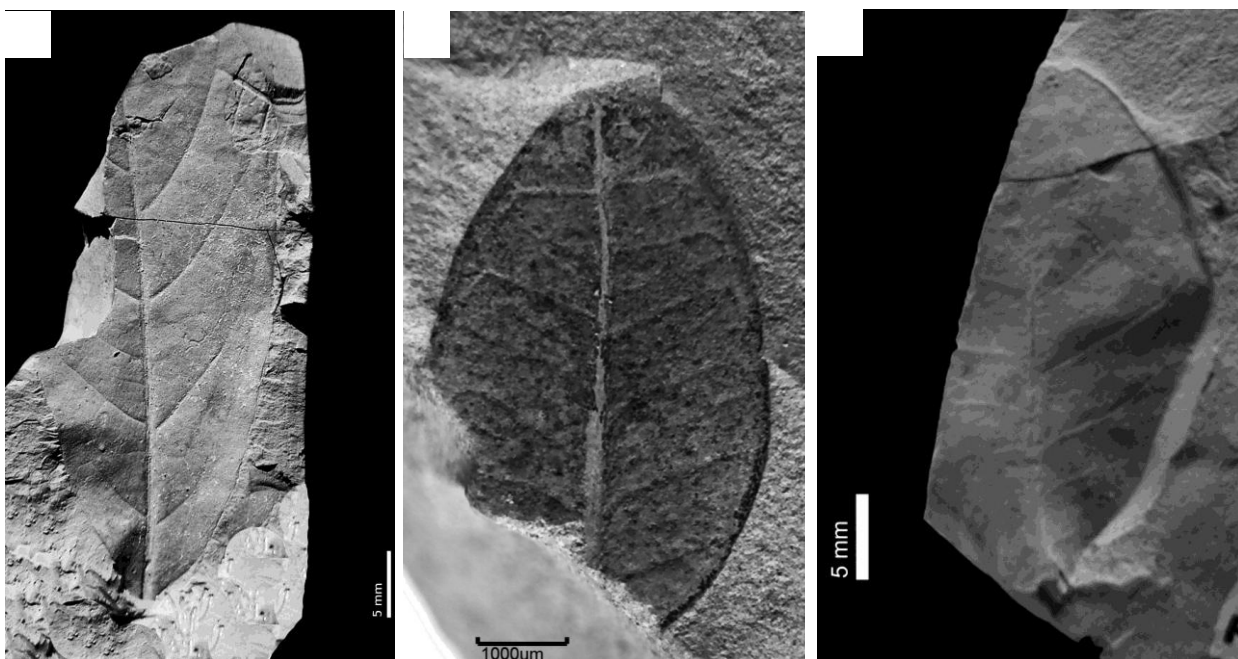


Figura 17. Hojas fósiles A) UAHMP-2464, B) UAHMP-2483, C) UAHMP-2475. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 15. UAHMP-2543. (Figura, 18 C). Impronta, ejemplar quebrado de la mitad del ápice, tiene un área  $596.93 \text{ mm}^2$ , la talla es micrófila (Webb, 1959), la talla es micrófila 2 (Wolfe, 1993), la forma de lamina es ovada y simétrica, su medidas corresponden a 45.46 mm de longitud, 19.08 mm de ancho, la relación largo ancho 2:1; con un ápice agudo y una base cuneada simétrica, el margen es entero; la venación primaria es pinnada, secundaria semicraspedódroma, la venación terciaria es percurrente mixta, la de cuatro grado es percurrente alterna, la de quinto orden es percurrente alterna, la de sexto orden es percurrente alterna.



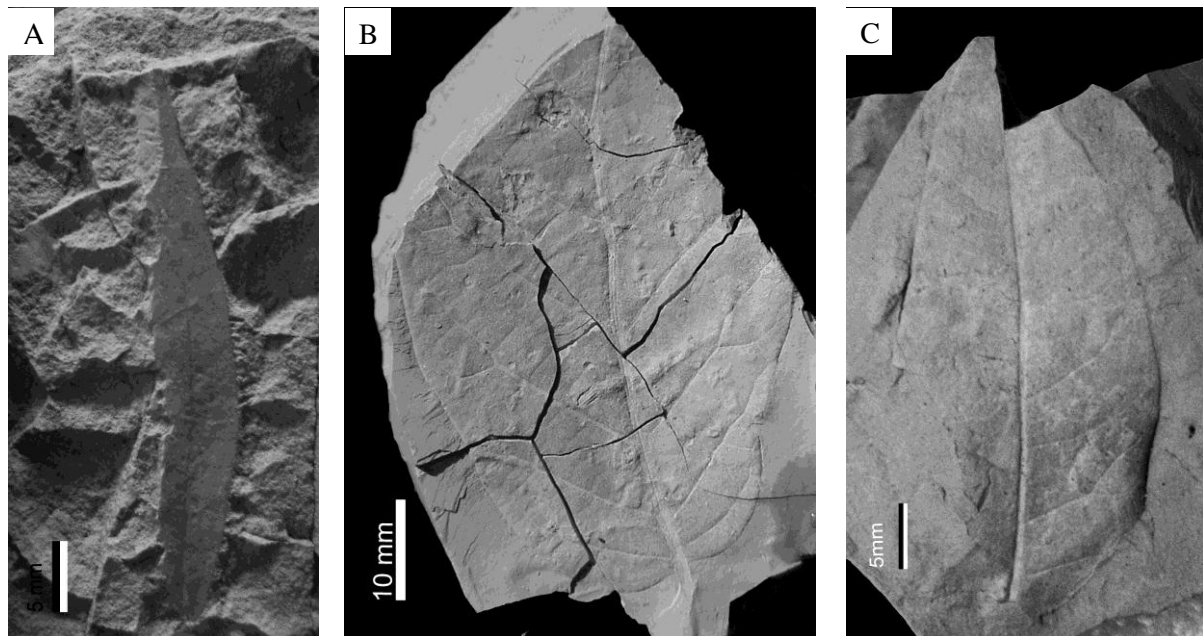


Figura 18. Hojas fósiles A) UAHMP-4077, B) UAHMP-2528, C) UAHMP-2543. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 16. UAHMP-4036. (Figura, 19 A). Compresión carbonosa, fósil semi-completo, falta la base, presenta curvatura, el área que presenta es de  $510 \text{ mm}^2$ , la talla es micrófila 3 (Wolfe, 1993), la talla micrófila (Webb, 1959), lamina ovada simétrica, con una longitud mayor a 62.46 mm y un ancho 11.00 mm, su relación largo ancho es  $>4:1$ , la hoja se comparo con varias hojas del genero *salix*, de este modo se supone que su ápice es agudo y su base es redonda, el margen es dentado, la distribución de los dientes es regular con 4 a 5 dientes por cm, es de tipo simple, con forma flexoso-convexo, además presenta él ápice esferúlado que solo la familia Salicaceae presenta; su venación primaria es pinnada, la secundaria es eucamptódroma, la terciaria es percurrente alterna, la de cuarto orden es percurrente alterno.

Morfotipo 17. UAHMP-4039, 2405. (Figura, 19 B). Impronta, la talla no se distingue, la forma hipotética es elíptica y es simétrica, sin relación largo ancho, presenta una base redonda y posiblemente un ápice agudo, tiene una venación primaria pinnada, una secundaria cladódroma, sin embargo con las aproximaciones se podría decir que es de tipo micrófila 1

Morfotipo 18. UAHMP-4044. (Figura, 19 C). Compresión carbonosa, la hoja tiene cara y contracara, el área es de 481 mm<sup>2</sup>, la talla es micrófila 2 (Wolfe, 1993), la talla micrófila (Webb, 1959), la forma es obovada y simétrica, tiene 58.45 mm de largo, 13.83 mm de ancho, su relación largo ancho es 4:1, la base es atenuada, el ápice es agudo, el margen es entero, la venación primaria es pinnada, la secundaria es dicotomizada, las venas terciarias son dicotomizadas y las de cuarto grado también son dicotomizadas.

Morfotipo 19. UAHMP-4045 (Figura, 19 D). Compresión carbonosa, el área es de 346 mm<sup>2</sup>, la talla es micrófila 2 (Wolfe, 1993) y una talla micrófila (Webb, 1959), lamina simétrica de forma ovada, con una longitud de 26.57 mm y una anchura 16.06 mm con una proporción largo ancho 2:1, su base es redonda con ápice es agudo, presenta un margen dentado, con distribución regular, con dientes convexo-convexo, de 2 a 3 dientes por cm, con ápice simple; tiene una venación primaria pinnada, la venación secundaria es craspedódroma, la venación de tercer orden es percurrente opuesto.

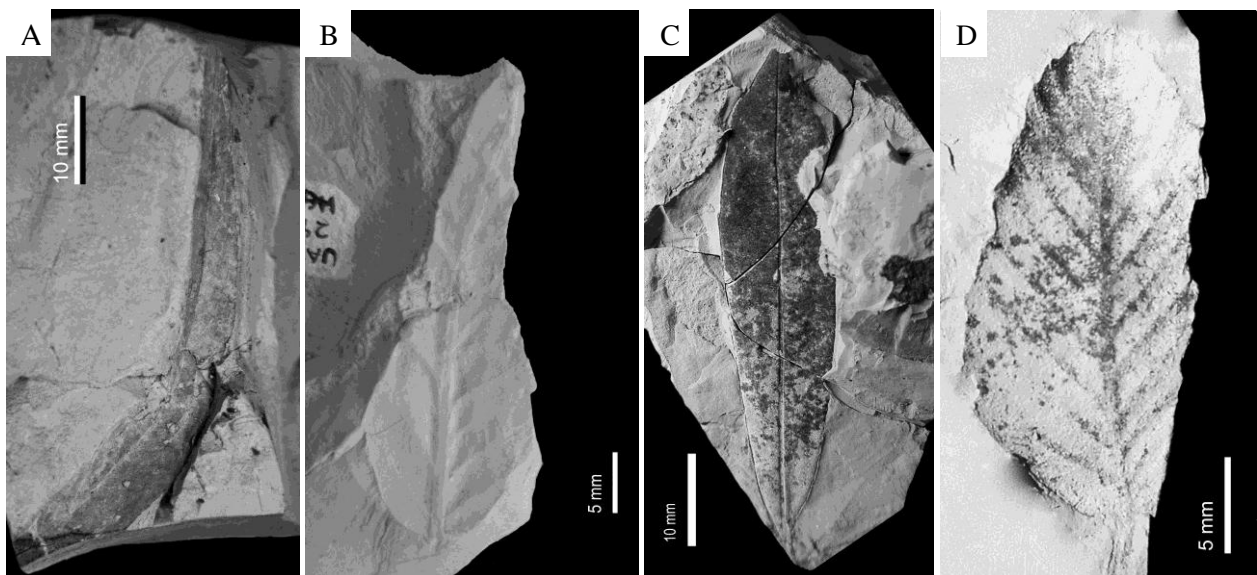


Figura 19. Hojas fósiles A) UAHMP-4036, B) UAHMP-4039, C) UAHMP-4044, D) UAHMP-4045. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 20. UAHMP-4047. (Figura, 20 A). Compresión carbonosa, tiene un área de 85 mm<sup>2</sup>, la talla que presenta es micrófila (Webb, 1959), y micrófila 1 (Wolfe, 1993), su forma de la lamina es oblonga- elíptica y simétrica, tiene una longitud de 28.84 mm y una anchura de 5.83 mm, con una relación L:W mayor de 4:1, el ápice y la base son agudos, el margen que presenta es serrado, con distribución regular, con 7 a 8 dientes por cm, la forma es recto-recto y presentan un ápice simple; la vena de primer orden es pinnada, las venas de segundo orden es broquidodroma, las venas de tercer orden son percurrentes alternas, las venas de cuarto orden también son percurrentes alternas.

Morfotipo 21. UAHMP-4049, 2501. (Figura, 20 B). Impronta, con un área promedio de 850 mm<sup>2</sup>, con talla correspondiente a micrófila según (Webb, 1959) y micrófila 2 según (Wolfe, 1993), la forma de la hoja es ovada y simétrica, que presenta una longitud de 30.59 mm y una anchura de 16.12 mm, con una relación largo ancho de 2:1, la base es convexa, el ápice es agudo, presenta un margen dentado, este margen solo presenta dos dientes uno de cada lado de la lamina, el diente es convexo-cóncavo; la vena de primer orden es pinnada, las venas de segundo orden es semicraspedódroma, las venas de tercer orden son percurrentes mixtas, las venas de cuarto orden son percurrentes mixtas las venas de quinto orden son poligonales, las venas de sexto orden también son poligonales.

Morfotipo 22. UAHMP-4052, 2580. (Figura, 20 C). Impronta, tiene un área de 6936 mm<sup>2</sup>, la tallas que presenta es mesófila (Webb, 1959) y mesófila 3 (Wolfe, 1993), la forma de la lámina es obovada y simétrica, su longitud es mayor a los 10 cm, la anchura de media hoja presenta 3.5 cm, su relación largo ancho 3:1, la forma de la base tendería a ser cuneada y el ápice puede ser redondeado, presentan un margen dentado, el diente es de tipo convexo-cóncavo y su distribución es regular, con un diente cada dos centímetros y un ápice simple, La hoja presenta venación primaria pinnada, secundaria de tipo semicraspedódroma, la venas de tercer orden son percurrentes mixtas, las de cuarto orden son percurrentes opuestas las venas de quinto orden son opuestas percurrentes las venas de sexto orden son poligonales.

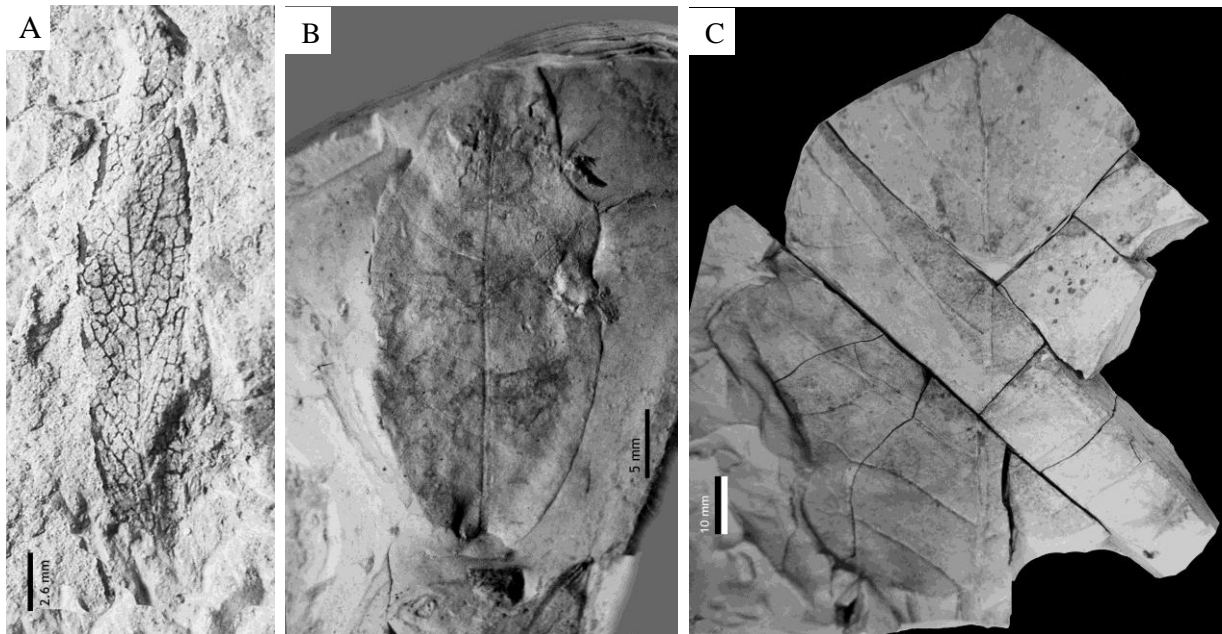


Figura 20. Hojas fósiles A) UAHMP-4047, B) UAHMP-4049, C) UAHMP-4052. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 23. UAHMP-4053, 4066. (Figura, 21 A) Impronta. Lamina completa, con un área de promedio de  $50 \text{ mm}^2$ , su talla es leptófilo 2 (Wolfe, 1993) y nanófilo (Webb, 1959), presenta una forma obovada y simétrica, la longitud es de 12 mm y una achura de 5 mm, su relación largo ancho es 2:1, el ápice es agudo y la base es aguda, con un margen entero; el tipo de venación primaria es pinnado, las venas secundarias son broquidódromas, las venas de tercer orden son percurrentes mixtas, y las venas de cuarto orden son percurrentes opuestos.

Morfotipo 24. UAHMP- 4054, 4032. (Figura, 21 B). Compresión carbonosa, la talla es micrófila 2 (Wolfe, 1993) y micrófila (Webb, 1959), lamina de forma elíptica y simétrica, con una longitud mayor de 39 mm, su ancho es de 18.07 mm, tiene una relación largo ancho aproximada de 2:1, la base puede ser redondeada, pero ninguno de los dos ejemplares la presenta, el ápice es agudo, el margen es entero, con curvaturas pero sin presencia de dientes; tiene una venación primaria pinnada, una venación secundaria de tipo cladódromo, las venas de tercer orden son percurrentes opuestas, las venas de cuarto orden son percurrentes opuestas, las venas de quinto orden son percurrentes opuestas, formando un arreglo como en malla por lo que son percurrentes opuestas.

Morfotipo 25. UAHMP- 4057, 2402. (Figura, 21 C). Impronta, el área corresponde a 575 mm<sup>2</sup>, su talla es micrófila (Webb, 1959), y micrófila 2 (Wolfe, 1993), es una hoja con forma oblonga y simétrica, tiene una longitud mayor a 42.83 mm y una anchura de 11.70 mm, con relación largo ancho 2:1, con base redonda, el ápice puede ser agudo o redondeado, su margen es dentado ,con distribución regular, con forma convexo-convexo, tiene una venación primaria pinnada, una venación secundaria eucamptódroma, y una venación terciaria percurrente opuesta, una venación de cuarto orden percurrente opuesta, la venas de quinto orden también son percurrentes opuestas.

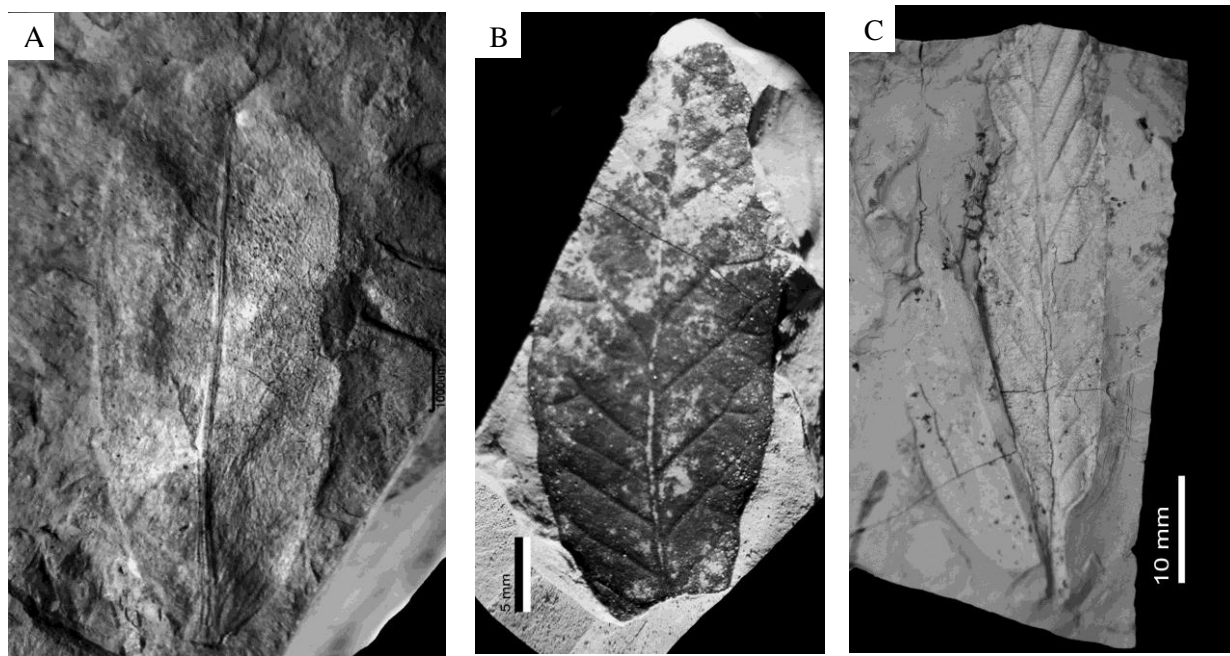


Figura 21. Hojas fósiles A) UAHMP-4053, B) UAHMP-4054, C) UAHMP-4057. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 26. UAHMP- 4058. (Figura, 22 A). Impronta, el área que presenta es de 205 mm<sup>2</sup>, la talla es leptófila 2 (Wolfe, 1993) y nanófila (Webb, 1959), con lamina asimétrica, el lado izquierdo es más ancho de la vena media al margen y de forma ovada, tiene una longitud de 12.53 mm y una anchura de 6 mm, con una relación largo ancho 2:1, posee una base asimétrica aguda y un ápice redondo, parece ser un foliolo de una hoja

compuesta, la hoja presenta un margen entero, su venación primaria es pinnada, la venación secundaria es broquidódroma, las venas de tercer orden son poligonales.

Morfotipo 27. UAHMP- 4063. (Figura, 22 B). Compresión carbonosa, el área es de 121 mm<sup>2</sup>, la talla que presenta el ejemplar es nanófila (Webb, 1959), y micrófila 2 (Wolfe, 1993). tiene una forma elíptica y simétrica, fracturada del lado izquierdo de la base, sin embargo se llega a distinguir el lado derecho de la hoja y parte del peciolo, tiene un largo de 23.64 mm y un ancho de 13,65 mm, con una relación largo ancho de 2:1, presenta una base aguda, un ápice redondo, su margen es entero; su venación primaria es pinnada, la venación secundaria es broquidódroma, la venación de tercer orden secundaria es de tipo percurrente, la de cuarto orden no se distingue muy bien pero parecieran percurrentes,

Morfotipo 28. UAHMP- 4071 A. (Figura, 22 C). La hoja se sitúa en la parte superior, arriba de la peca, la cual está señalada con una flecha, esta pequeña hoja es una compresión carbonosa, la cual presenta una fractura en la parte del ápice, su área es de 21.7 mm<sup>2</sup>, la talla es nanófila (Webb, 1959) y leptófila 2 (Wolfe, 1993), la hoja tiene una forma elíptica y simétrica, tiene un largo de 9.2 mm y un ancho de 3.2 mm, con una relación L:W de 3:1, con base aguda y un ápice que no es visible, el margen es entero, su venación primaria es pinnada, su venación secundaria es broquidódroma, las venas de tercer orden son percurrentes.

Morfotipo 29. UAHMP- 4071 B. (Figura, 22 D). La segunda es una hoja, mucho muy pequeña, es una compresión carbonosa, el área que presenta tiene 49.8 mm<sup>2</sup>, su talla es leptófila 1 (Wolfe, 1993) y leptófila (Webb, 1959); su forma es elíptica y simétrica, sus medidas corresponden a 6.07 mm de longitud y una anchura de 2.00 mm, teniendo una relación largo ancho de 3:1, la base es aguda, y el ápice es redondo, con margen entero debido a el pequeño tamaño, solo se distinguen la vena de primer orden, que es de tipo pinnado.

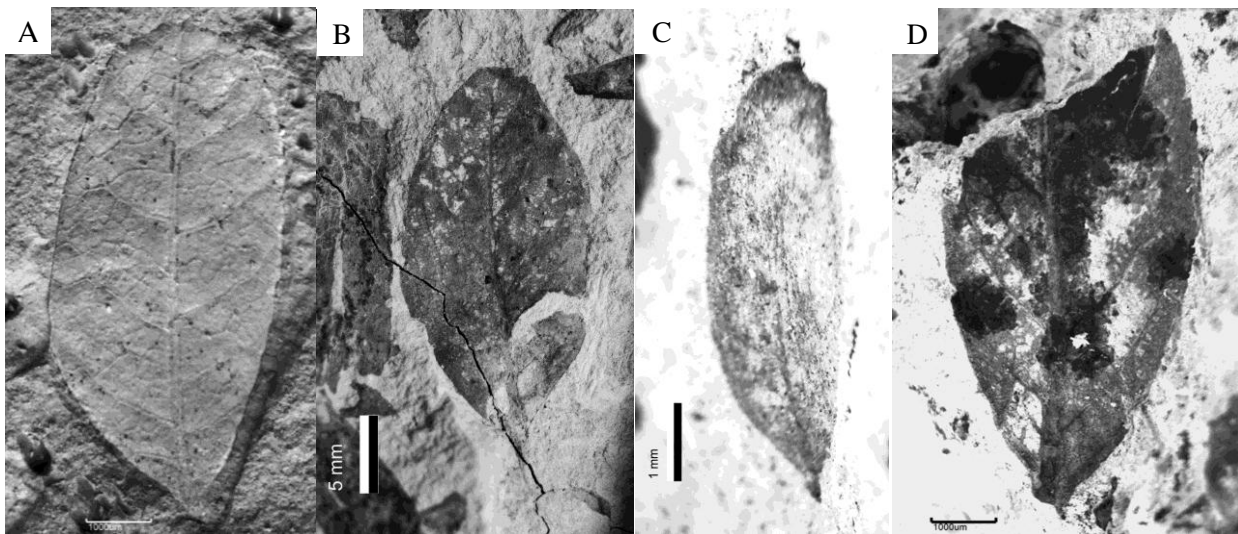


Figura 22. Hojas fósiles A) UAHMP-4058, B) UAHMP-4063, C) UAHMP-4071 A, D) UAHMP-4071 B. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 30. UAHMP 4072 A. (Figura 23.A) Compresión carbonosa, la lamina tiene un área de  $13.3 \text{ mm}^2$ , su talla es leptófila 1 (Wolfe, 1993) y leptófila (Webb, 1959), lamina con forma obovada y simétrica, su longitud es de 5 mm, su anchura es de 3 mm, la relación largo ancho es de 2:1, tiene un ápice redondo, y una base aguda, con un margen entero. La vena de primer orden es pinnada, las venas secundarias son broquidódromas muy marcadas, las venas de tercer orden son percurrentes opuestas.

Morfotipo 31. UAHMP 4072 B1. (Figura. 23 B). Compresión carbonosa, tiene un área de  $71.2 \text{ mm}^2$ , su talla corresponde a micrófila 1 (Wolfe, 1993) y nanófila (Webb, 1959), lamina con forma ovada simétrica, su longitud es de 14.2 mm y su anchura es de 4.1mm, su relación largo ancho es 3:1, presenta base redonda, ápice agudo, y margen entero; la vena de primer orden es pinnada, las venas de segundo orden son de tipo broquidódroma, las venas de tercer orden son percurrentes alternas y las venas de cuarto orden son percurrentes opuestas.

Morfotipo 32. UAHMP 4072 B. 2, (Figura, 23 C). Compresión carbonosa con un área de  $286.8 \text{ mm}^2$ , su talla es micrófila (Webb, 1959) y micrófila 2 (Wolfe, 1993), la lamina es asimétrica y con forma elíptica, se encuentra con unas pequeñas fracturas del lado

derecho, el lado derecho de la lamina es más larga que la izquierda, , tiene una longitud de 45.9 mm y una anchura de 17 mm, su relación largo ancho es de 3:1, su base es aguda asimétrica, el ápice es agudo, presenta un margen entero; el presenta una vena primaria pinnada, una venación secundaria semicraspedódroma, las venas de tercer orden son percurrentes y las cuarto orden son dicotómicas.

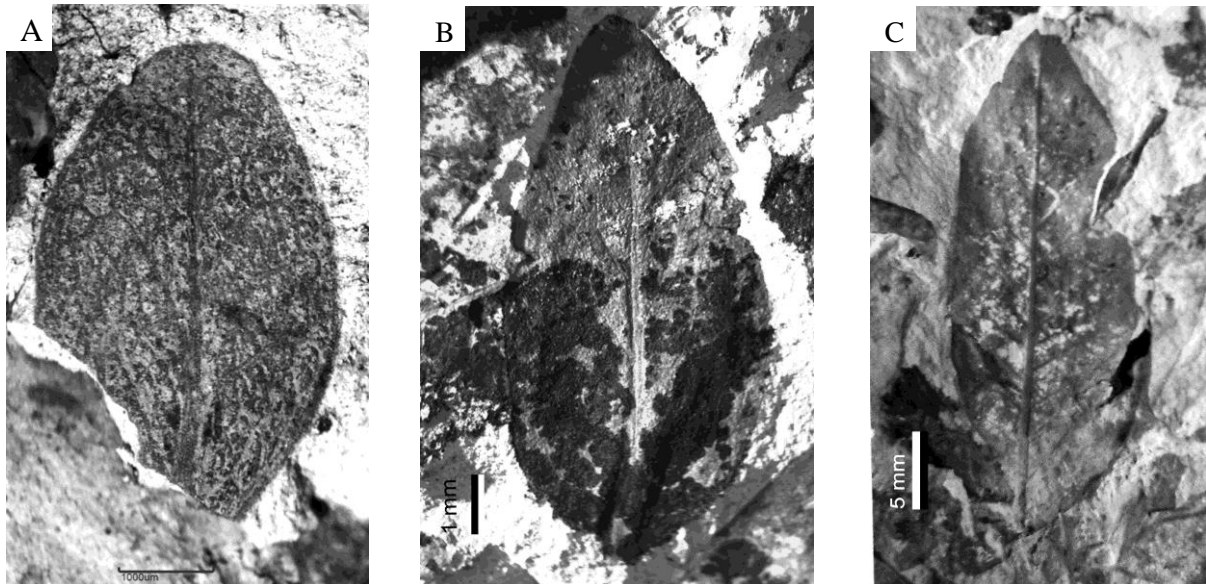


Figura 23. Hojas fósiles A) UAHMP-4072 A, B) UAHMP-4072 B 1, C) UAHMP-4072 B 2. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

### Descripción de las hojas, localidad Cerro Blanco (HGO-72).

Morfotipo 33. UAHMP-4082 (Figura, 24 A). Impronta, hoja con un área de 1139 mm<sup>2</sup>, su talla es micrófila (Webb, 1959) y micrófila 3 (Wolfe, 1993), lamina completa de forma ovada y simétrica, tiene una longitud de 64.26 mm y una anchura de 27.12 mm, su relación largo-ancho es 2:1, presenta un ápice agudo y una base redonda, el margen es entero, el tipo de venas primarias son pinnadas, las venas de órdenes superiores no se observan.

Morfotipo 34 UAHMP- 4085, 4113. (Figura, 24 B) Impronta, lamina semicompleta, presenta un área de 2227.58 mm<sup>2</sup>, la talla que presenta es mesófilo 1 (Wolfe, 1993), y



notófila (Webb, 1959), la forma de la lamina es ovada y simétrica, su longitud total es de 95.60 mm, su anchura es de 34.95 mm, la relación largo ancho es 3:1, tiene una con una base redonda, la cual tiene una fractura y posee un ápice acuminado, el margen es entero; la vena de primer orden es pinnada, las venas de segundo orden son casi imperceptibles, y las de órdenes superiores no se observan.

Morfotipo 35. UAHMP- 4086. (Figura, 24 C). Impronta, tiene un área aproximada de 1205 mm<sup>2</sup>, su talla la ubica en micrófilo 3 (Wolfe, 1993) y micrófilo (Webb, 1959), la forma de la lamina es ovada y simétrica, con una longitud aproximada mayor a los 50 mm, la anchura es de 28.99 mm, la relación largo ancho aproximada es de 2:1, con un ápice posiblemente agudo y una base redonda, presenta un margen entero; la vena primaria es pinnada, las venas secundarias son semicraspedódromas, las venas de órdenes superiores, no se observan.

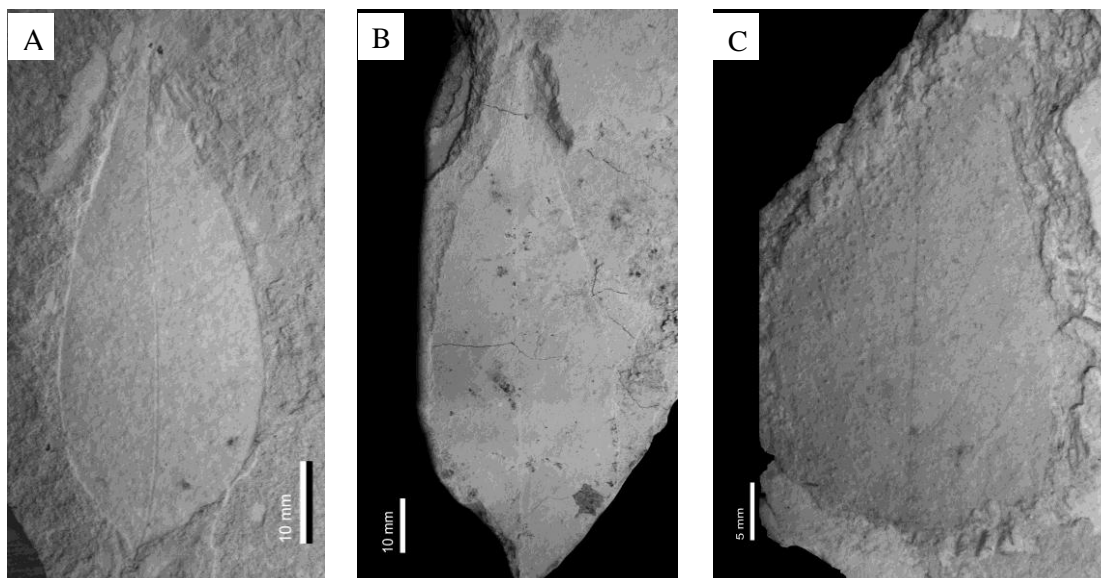


Figura 24. Hojas fósiles A) UAHMP 4082, B) UAHMP 4085, C) UAHMP 4086. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 36. UAEMP 4087. (Figura, 25 A). Impronta rota del ápice, con un área aproximada de 1037 mm<sup>2</sup>, su talla es micrófila (Webb, 1959) y micrófila 3 (Wolfe, 1993), lamina simétrica de forma elíptica, la longitud de esta hoja es mayor a 50 mm, tiene una anchura de 23 mm, presenta el ápice fracturado, la base es redonda, el margen es

entero, su vena primaria es pinnada las venas secundarias son de tipo broquidódromo débil, las venas terciarias son percurrentes opuestas, las venas de órdenes superiores no se distinguen.

Morfotipo 37. UAHMP- 4088. (Figura, 25 B). Impronta, su área aproximada es de 726 mm<sup>2</sup>, su talla corresponde a micrófila (Webb), mientras que para CLAMP su talla es micrófila 3, su lamina presenta peciolo, así mismo, su forma es de obovada, tiene una longitud de 43.25 mm y una anchura aproximada de 21.88 mm, con una relación largo ancho de 2:1; la base es aguda y el ápice puede ser redondo, su margen es entero; su vena primaria es pinnada. La secundaria es semicraspedódroma, las venas de tercer orden percurrentes alternas, las venas de cuarto orden son percurrentes opuestas.

Morfotipo 38. UAHMP- 4090. (Figura, 25 C). Impronta semicompleta, el área es mayor a 815 mm<sup>2</sup>, su talla corresponde a micrófila 3 (Wolfe, 1993) y micrófila (Webb, 1959), lámina posiblemente elíptica y simétrica, presenta una longitud mayor a 60 mm, y tiene una anchura de 16 mm, con un proporción 3:1, ápice con forma desconocida y base aguda, con margen entero; presenta una venación primaria pinnada, una venación secundaria broquidódroma y una venación terciaria percurrente mixta, y una venas de cuarto orden aparentemente percurrentes.

Morfotipo 39. UAHMP- 4091. (Figura, 26 A). Impronta, con un área de 1010.2 mm<sup>2</sup>, su talla es micrófila (Webb, 1959), la talla micrófila 3 (Wolfe, 1993), lamina completa simétrica y de forma elíptica, su longitud es de 86.29 mm y una anchura de 18.13 mm, con una relación largo-ancho mayor de 4:1, presenta un ápice agudo y una base redonda, el margen es entero, la vena primaria es pinnada, las venas secundarias son de tipo broquidódroma y órdenes superiores no se distinguen.

Morfotipo 40. UAHMP- 4093, 4097. (Figura, 26 B). Impronta, tiene un área promedio de 1746.39 mm<sup>2</sup>, su talla es micrófila 3 (Wolfe, 1993), y micrófila (Webb, 1959), la forma de lamina es ovada y simétrica, tiene una longitud 81.92 mm y una anchura de 30 mm, con una relación largo ancho de 3:1, la base es redonda, y el ápice es agudo, con un

margen entero, la vena primaria es pinnada, las venas secundarias son de tipo semicraspedódromo, las venas superiores no se observan.

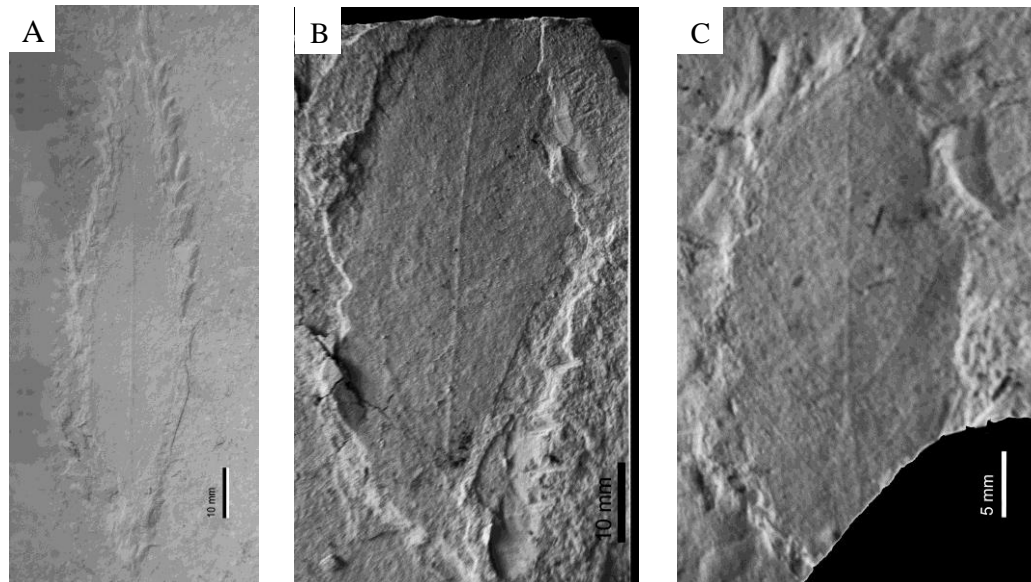


Figura 26. Hojas fósiles A) UAHMP 4091, B) UAHMP 4093, C) UAHMP 4094. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 41. UAHMP- 4094. (Figura, 26 C). Impronta, tiene un área aproximada de 543 mm<sup>2</sup>, la talla es micrófila 2 (Wolfe, 1993) y micrófila (Webb, 1959), lamina elíptica y simétrica, la longitud es de 43.63 mm y una anchura de 17.58 mm, la proporción largo ancho es 2:1, presenta un margen que tiene dos dientes, uno de cada lado de la lamina, estos dientes son recto-concavo, con un ápice simple, solo hay dos dientes en la lamina, el ápice es agudo, la base es aguda, la vena de primer orden es pinnada, la vena de segundo orden son craspedódromas, las venas de tercer orden son percurrentes mixtas, las venas superiores no se observan.

Morfotipo 42. UAHMP- 4095. (Figura, 27 A). Impronta, el área es de 168.54 mm<sup>2</sup> y la talla es nanófila (Webb, 1959), y micrófila 1 (Wolfe, 1993), la lamina es simétrica de forma elíptica, con longitud aproximada es de 37.48 mm, y la anchura es de 6.3 mm, la relación largo ancho es de mayor de 4:1, su base es aguda la cual perdió un fragmento, su ápice es agudo y, tiene una lámina con margen serrado, tiene una distribución

regular, presentando de 4 a 5 dientes por cm, sus dientes son de tipo recto-recto, con ápice simple; la vena de primer orden es pinnada, las venas de segundo orden son broquidódromas. Las venas de órdenes superiores no se observan.

Morfotipo 43. UAHMP- 4096. (Figura, 27 B). Impronta, fracturada del lado derecho superior, el área corresponde a 318.78 mm<sup>2</sup>, su talla es micrófila 2 (Wolfe, 1993) y micrófila (Webb, 1959), es una hoja de forma obovada y simétrica, su longitud es de 34.45 mm y su anchura es de 11.57 mm, su relación largo ancho es 3:1, con un ápice redondo y una base redonda, presenta un margen entero, la vena de primer orden es pinnada, las venas superiores no se notan.

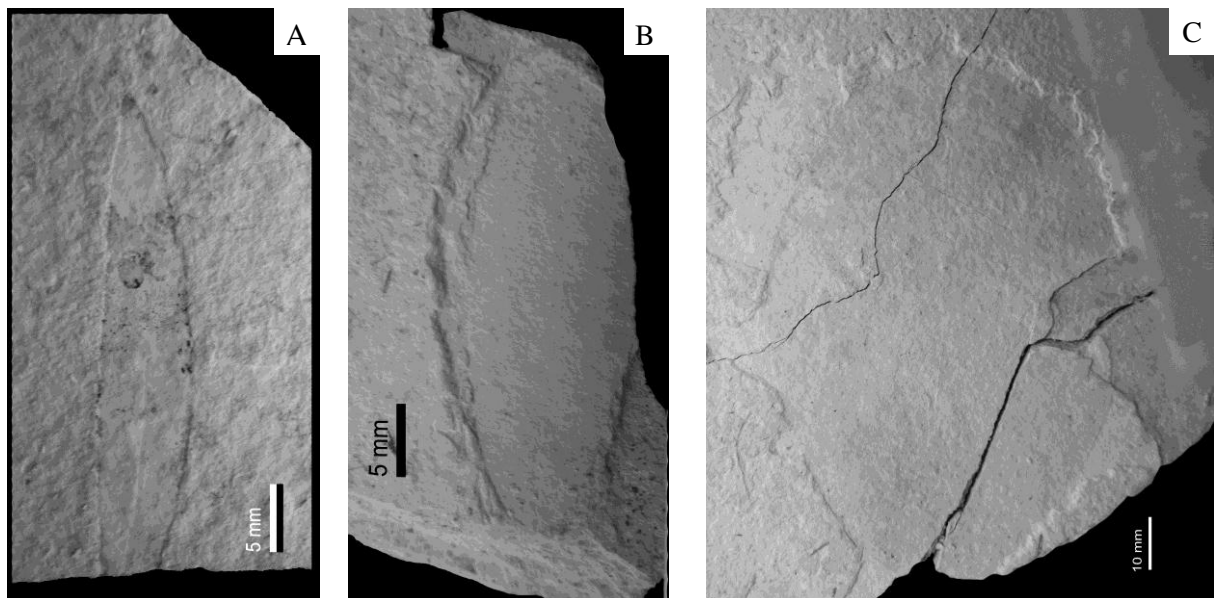


Figura 27. Hojas fósiles A) UAHMP 4095, B) UAHMP 4096, C) UAHMP 4098. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 44. UAHMP- 4098. (Figura, 27 C). Impronta, presenta una pequeña fractura en la base y en la parte lateral derecha, su área corresponde a 5318.95 mm<sup>2</sup>, su tamaño de talla es mesófila (Webb), y el tamaño para CLAMP es mesófilo 2, su lamina es de forma elíptica y simétrica, tiene una longitud de 108.9 mm, una anchura de 68.9 mm, la proporción largo ancho es 2:1, la base es redondeada y el ápice es redondo, sin embargo tiene una terminación en punta, presenta margen entero; la venación primaria

es pinnada, la venas secundarias se distinguen levemente a contra luz, de tipo broquidódroma, las venas de órdenes superiores no se distinguen.

Morfotipo 45. UAHMP- 4099. (Figura, 28 A). Impronta, presenta una pequeña fractura de lado izquierdo, el área es de  $1349.99 \text{ mm}^2$ , la talla es micrófila 3 (Wolfe, 1993) y micrófila (Webb, 1959), la forma de la hoja es elíptica y simétrica, su longitud es de 67.81 mm y su anchura es de 28.34 mm, la relación largo ancho es de 2:1, la base es aguda y el ápice es agudo, su margen es entero, tiene una venación primaria pinnada una venación secundaria broquidódroma, la venas de tercer orden son percurrentes mixtas,

Morfotipo 46. UAHMP-4100. (Figura, 28 B). Impronta semicompleta, su área mayor a  $3000 \text{ mm}^2$ , lamina de forma ovada y simétrica, tiene una longitud mayor a 100 mm, su anchura es de 49 mm, la relación estimada es 2:1, su ápice no se observa, pero la base es aguda, presenta margen con sinuosidades, pero es entero, su venación primaria es pinnada, las venas secundarias son craspedódromas.

Morfotipo 47. UAHMP-4101, 4104, 4115. (Figura, 28 C) Impronta, el área que presenta es de  $1329 \text{ mm}^2$ , su talla corresponde a micrófila (Webb, 1959) y micrófila 3 (Wolfe), la lámina tiene forma elíptica-oblonga y es simétrica, su longitud es de 68.7mm y la anchura es de 26.15mm, y su relación largo ancho es 3:1, tiene un ápice redondeado y una base aguda; presenta margen dentado, los dientes son de tipo convexo-cóncavo, su distribución es irregular y presenta un diente por cm, con presencia de apice simple, presenta una venación primaria pinnada, una venación secundaria craspedódroma, las venas de tercer orden son percurrentes alternas, los órdenes de mayores no se distinguen.

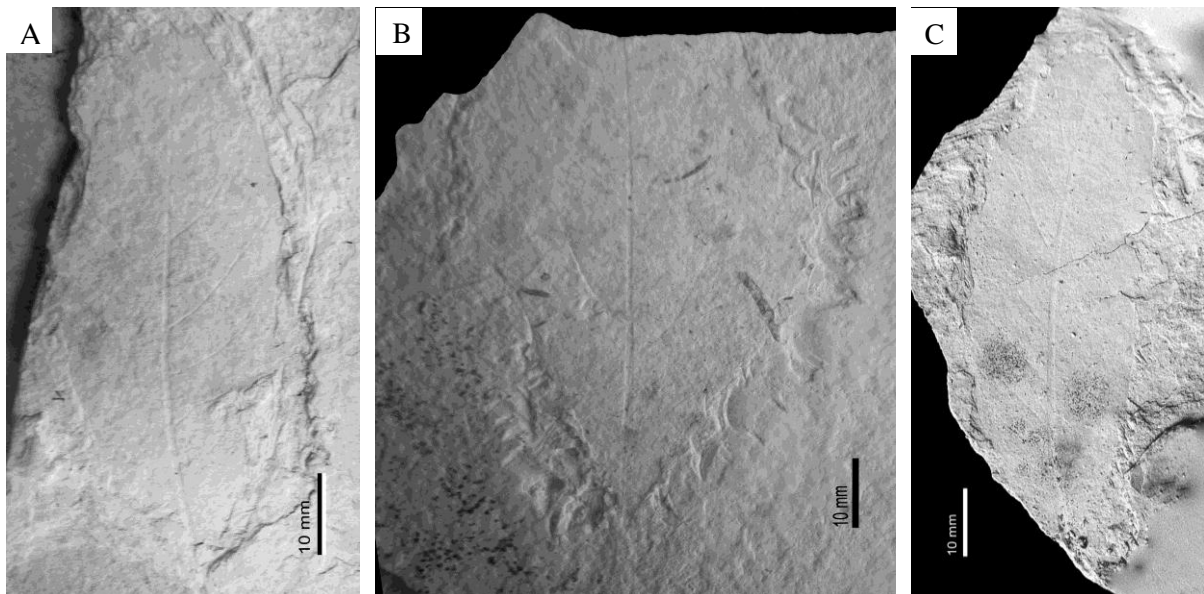


Figura 28. Hojas fósiles A) UAHMP 4099, B) UAHMP 4100, C) UAHMP 4101. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

Morfotipo 48. UAHMP- 4102. (Figura 28 A). Compresión carbonosa, tiene un área aproximada de  $364.5\text{mm}^2$ , colocándola en la talla micrófila 2 (Wolfe, 1993) y micrófila (Webb, 1959), la lamina es de forma elíptica y simétrica, su longitud aproximada es mayor a 27.5 mm, su anchura es correspondiente a 15 mm, la relación largo ancho aproximada de 2:1, el ápice pareciera ser agudo por la forma de la hoja, aunque no lo presenta, la base es redonda, tiene un margen entero ondulado, no hay presencia de dientes; las vena primaria es pinnada, las venas secundarias que presenta son semicraspedodromas, las venas de tercer orden son percurrentes opuestas, las venas de cuarto orden son percurrentes opuestas.

Morfotipo 49. UAHMP- 4103, 4112. (Figura, 28 B). Impronta semi-completa, se encuentra fracturada de la parte inferior derecha, tiene un área de  $519\text{mm}^2$  a  $560\text{mm}^2$ , con una talla micrófila 2 (Wolfe), y micrófila (Webb), la hoja es de forma ovada y simétrica, tiene un longitud de 42.14 mm y una anchura de 20.43 mm, la proporción largo ancho es 2:1, el ápice es acuminado, y la base es redonda, el margen entero, la vena primaria es pinnada, los órdenes superiores no se observan.

Morfotipo 50. UAHMP- 4107. (Figura, 28 C) Impronta completa, lamina con un área de  $650.27 \text{ mm}^2$ , el tamaño de talla es micrófila 2 (Wolfe, 1993) y micrófila (Webb, 1959), lo hoja posee forma elíptica y es asimétrica, tiene una longitud de 51.13 mm, una anchura de 17.2 mm, su proporción largo ancho es 3:1, el ápice que presentan es agudo y la base es redonda, la hoja presenta margen entero, el tipo de venas primarias es pinnado, las venas de mayor orden no se distinguen.

Morfotipo 51. UAHMP- 4110. (Figura, 28 D) Compresión carbonosa, presenta un área de  $7.9 \text{ mm}^2$ , la talla es de tipo leptófila 1 (Wolfe, 1993) y nanófila (Webb, 1959), la lamina tiene una forma obovada, simétrica, la longitud es de 3 mm y la anchura es de 3 mm, su relación largo ancho de 1:1, él ápice es redondo y la base es aguda, la hoja presenta un margen ondulado pero no posee dientes, el tipo de vena primaria es pinnada, las venas secundarias son broquidódromas y las venas de órdenes superiores no se distinguen.

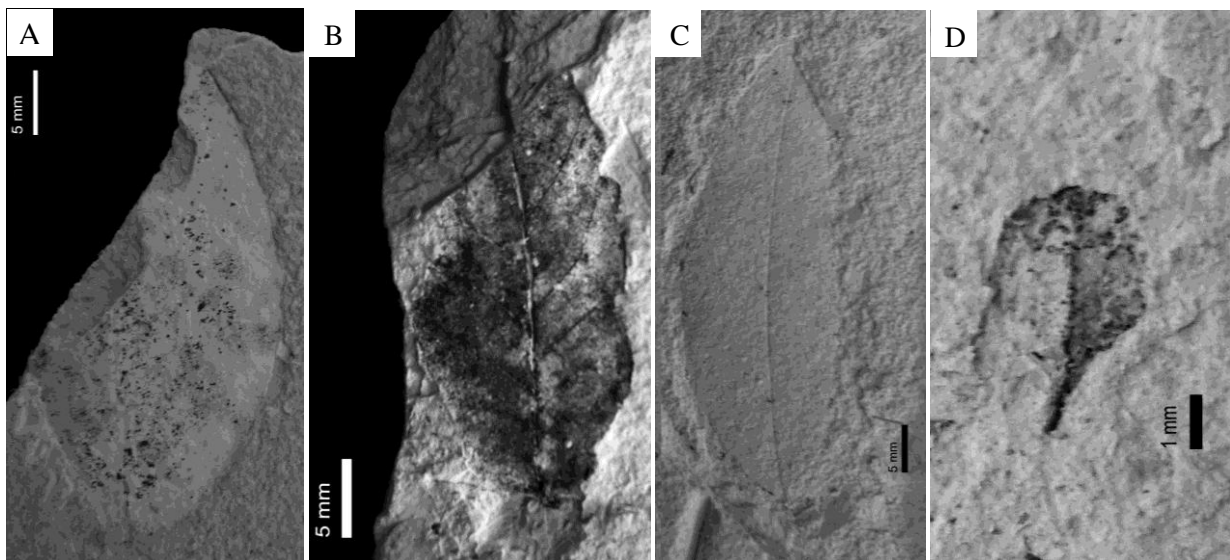


Figura 29. Hojas fósiles A) UAHMP 4102, B) UAHMP 4103, C) UAHMP 4107, D) UAHMP 4110. © Segura-Almaraz y Zayas-Ocelotl.

## Resultados estadísticos.

La matriz de datos de CLAMP se generó y nos dio la siguiente serie de resultados que se presentan en porcentajes (Tabla 5), los porcentajes se manejan por separado cada uno, dependiendo del carácter, además se dan para ambos sitios de estudio.

Estos datos que se integraron en la base de CLAMP sitios y rasgos morfológicos como variable muda.

Primero se integraron al programa estadístico las bases de datos de Después de someter los datos al análisis estadístico, el programa arroja los siguientes resultados.

El primero de los gráficos corresponde a la mezcla entre las tablas de datos CLAMP morfológicos vs meteorológicos (Figura 30); en donde se observa en rojo los caracteres foliares de CLAMP, estos se distribuyen en el gráfico hacia los dos ejes, en donde se observa su ubicación con respecto a los parámetros meteorológicos, que están en azul.

Tabla 5. Porcentajes obtenidos a partir de la suma de rasgos en la matriz de datos CLAMP, para la localidad “Las Hojas” HGO-51 y “Cerro Blanco” HGO-71.

Porcentajes de los caracteres CLAMP HGO-51				Porcentajes de los caracteres CLAMP HGO-71			
Carácter	Porcentaje	Carácter	Porcentaje	Carácter	Porcentaje	Carácter	Porcentaje
Lobada	0.00	Emarginado	1.85	Lobada	0.00	Emarginado	0.00
No dientes	64.81	Redondo	48.15	No dientes	81.82	Redondo	22.73
D. regulares	18.52	Agudo	48.15	D. regulares	4.55	Agudo	36.36
D Serrados	5.56	Atenuado	1.85	D Serrados	0.00	Atenuado	9.09
D Redondos	18.52	Cordada	11.11	D Redondos	13.64	Cordada	4.55
D Agudos	12.96	Redonda	57.41	D Agudos	0.00	Redonda	50.00
D. compuestos	0.00	Aguda	35.19	D. compuestos	0.00	Aguda	31.82
Nanófila	0.00	L:W 1	24.07	Nanófila	4.55	L:W 1	4.55
Leptófila 1	3.70	L:W 2	62.96	Leptófila 1	0.00	L:W 2	45.45
Leptófila 2	14.81	L:W 3	14.81	Leptófila 2	0.00	L:W 3	36.36
Micrófila 1	22.22	L:W 4	7.41	Micrófila 1	4.55	L:W 4	0.00
Micrófila 2	51.85	L:W 5	7.41	Micrófila 2	22.73	L:W 5	13.64
Micrófila 3	16.67	Obovada	44.44	Micrófila 3	50.00	Obovada	13.64
Mesófila 1	3.70	Elíptica	44.44	Mesófila 1	13.64	Elíptica	45.45
Mesófila 2	1.85	Ovada	29.63	Mesófila 2	4.55	Ovada	40.91
Mesófila 3	3.70			Mesófila 3	0.00		



Por ejemplo para explicar bien el grafico, la precipitación media anual está identificada como PMA y se encuentra ubicada junto al eje Y del plano cartesiano, bajo las siglas existe una línea, la cual se tiene una dirección, la línea se aleja de eje X incrementándose al eje Y, esto quiere decir que la precipitación aumenta, de este modo se interpretan todas las líneas dentro del grafico; si posteriormente se observan los caracteres morfológicos, se aprecian las tallas micrófilas a mesófilas ubicadas en esta zona de aumento y en la parte más alejada se encuentran los datos de las tallas más pequeñas como las nanófilas y leptófilas.

Asimismo los datos que se refieren a Temperatura media anual, en el grafico representados como MAT tienen una tendencia más hacia el eje X, y del mismo modo la flecha indica aumento; el incremento de temperatura coincide con los rasgos foliares de tallas nanófilas y leptófilas así como la no aparición de dientes, mientras que si vamos en la dirección contraria, se observa la aparición de dientes y las lobaciones en las hojas.

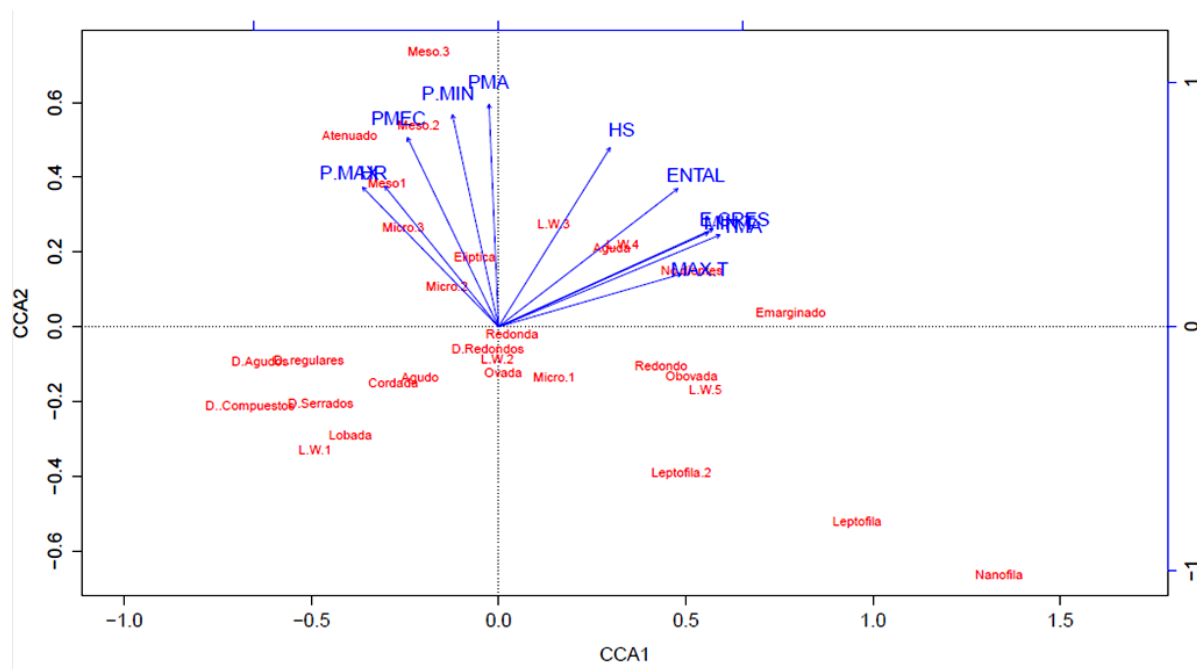


Figura 30. Se muestra el conjunto de datos de CLAMP, meteorológico vs morfológico.

La tabla 6, es parte de los resultados que se obtiene del análisis, esta muestra los valores de las combinaciones, y los datos que se obtiene es este caso más altos son los correspondientes a los ejes canónicos CCA1 y CCA2, que presentan un valores que explican un 91% de correspondencia, quiere decir que ambas matrices, la de los valores meteorológicos y la de morfología, soportan mutuamente los cambios de un sitio a otro. Y que las combinaciones que mejor las representas son aquellas que se corresponden entre estos ejes.

Para validar los datos que nos da el análisis estadísticos, para ver si las variables ambientales son significativos, al igual que si los valores de los ejes canónicos del estudio son significativos, realizo una prueba de significancia estadística, que en este caso, viene integrada dentro del *Scrip* del programa R-Studio, las cual fue una ANOVA de 999 repeticiones, la cual presenta una valores de f de tablas significativos al .001

Tabla 6. Valores resultantes de los ejes canónicos del análisis canónico de correspondencias en el cual se ve que los valores más altos se encuentran reflejados en los ejes uno y dos.

	Ejes canónicos de CCA					
	CCA1	CCA2	CCA3	CCA4	CCA5	CCA6
TMA	0.91	0.38	-0.04	0.09	-0.06	0.03
MAX T	0.75	0.22	-0.48	0.12	-0.02	-0.10
MIN T	0.86	0.39	0.20	0.06	-0.04	0.03
E CRES	0.88	0.40	-0.09	0.07	0.02	0.18
PMA	-0.04	0.91	-0.15	-0.24	-0.13	0.03
PMEC	-0.37	0.78	-0.30	-0.11	-0.17	-0.09
P MIN	-0.19	0.87	-0.23	-0.17	-0.13	-0.07
P MAX	-0.56	0.57	-0.41	-0.01	-0.32	-0.18
HR	-0.47	0.58	0.23	0.29	0.01	0.42
HS	0.46	0.73	0.26	0.38	-0.09	0.08
ENTAL	0.73	0.57	0.17	0.28	-0.12	0.09

## Resultados estadísticos de las localidades HGO-51 y HGO-72

Una vez entendido como funciona el análisis, se prosiguió a integrar la variable muda. La primera localidad “Las Hojas” fue sometida al estudio, con los datos que son presentados anteriormente en la tabla 5. En segunda instancia se prosiguió a integrar la variable muda de la localidad “Cerro Blanco”, ambas localidades fueron introducidas en el programa estadístico R-studio, el cual realizó el análisis canónico de correspondencias, en los resultados obtenidos se observa el cambio de ubicación en el plano de una localidad a otra, debido al cambio de rasgos morfológicos que se presentan en los fósiles de las dos comunidades (Figura 31).

En los gráficos se pueden ver los rasgos climáticos con sus siglas, marcando su distribución como antes se explico; por otro lado observan un conjunto de puntos, estos corresponden a las 144 localidades de CLAMP, que el análisis proporciona para poder calibrar el modelo; la estrella en ambos gráficos, corresponde a las localidades HGO-51 y HGO-72 (Figura 31 A, B).

El modelo permite con los rasgos morfológicos predecir una ubicación hipotética de las localidades dentro del conjunto de sitios. Por tal razón los datos morfológicos permiten hacer una inferencia de donde ubicar a ambos afloramientos fosilíferos.

De este modo la localidad HGO-51, se encuentra con lugares que actualmente no son húmedos, como es el caso de Baja California Sur, Arizona, y California (Figura 31 A). Mientras que la localidad “Cerro Blanco”, (HGO-72), se encuentra ubicado en sitios más cálidos y húmedos como Puerto Rico y Florida (Figura 31 B).

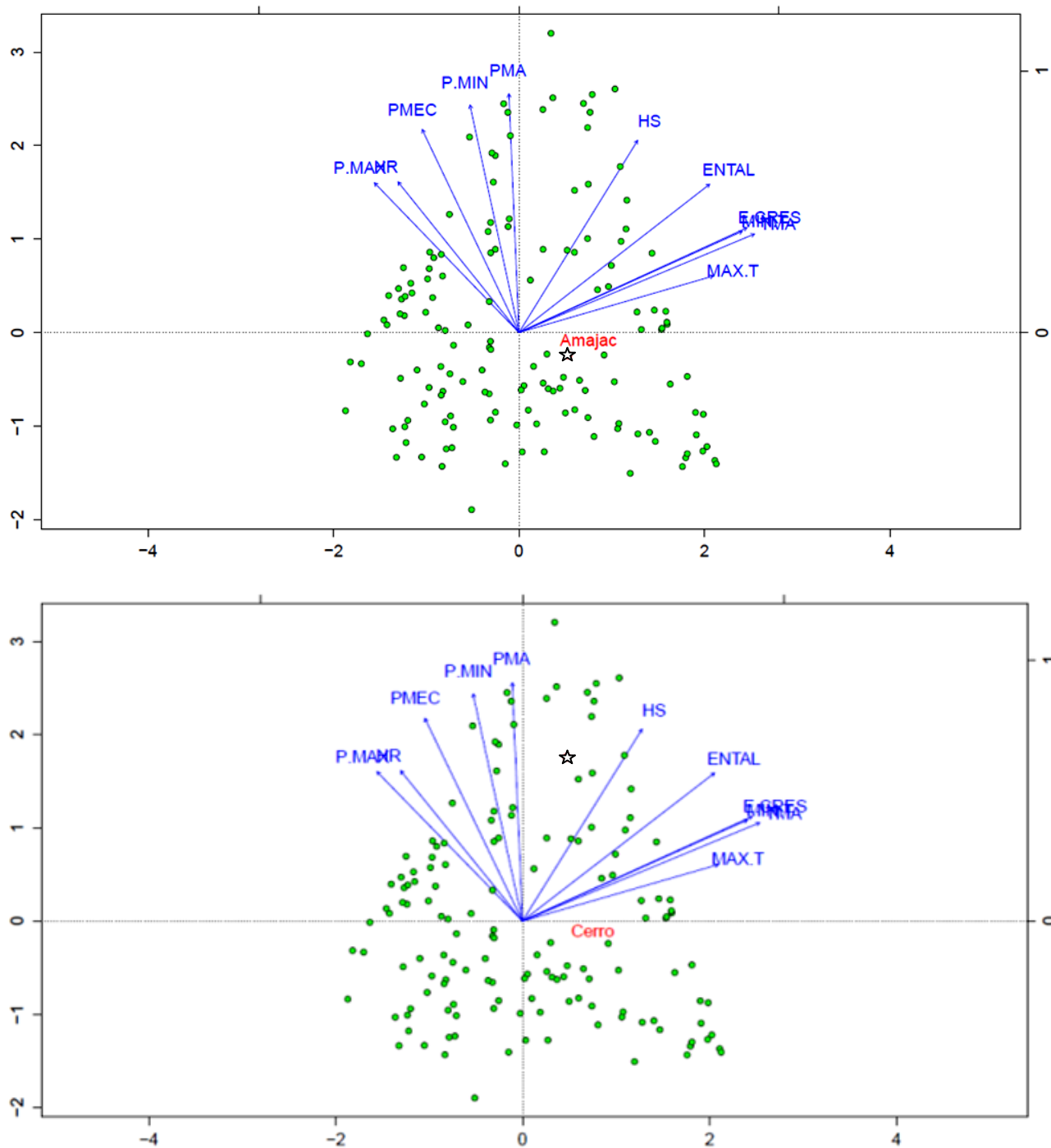


Figura 31. Gráfico A) Predicción de la ubicación de la localidad HGO-51, dentro de los datos CLAMP. Gráfico B) Predicción de la ubicación de la localidad HGO-72, dentro de los datos CLAMP. Los puntos son correspondientes a 144 localidades actuales, en las que se ha usado el método.

Pero aquí solo tenemos el conjunto de gráficos y los valores que refleja el análisis, estos son datos de los cuales se obtienen los vectores propios, que sirven para poder hacer las regresiones lineares, las cuales permitirán estimar los datos aproximados, de los parámetros que pudieron haber prevalecido en ambas localidades, estos datos se sacan a través de la sustitución de los valores propios, sobre la ecuación que te ofrece la regresión lineal o regresión polinómica.

La primera regresión que se muestra es la de Temperatura media anual, la cual tiene una R de 0.9444, lo que significa que los datos se relacionan fuertemente, y que los datos que se obtengan a partir de esta serie son fiables, además presentan un  $R^2$  de 0.892 que significa que el 89.2% de las muestras, presentan una relación entre los valores vectores y los valores reales, para la interpretación de la temperatura en las distintas localidades.

Así mismo se muestra el gráfico de la precipitación media anual, el presenta una  $R=0,8794$  y una  $R^2$  de 0,7443, que explican la relación entre los valores vectores y los datos reales. La elección de línea de tendencia polinómica tiene que ver, con el ajuste de los datos de esta serie, pues son más fluctuantes, entonces para tener una mayor fiabilidad, se pueden ocupar las líneas de tendencia con mayor ajuste.

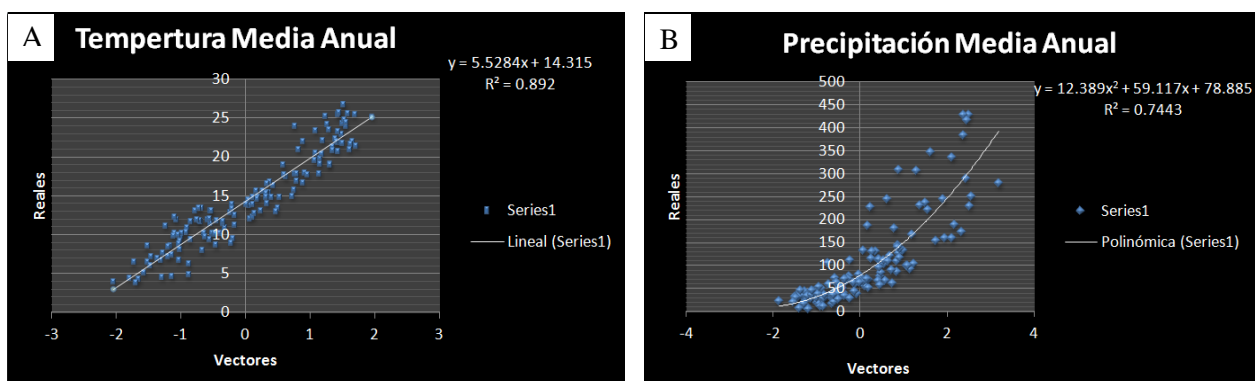


Figura 32. Gráfico A) Regresión lineal del parámetro temperatura; en donde se hace referencia entre los valores reales vs los valores vectores de las 144 localidades del modelo CLAMP. Gráfico B) Regresión polinómica de segundo grado, del parámetro precipitación, en donde se hace referencia entre los valores reales vs los valores vectores

Tabla 7. Se muestran los parámetros, así como en su totalidad la ecuación de la recta, el conjunto de r y la desviación estándar de los datos.

Datos estadísticos de los parámetros morfológicos, para calcular los datos estimados de CLAMP.		
Parámetro	Ecuación de la recta	R
Temperatura Media Anual (TMA)	$5.5284x+14.315$	.9444
Temperatura máxima (T Max)	$3.4214x+23.21$	.7525
Temperatura mínima (T Min)	$7.5643x+5.7389$	.9061
Estación de crecimiento (E de C)	$2.4914x+8.1452$	.9279
Precipitación Media Anual (PMA)	$12.389x^2+59.117+78.885$	.8627
Precipitación media del mes Cálido (PMMC)	$1.2082x^2+6.7125x+10.83$	.8196
Precipitación máxima (P Max)	$5.022x^2+19.155x+18.473$	.7915
Precipitación mínima (P Min)	$3.5668x^2+25.979$	.8335
Humedad Relativa (HR)	$10.014x+64.71$	.6901
Humedad Específica (HS)	$2.5069x+7.4098$	.4312
Entalpia	$1.1254x+30.748$	.8831

De este modo se pueden obtener los valores aproximados de las variables ambientales en ambas localidades de estudio se tienen que sustituir en la ecuación de la recta, la cual nos proporciona los siguientes resultados. Para la localidad HGO-51 y HGO-72.

Tabla 8. El cuadro muestra el conjunto de datos metrológicos, estimados a partir de la sustitución de los valores propios en la ecuación de la recta.

Datos Climáticos Localidad Las Hojas HGO-51										
TMA	Max T	Min T	E de C.	PMA	PM mes C	Max	Min	RH	SH	Entalpia
16.6	24.6	8.5	9.0	636.9	84.1	341.9	96.0	59.51	8.9	31.3

Datos Climáticos Localidad Cerro Blanco HGO-71										
TMA	Max T	Min T	E de C.	PMA	PM mes C	Max	Min	RH	SH	Entalpia
20.7	26.6	14.9	11.1	2148.9	209.3	977.7	396.2	75.07	8.1	32.4

La temperatura en la localidad “Las Hojas” es de 16.6° C promedio mientras que en la localidad 2 “Cerro Blanco”, la temperatura es 4 °C grados mayor en promedio pues es de 20.7 °C, ambas tienen 1 °C de error estándar, los máximos y mínimos de temperatura para la localidad “Las Hojas” se encuentran entre 24° C y 8° C, y la precipitación media es de 636.9 mm; mientras que para la segunda localidad “Cerro Blanco”, los máximos y mínimos de temperatura se encuentran entre 26.6°C y 14.9°C. y una precipitación media de 2148.9 mm.

## Resultados modelo análisis de talla y margen.

A diferencia del conjunto de datos presentados anteriormente, aquí sólo se incluyen aquellos datos requeridos en las ecuaciones seleccionadas y corresponden al porcentaje de hojas con margen entero para el análisis de margen (MLA), y el porcentaje de ocurrencia en las diferentes categorías del área foliar para el análisis de talla (AT) las cuales se sustituyeron en las ecuaciones presentadas en los métodos.

Primero se realizó el análisis de talla que se encuentra en la siguiente tabla mas simplificado.

Tabla 9. Ecuación de Wilf (1998), en la cual se calcula el estimado de precipitación a partir, de las distintas categorías foliares proporcionadas por Webb (1959)

Tabla de cálculo del modelo de área foliar					
Categoría foliar Webb, 1959.	ai	pi HGO-51	pi HGO-71	aipi	Aipi
Leptófila	2.12	0.03125	0.037037037	0.07	0.07851852
Nanófila	4.32	0.3125	0.037037037	1.35	0.16
Micrófila	6.51	0.59375	0.814814815	3.87	5.304444444
Notófila	8.01	0.03125	0.074074074	0.25	0.593333333
Mesófila	9.11	0.03125	0.037037037	0.28	0.33740741
Macrófila	10.9	0	0	0.00	0
Megáfila	13.1	0	0	0.00	0
Número total de individuos		1	1	5.82	6.4737037
		Logaritmo inverso		330.2	601.8

Los estimados a través de esta fórmula están dados en cm, por lo que en ambos sitios, la precipitación esta sobre estimada exorbitantemente.

Por otro lado al hacer la ecuación de temperatura, para ambas localidades se obtienen los siguientes resultados.

$$MAT = 30.6 \frac{\sqrt{.65(1 - .65)}}{64} = 0.22805$$

$$MAT = 30.6 \frac{\sqrt{.85(1 - .85)}}{27} = 0.4035$$

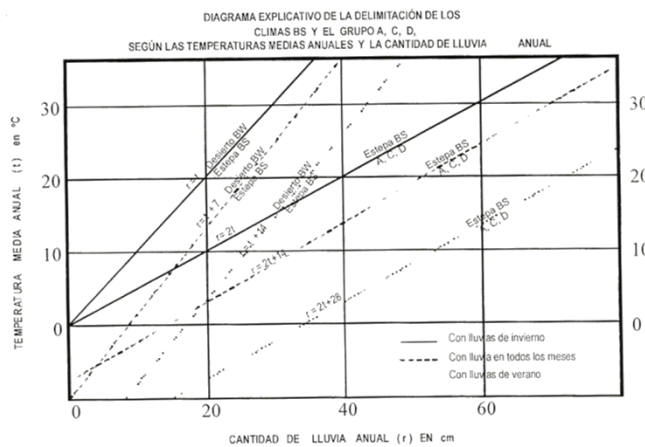
Estos resultados nos dan los siguientes índices, 0.22805, para la localidad “Las Hojas” y 0.4035 “Cerro Blanco”, estos resultados se tienen que sustituir en la ecuación de la recta la cual, para esto se utilizaran los mismos datos de CLAMP, pero solo los de temperatura media anual (TMA), en este caso los resultados de temperatura aproximada para la primera localidad es lo siguiente 15.5 °C y 16.5 °C, para la segunda. Todos estos datos se utilizaron para poder obtener la interpretación climática, de las localidades, para esto se utilizó el sistema de Clasificación de Köppen, modificado por García (2004). El cual se utiliza como en las claves para identificar plantas pero con unos cuadros, y haciendo uso de las condiciones meteorológicas.

Tabla 10. Designaciones de Köppen a los grupos climáticos y a los tipos principales de clima.

Zonas climáticas (Köppen)				
Símbolos	Temperatura Media		Zonas	
	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Clima	Vegetación
A	>18 °C	>18 °C	Tropical lluvioso	Megaterma
B	Mezcla de condiciones de climas A y C		Seco	Xerofita
C	>18 °C	>0 °C	Templado lluvioso	Mesoterma
D	>10 °C	<0 °C	Frio lluvioso	Microterma
E	<10 °C	<0 °C	Polar	Hequistoterma



El primero de los cuadros indica las zonas climáticas haciendo uso de las temperaturas, aquí lo único que se tiene que hacer es buscar la temperatura máxima y la temperatura mínima, y ubicarla dentro de los rangos que aparecen en la tabla, de este modo podemos ubicar a las dos localidades en los siguientes zonas climáticas. La localidad HGO-51, se mantiene dentro de los rangos de las zonas climáticas C ó B, la segunda localidad que es la HGO-72, tiene las características que la ubican en la zona climática C.



GRUPO DE CLIMAS CÁLIDOS A Y SUBGRUPO DE LOS SEMICÁLIDOS (C)

GRUPO DE CLIMAS TEMPLADOS C Y SUBGRUPO DE LOS SEMICÁLIDOS (A) C

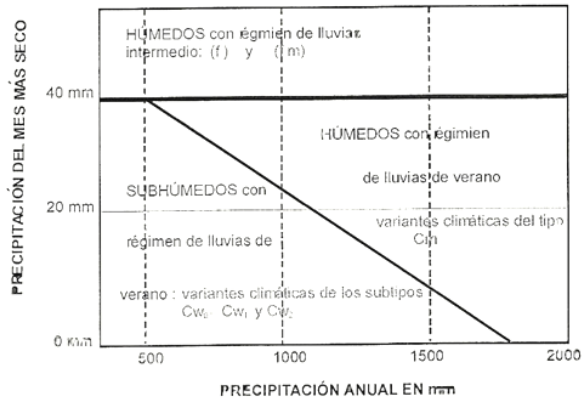
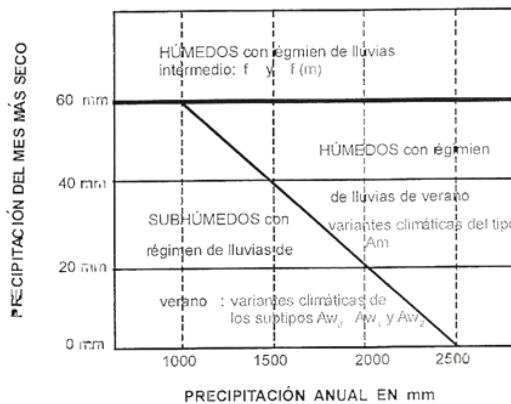


Figura 33. Grupo de tablas para la delimitación de climas A, B y C, haciendo uso de la precipitación.

Por otro lado, el segundo de los cuadros muestra la cantidad de precipitación media en cm vs la temperatura media en °C, los datos de la localidad “Las hojas” nos sugieren

que la localidad se encuentra en el grupo de climas BS, mientras que para la localidad “Cerro Blanco” los datos nos sugieren que el sitio pertenece a un clima Cf.

El clima BS, según el manual de García (2004), se refiere a zonas intermedias, que se encuentran entre las zonas muy áridas (BW) y las zonas más lluviosas (A ó C), y presenta una mezcla de sus características, este se puede definir mejor usando el índice de Lang, así como la flora que se encuentre asociada al sitio.

Por otro lado el clima Cf (García, 2004), en México este clima corresponde a una zona templada con lluvias todo el año, en este caso tan peculiar, posiblemente el hipotético paleolago, sea el cual, proporcione la cantidad de agua necesaria para que se haya desarrollado este posible clima.

Asimismo para apoyar los resultados anteriores, se utilizó el factor de pluviosidad de Lang, el cual se utiliza actualmente para ubicar las zonas por el grado de precipitación y temperatura. El análisis de CLAMP refleja una precipitación 637 mm en promedio, con una temperatura de 16 °C, para la localidad HGO-51, si se hace la división el resultado, es un coeficiente resultante de 39.8; por otro lado para la localidad Cerro Blanco, se realiza el mismo procedimiento, el CLAMP refleja los siguientes resultados para 20.7°C y 2149 mm, obteniendo el siguiente índice, de 103.8; estas cantidades indicadas, se ubican dentro de la siguiente tabla.

Tabla 11. Índice de Lang, muestra las distintas zonas de climáticas, sugeridas por la cantidad de lluvia y la precipitación.

Índice de Lang	
Valor de $P_t$	Zona
0-20	Desiertos
20-40	Áridas
40-60	Húmedas de estepa y sabana
60-100	Húmedas de bosques claros
100-160	Húmedas de grandes bosques
>160	Perhúmedas con pastos y tundras

El resultado para la localidad HGO-51, que se encuentra dentro del rango de 20 a 40, ubicándolo dentro de una zona árida, sin embargo el índice esta, casi rosando los 40, esto podría apoyar la hipótesis de que posiblemente sea una zona de transición. Por otro lado para la localidad HGO-72, tiene un índice que los ubica en una zona húmeda, de grandes bosques. Pero esto se podría deber principalmente al apogeo del lago.

Ambos resultados coinciden para apoyar las dos hipótesis de los posibles climas que se pudieron haber desarrollado en los sitios de estudio.

Por último el aproximado de tiempo de diferencia entre una localidad y la otra, se hizo realizando una correlación estratigráfica entre ambos sitios en donde se obtuvo una distancia aproximada en metros, esta trecho es de aproximadamente 39 m. entre la localidad “Las Hojas” y “Cerro Blanco”; esta diferencia muestra un cambio de años de que puede ser importante en la cuenca, que son 13000 años.

## Identificaciones

Del total de fósiles analizados los que se pudieron identificar hasta familia o género son lo que corresponden a las familias Salicaceae, Sapotaceae, Roceaceae, las demás identificaciones se han realizado por trabajos anteriores como los de Velasco de León (2012) y Hernández (2006), el resto de las improntas y compresiones quedan como *incertae sedis*; sin embargo, sus características son distintivas así que se dejaron para futuros trabajos de identificación, como morfotipos. Abajo se tienen las aproximaciones a través de las características morfológicas.

Descripción sistemática (Según Cronquist 1981)

**Clase:** Magnolipsida

**Subclase:** Dilleniidae

**Orden:** Ebenales

**Familia:** Sapotaceae

**Género:** *Micropholis* sp.

**Tipo:** Número: UAHMP-2354

**Localidad:** Las hojas fósiles HGO-51

**Edad:** Plioceno

**Diagnosis.** Compresión, con lamina simétrica y de forma elíptica, su margen es entero, con un ápice y base agudas, la talla es micrófila (Webb, 1959); su venación primaria es pinnada, la secundaria es broquidódroma con espacios asimétricos, presenta venas intra-marginales secundarias, presenta venas inter-secundarias poco desarrolladas, las venas de tercer orden son percurrentes mixtas.

**Descripción:** La hoja es una compresión carbonosa de color amarillento, de 26.35 mm de largo y 11.56 mm de ancho su relación largo ancho es 2:1; la cual tiene un ápice fragmentado, pero su forma es aguda y una base con forma aguda; con lamina simétrica, presenta margen entero, el limbo tiene una talla micrófila (Webb, 1959). Su lámina es de forma elíptica, presenta una parte rota en la zona central derecha; su

venación primaria es pinnada (Figura 34 A), la secundaria es broquidódroma con espacios pequeños a la base y aumentando conforme se pasa a la zona media, después vuelven a reducir espacio conforme se llega al ápice, estas venas secundarias forman venas intra-marginales muy notorias (Figura 34 B), con un ángulo promedio de  $50^\circ$ , así mismo presentan venas inter-secundarias, desarrolladas en todo el limbo, las venas de tercer grado son percurrentes mixtas (Figura 34 C). Las venas de cuarto orden son percurrentes alternas. No presenta peciolo.

**Discusión de la asignación taxonómica del ejemplar.** Después de limpiar el fósil se tomaron fotos y se realizó la descripción, se buscaron a través de las claves que Hickey y Wolfe (1975), las claves integran al ejemplar fósil a la subclase Dilleniidae, esta subclase presenta 14 ordenes con hojas que tienen venación primaria pinnada, para buscar una rango taxonómico más pequeño se tomaron en cuenta las descripciones de clases que presenta Hickey y Wolfe (1975); aquí separa varios ordenes por el tipo de venación secundaria, en este caso solo las hojas que pertenecen al orden Dilleniales, presentan el rasgo de venas intramarginales, formadas a partir de la conjunción de las venas secundarias broquidódromas, este orden presenta 5 familias, las familias tienen un arreglo particular en las venas de segundo y tercer orden, las únicas que presentan un arreglo parecido al que muestra el fósil, son las familias Lissocarpaceae y Sapotaceae.

Se revisaron los ángulos de inclinación de las venas secundarias con respecto a la primera vena y la forma de las sinuosidad de las venas de tercer orden, encontrando que la familia Sapotaceae tiene géneros que presentan la inclinación de  $50^\circ$ , mientras que la familia Lissocarpaceae solo presenta un género que es *Lissocarpa*, el cual presenta ángulos de  $80^\circ$  en promedio.

Dentro de los 12 géneros de la familia Sapotaceae, se revisaron los géneros, *Bumelia*, *Chrysopyllum*, *Diploon*, *Lucuma*, *Manilkara*, *Micropholis*, *Podoluma*, *Pouteria*, la mayor parte de los presentan especies con hojas que van desde micrófilas hasta mesófilas. Se busco todas que tuvieran un arreglo con ángulos que rondaran entre los  $50^\circ$  grados de inclinación con respecto a la vena principal, de estos géneros *Chrysopyllum*, *Diploon* y

*Micropholis*, son los únicos que tienen ejemplares que presentan estas inclinaciones, para separar entre los distintos, géneros el tamaño micrófilo y la forma elíptica es la que son indicadores en el género *Micropholis* y *Chrysopyllum*, pues la mayoría de sus especies dentro de este género presentan estas características.

La familia Sapotaceae actualmente presenta una distribución pantropical, con 53 géneros y más de 1100 especies, de las que alrededor de 400 se encuentran en la región neotropical, unas 350 en África y otras tantas en Asia tropical; hay que destacar, que la familia no está representada toda por arboles de grandes dimensiones y de zonas tropicales, también presenta especies arbustivas; en México estas plantas se extienden a distintos hábitats, desde los muy húmedos y templados, hasta zonas áridas (Carranza, 2005). Por otro lado en el estado de Hidalgo esta familia se encuentra presente con cuatro géneros actualmente los que incluyen a *Chrysopyllum*, *Pouteria*, *Manilkara* y *Bumelia*.

Dentro del registro fósil a nivel mundial, se han encontrado maderas de esta familia en Brasil, hojas correspondientes a la familia en Venezuela, polen relacionado a la Familia perteneciente al periodo en Chile, mientras que en México hay registro de polen para el periodo Eoceno, Oligoceno y Mioceno.

Este fósil constituye el primer registro de un macrofósil de la familia Sapotaceae, para el centro de México y para el país, de este modo se ve la importancia de poder clasificar la riqueza florística que tenemos en cuanto a fósiles se trata, por que esta no ayuda a ver que México no solo es actualmente rico en especies sino que lo ha sido desde hace muchos miles de años.

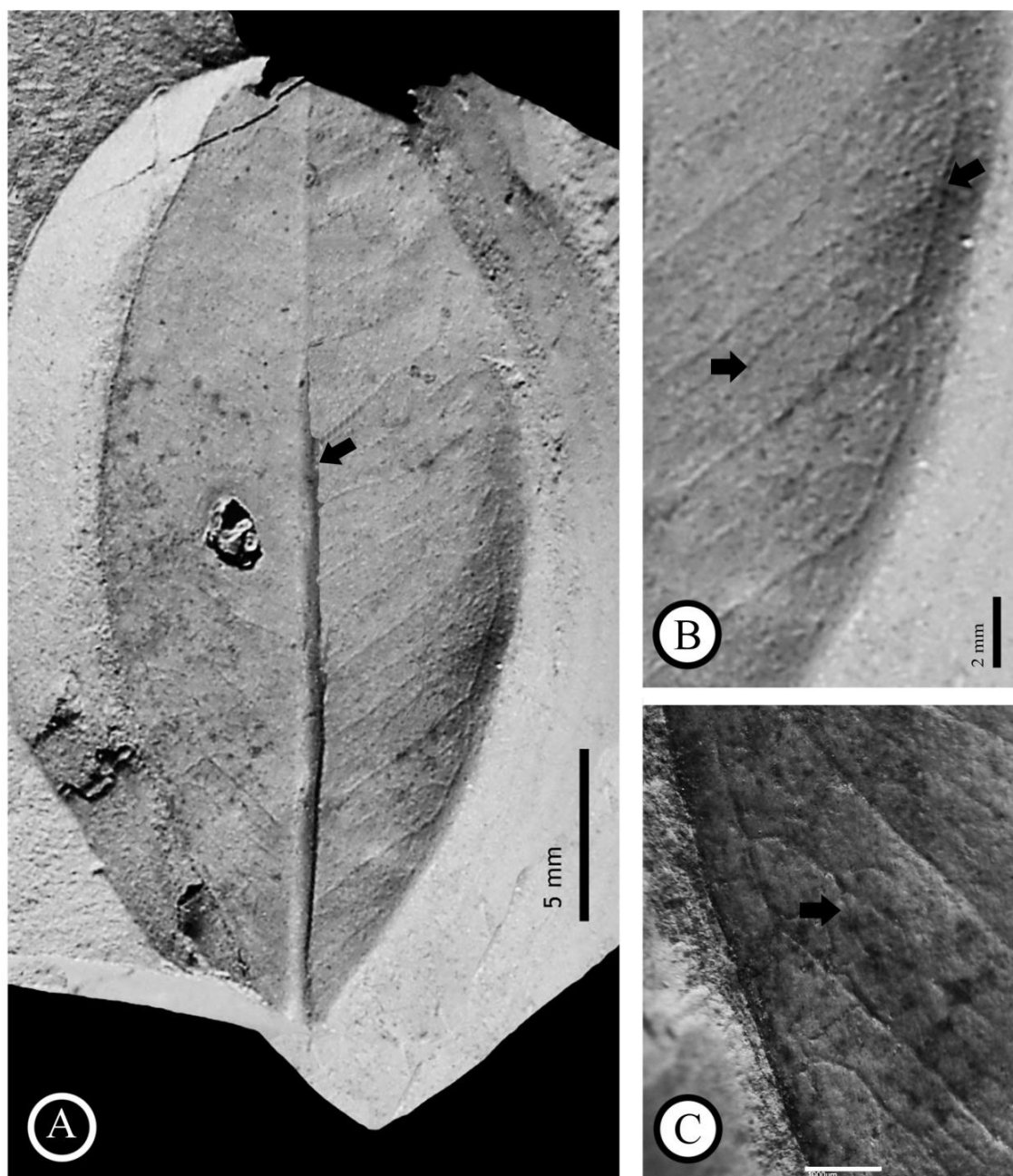


Figura 34. Sapotaceae, UAHMP-2354, A) Dentro de la imagen la flecha señala la vena primaria de tipo pinnado. B) En la fotografía la flecha superior señala la venación broquidódroma y la formación del carácter venas intra-marginales, las cuales son diagnosticas para el género *Micropholis* sp. La flecha inferior muestra las venas inter-secundarias. C) en la imagen la flecha señala las venas de tercer orden de tipo percurrente mixta.

Descripción sistemática (Según Cronquist 1981)

**Clase:** Magnolipsida

**Subclase:** Asteridae

**Orden:** Esterales

**Familia:** Asteraceae.

Holotipo: Número: UAHMP-4046

Localidad: Las hojas fósiles HGO-51

Edad: Plioceno

Diagnos.

Compresión carbonosa, que presenta una anchura de .8 mm y una longitud de 1.1 mm aproximadamente, su forma es elíptica y presenta una base redondeada la cual termina en un “peciolo” muy delgado, su ápice esta trozado por lo que no se observa bien, presenta un venas de forma paralela, que se desprenden desde el “peciolo”, el número total de estas venas es de 11 de las cuales 5 son muy marcadas y distinguibles mientras que las otras 6 son más delgadas.

Discusión de la asignación taxonómica

La descripción indica que esta hoja pertenece a la clase Liliopsida, esto por la venación paralela, sin embargo, estas hojas presentan peciolos sésiles y sus longitudes son muy grandes, porque la mayoría de estas plantas son de zonas tropicales húmedas. En este caso el tamaño del fósil, el cual se midió a través de microscopio estereoscópico y el programa Motic 3.1., es de no más de tres centímetros de longitud. Por lo que esta evidencia se descarta la posibilidad, de que dicha lamina pertenezca a esta clase de plantas. Por otro lado el “peciolo” tan delgado y ese ensanchamiento de la lámina tan pronunciado se puede observar en otro tipo de estructuras de las plantas, el cual pertenece a una subclase, orden y familia en particular. Y haciendo la comparación con varios esquemas que se obtuvieron de distintas compuesta, donde el peciolo no es un peciolo, sino el pedicelo de la parte inferior del pétalo, mientras que la zona superior corresponde a la lígula como tal y las venas gruesas y delgadas coinciden con los



arreglos que las flores liguladas, e incluso el numero de venas en este pétalo super-desarrollados, estas características se presentan dentro de esta familia, por lo cual se asigno a la familia Asteraceae.

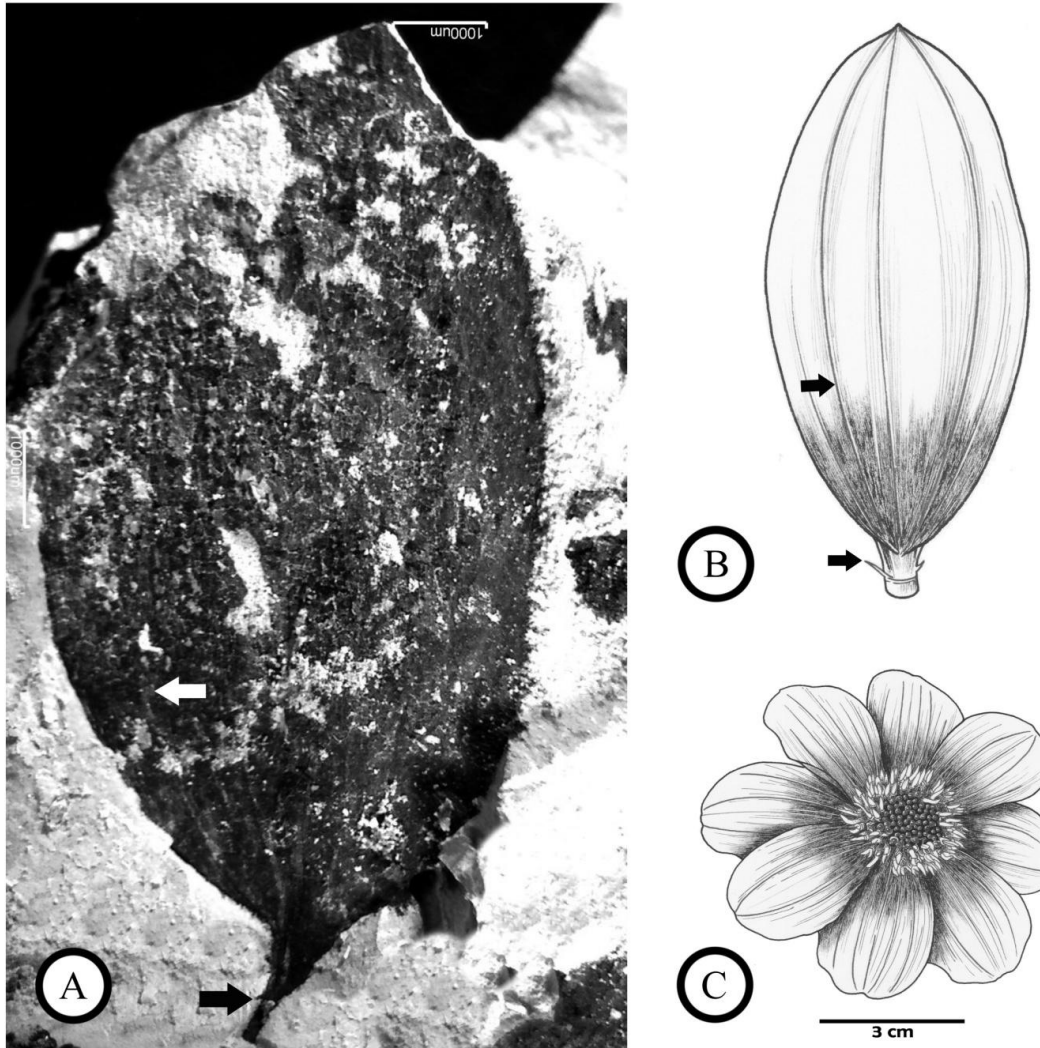


Figura 35. Asteraeae, UAHMP-4046. A) Lámina en la cual se muestra, con la flecha de color blanco, la venas paralelas al margen, la cual es característica de los pétalos súper-desarrollados de las flores de Asteraceae; con la flecha negra se indica la parte inferior de la lígula la cual es muy delgada y se sujeta a la flor del disco. B) En la imagen se observa la comparación, del fósil con la ilustración de una *Dalia* actual, en la que también se señala, con una flecha las venas paralelas en la lámina; en la parte inferior se señala, la base que se encuentra unida a la flor del disco. C) Imagen de la flor *Dalia* sp. (Ilustraciones de realizadas por Biol. Jorge Alberto González Martínez)

## 8. DISCUSIÓN

En el área de estudio presentan distintos elementos, por lo que ahora se hará una integración de todos los datos, para dar un acercamiento a la interpretación climática del sitio. Los datos que se encuentran dentro de la tabla 5, presentan los porcentajes de la fisonomía foliar en ambas localidades, aquí se muestran las diferencias entre los rasgos morfológicos.

Los caracteres variantes entre las localidades sugieren cosas distintas por ejemplo, en la localidad “Las Hojas”, los márgenes enteros representan un 64% y la talla que más se encuentra es la micrófila 2, estos rasgos son relacionados por Wolfe (1993), con la baja precipitación en un sitio y una temperatura que varía de entre los 10°C y 20°C, esto concuerda con los datos encontrados en el presente estudio; por otro lado, las formas de las hojas predominantes, son de tipo obovada y elíptica, Lindner (2007), menciona que estos rasgos son más frecuentes en una localidad en la cual hay baja precipitación y una temperatura variable. La localidad “Las Hojas” muestra una mezcla de las tres zonas que Lindner (2007) delimita en su trabajo, esta mezcla corresponde a las zonas templadas y frías-secas dejando ver que la flora fósil del sitio, sugiere que las condiciones climáticas son transicionales.

Por otro lado en la segunda localidad “Cerro Blanco”, los rasgos morfológicos sugieren otra cosa, aquí se muestra un porcentaje de margen entero en un 81%, Wolfe (1993) asocia este rasgo a temperaturas que rondan los 20°C, por otro lado la talla micrófila 3 y mesófila 1, están asociadas por este mismo autor a un incremento en la precipitación. Además las hojas presentan puntas de goteo y la forma de sus láminas tienden a ser más elípticas y ovadas, estos rasgos según Lindner (2007) son asociados a zonas en las cuales la precipitación es alta y también tienen una temperatura más cálida. Sin embargo, en este sitio también se presentan rasgos como los márgenes dentados, caracter asociado a condiciones como la presencia de bajas temperaturas. Por lo que en este caso también se ve una mezcla de los rasgos, Lindner (2007) enmarca en su trabajo, grupos de caracteres muy marcados para distintos climas sin embargo, se

puede pensar que esta también es una localidad que presenta una mezcla de zonas con climas templados y húmedos.

En las localidades la asociación fósil que se encuentra presentan hojas de árboles que pudieron haber pertenecido a zonas templadas, pero al mismo tiempo presenta hojas de zonas áridas o lluviosas, por lo que el uso de los métodos estadísticos son adecuados.

La correlación de los parámetros climáticos y la fisonomía foliar se obtuvo a través de análisis multivariados y regresiones lineales, de entre los que se encuentra el análisis canónico de correspondencias integrado al modelo CLAMP, este análisis lo que hace es ordenar los sitios simultáneamente, en un espacio multidimensional para poder ver la ubicación de los sitios y los datos meteorológicos. Por otro lado, se utilizan los estadísticos de regresión lineal simple y logarítmicos, correspondientes al análisis de talla y el análisis de margen, empleados con la intención de corroborar, los datos que se obtenidos del modelo de Wolfe (1993).

Todos los rasgos necesarios se integraron a los análisis estadísticos que son análisis de talla, análisis de margen y el modelo CLAMP, el último se ha empleado para floras fósiles del Cretácico Tardío y Terciario ofreciendo buenos resultados y ha sido ampliamente probado desde hace más de 20 años (Wolf y Upchurch 1986, 1987, Greenwood, 1992,1994; Wolfe, 1990, 1995; Donohoo, 2001), método se diseñó para zonas templadas donde sus resultados son más precisos (Wolfe, 1993), viendo así que en lugares tropicales este método tiende a sobreestimar los datos (Burnham y Graham, 1999). Por otro lado el análisis de margen (Wilf 1997), se ha utilizado en distintas floras tanto actuales como fósiles de distintos periodos, también ofreciendo buenos resultados, por último el primero de ellos, el análisis de talla es el que menos se utiliza en los trabajos, por que el índice es demasiado sensible y suele sobreestimar o en su defecto subestimar los datos de precipitación, debido a que es empleado solo para zonas tropicales en donde los resultados son más concordantes. (Wilf, 1998)

Dentro de los gráficos que nos arrojo el modelo estadístico de correspondencia canónica se obtuvieron los de la figura 30 A y B, en donde se pueden ver los rasgos climáticos CLAMP; por otro lado, observan un conjunto de puntos los cuales corresponden a las 144 localidades de CLAMP, las estrellas corresponden a las localidades de estudio, HGO-51 y HGO-72.

Dentro de los gráficos de la Figura 31 A la localidad Las Hojas, se puede ver que los rasgos descritos la posicionan junto a zonas como lo son California, Baja California y Arizona, estos sitios actualmente son de clima áridos con promedios de precipitación que se mueven entre los 220 mm y 440 mm anuales, además poseen temperaturas que varían en grados desde los 13°C a los 22°C, estas localidades actuales lo que reflejan son zonas secas y ubicaría a nuestra localidad como una zona árida. Las regresiones lineares para la localidad muestran una R que varía desde el 69% al 94%, viendo que los datos son confiables.

Si comparamos los datos anteriores (CLAMP), con los que se obtienen del análisis de margen, se muestra una temperatura semejante para la localidad de “Las Hojas”, este se encuentra dentro del rango de error de un grado, por lo que es plausible tener esta temperatura. Sin embargo, cuando se hizo el cálculo para los datos con la ecuación que propone Wilf (1998), en este caso la talla, los resultados bastante sobreestimados, porque los resultados transformados del logaritmo, arroja una precipitación media de 3000 mm; actualmente los sitios que presentan lluvias de 3000 mm en México, son como Tabasco actualmente. Por lo que es difícil pensar que este sitio tenga una precipitación de esta magnitud, y los estadísticos de CLAMP no lo reflejan al igual que la flora fósil, pues para esta precipitación las hojas presentarían tamaños más grandes de los que se tienen en este muestreo como lo indica Wilf (1998) en su trabajo.

Con los datos estimados a partir de los distintos análisis estadísticos y haciendo uso de las tablas climáticas de Koppen, el clima estimado a para la localidad “Las hojas” es de tipo *BS*. También hay que hacer notar que el índice de Lang, muestra y corrobora los resultados obtenidos, a partir de la interpretación de las tablas de Koppen, modificadas por García (2004), pues este índice nos sigue manteniendo a la localidad “Las Hojas” en una zona seca, pero acercándose a una región de tipo esteparia a sábana, esto

sugiere que una zona de transición de estepa a árida, esta interpretación queda mayormente reforzada por el tipo de vegetación fósil que se encuentra en la zona. Pues esta corresponde plantas arbustivas y arboles de pequeñas dimensiones en su mayoría, como lo son *Quecus*, *Cercocarpus* y *Karwinskya*.

Para la localidad Cerro Blanco, en el modelo CLAMP se puede observar la ubicación hipotética de la localidad HGO-72, señalada como una estrella en la Figura 31 B, ahí se ve reflejado el cambio de condiciones climáticas soportado por los caracteres foliares, con respecto a la localidad HGO-51, en el grafico la posición cambia fuertemente a comparación del primer sitio, esto quiere decir que la localidad presenta más humedad, y se localiza en lugares como lo son Florida, Nueva Caledonia y Puerto Rico, que son sitios en los que se presenta mayor precipitación, sus datos se encuentran en rangos que van desde los 800 mm a los 2200mm, y sus rangos de temperatura promedio varían desde los 22°C a los 26°C, lo que localiza a nuestro sitio en una zona de lugares más lluviosos y cálidos.

Por otro lado el análisis de margen para la localidad de Cerro Blanco, presenta dos grados de diferencia con respecto al que proporciona el modelos CLAMP, el error estándar sigue correspondiendo a un grado, sin embargo, podría considerarse también dentro de los rangos de temperatura, dado que los máximos y mínimos que proporciona el modelo CLAMP, también incluyen esta temperatura concordando con los datos. Obtenidos en este segundo análisis. Por último el análisis de talla para la localidad Cerro Blanco estima una precipitación media de 600 cm, esto equivale a 6000 mm, para hacer una comparación rápida los sitios en donde actualmente caen precipitaciones son como, la Jungla de Borneo en Malasia o la isla de Yakushima en Japón, que son zonas muy lluviosas, sin embargo, las características foliares no reflejan que el sitio presenta una precipitación de esta magnitud, pues sitios como estos presentan hojas de tamaños mesófilos, macrófilos y megáfilos (Wilf, 1998), en el sitio de estudio los únicos tamaños presentes son los mesófilos, los resultados están sobre estimados, para este sitio también al igual que en la localidad anterior, lo único que en ambos sitios se refleja es

el cambio de precipitaciones, esto es lo único que si apoya la diferencia que existe entre las localidades.

Las tablas de Koppen para la localidad “Cerro Blanco” nos indica un clima *Cf*. Esto es que es un lugar templado lluvioso. Así mismo, el índice de Lang, también refleja un sitio de bosques templado lluvioso, y estos resultados concuerdan mas con las, características foliares encontradas en el sitio.

Las interpretaciones de los resultados estadísticos aunado a las morfologías foliares, refuerzan que ambas localidades se relacionan actualmente con sitios que presentan más o menos características similares tanto foliares como meteorológicas; en este caso son para la localidad “Las Hojas”, sitios secos y para la localidad “Cerro Blanco” sitios más húmedos, según los datos obtenidos de las tablas CLAMP y análisis de margen.

Los cambios de morfología foliar y clima son la primera diferencia entre las localidades. Se puede ver que existe un cambio en las condiciones climáticas de una localidad de estudio a otra (Figura 31), soportado por las características morfológicas en la composición de la flora, que es distintiva de un sitio a otro y los resultados de los modelos estadísticos. Lo cierto es que ambas floras que se extrajeron son muy distintas, sobre todo si hacemos la comparación de los taxones identificados en ambas localidades, el género más estudiado en esta zona es *Quercus*, otros géneros que también se encuentra en ambos sitios es *Salix* y *Populus*, de ahí en fuera, el resto de la las hojas presentan una morfología foliar que no coinciden en las localidades.

Hay que tomar en cuenta, que los géneros *Salix* y *Populus* actualmente se presentan en zonas donde hay un cuerpo de agua y son cosmopolitas, estas hojas se encuentran en ambas localidades de estudio, lo que significa que en ambos sitios la presencia de agua, sin embargo, aunque ambos géneros se encuentran en los sitios de estudio no todos proceden del mismo nivel en Cerro Blanco; de los cuatros sitios de los que se extrajo en Cerro Blanco, el género *Salix*, se encuentra en el nivel en el cual se hizo el estudio estadístico y la interpretación climática, el cual es a los 9.5 metros a partir del conglomerado polimíctico, por otro lado el género *Populus*, también se encontró en la

localidad pero este se halló hasta los 13 m de muestreo, y no se encuentra presente en el nivel del cual se hizo la inferencia climática. Por otro lado si hablamos del género *Quercus*, es otra situación porque en ambas localidades, se encuentran hojas representantes de este género, no son las mismas morfologías foliares, pues las que se encuentran en la localidad “Las hojas” tiene unas tallas pequeñas de distintas clases como micrófila 1 y 2, en su mayoría, salvo UANHMP-4052, la cual presenta una talla mesofila, por otro lado en la localidad Cerro Blanco, se encuentran hojas de mayor tamaño micrófilo 3 en su mayoría.

El género *Quercus* se ha descrito en la localidad de “Las hojas”, anteriormente por Hernández 2006. Por otro lado Velasco de León y colaboradores también han estudiado los encinos de la localidad los baños, en conjunto de entre ambos estudios muestran un total de 12 especies, lo cierto es que *Quercus* es un género que tiene representantes fósiles desde el periodo Albiano en este continente, y en México esta familia tiene alrededor de 150 especies (Nixon, 1993), de las cuales en el estado de Hidalgo, actualmente presenta una riqueza de 20 especies de *Quercus* (Zavala, 1995) solo para la zona del Parque nacional del Chico.

Por otro lado uno de los taxones distintivos entre ambas localidades, es la presencia de *Cercocarpus sp.*, este género no aparece aun, en la segunda localidad (Cerro Blanco), en ninguno de los niveles de los que hasta ahora se han extraído los fósiles de hojas. Sin embargo hay que recordar que solo se ha muestreado la parte más inferior de toda secuencia, pues esta tiene aproximadamente 45 metros de espesor, a partir del conglomerado polimíctico, y nuestra zona de estudio se encuentra a solo 9.5 metros de distancia del conglomerado. El género *Cercocarpus*, es muy importante, en la localidad de estudio “Las Hojas”, porque es la hoja, que mayor abundancia tiene, y actualmente se encuentra en zonas secas o transicionales a secas.

La presencia de los mismos taxones pero no de las mismas morfología representa un recambio de especies, esto nos podría señalar parte del recambio florístico que hubo en la zona.

Además en las localidades que se tienen, no solo presentan floras distintas, sino que los estratos portadores en los que están situados son distintos. Los distintos tipo de roca y la forma de sedimentación de los estratos, en los que se encuentran situados los fósiles corresponden a partes disimiles, esto permite observar que ambas localidades están ubicadas en distintas zonas del hipotético paleo-lago (Arellano-Gil *et al.*, 2005). Como se había mencionado en el área de estudio de esta misma tesis. Además siguiendo el modelo de Tweenhofel (1932), “Las Hojas” se encuentra en una zona de rivera, mientras que la zona de “Cerro Blanco” está ubicada en la zona nucleó del lago (Arellano-Gil *et al.*, 2005), la datación del estrato realizada por Kowallis y colaboradores (1998), está por debajo de ambos sitios de estudio, la referencia es el conglomerado polimíctico.

En Cerro Blanco el conglomerado se encuentra a unos escasos metros de la localidad de la interpretación, por otro lado en la localidad Las Hojas se observa muy por encima de la zona en la cual se hizo la datación. Los estratos no corresponden sincrónicamente, pues se encuentran separados temporalmente, por lo que aunque parece ser la misma cuenca lacustre, las dos localidades pertenecen a tiempos diacrónicos. Mientras que la localidad “Cerro Blanco” y en especial el nivel portador en el que se trabaja, se encuentran en las primeras etapas de vida del paleo-lago, la localidad “Las Hojas” está más alejada de la zona de datación, esto robustece más que las localidades no coinciden y parecen ser completamente distintas, aunque parecen estar en la misma cuenca.

Por otro lado en la tabla sedimentación en cuencas mostrada en la página 34, donde se presenta un promedio estimado de la sedimentación en un lago, en donde se ve que tasa promedio es de 3mm de sedimentos por año en una cuenca lacustre, de este modo se puede hacer una inferencia aproximada de los años entre una localidad y otra, utilizando la tabla, mas la correlación estratigráfica, lo que nos da un aproximado de 13000 años de diferencia, tal vez no parezca demasiado tiempo geológico, lo cierto es que, en una comunidad puede ser un lapso de tiempo muy importante porque, este dato ayuda a explicar el por qué ambas localidades no son similares, por lo menos en la morfología de las hojas, y porque aunque presentan taxones en común como los



encinos y los sauces, estos no son similares, así que esto apoya mas como perteneciendo a la cuenca sedimentaria tampoco coinciden.

Por otro lado los pocos datos de paleomagnetismo que se tienen en dichos sitios, muestran que la localidad las hojas se encuentra dentro de un cron magnético inverso y que el sitio de Cerro Blanco se presenta en una zona con un cron magnético normal, y ubican a la zona del lago dentro del Cron Gauss, lo cual deja a la zona en un rango de edad que se mueve dentro del tiempo 3.5 y 2.6 millones de años. Reforzando así que las zonas son diacrónicas.

Velasco de León y colaboradores (2005; 2010), que ya habían realizado una modelación climática anteriormente en sitios aledaños, los datos de la localidad “Las hojas”, coinciden con los datos presentados en la zona de los baños, concordando con un clima seco, sin embargo hay que recordar que para este sitio, los ejemplares que se extrajeron fueron tomados de un solo estrato portador, dentro de las distintos estratos portadores que se presentan en la localidad, mientras que el trabajo realizado anteriormente no presenta control stratigráfico; el control stratigráfico es muy importante pues la este refleja cambios temporales, sobre todo si los cambios que presenta son verticales, pues esto implica acumulación de tiempo.

Por otro lado el trabajo de Velasco y colaboradores (2005), así como Hernández (2006), sugiere una comunidad de chaparral con vegetación de galería. Los rastros de la vegetación de galería si se encuentra, los mejores ejemplos son la presencia de *Populus* y *Salix*, especies que se encuentran en donde hay presencia de agua y conforman la vegetación rarápica; por otro lado, solo Velasco y colaboradores (2005), mencionan que la comunidad florística pertenece a un chaparral, este punto es mas debatible porque hay presencia de encinos tantos arbóreos como arbustivos; los chaparrales son vegetaciones, que tienen un tamaño de dosel muy bajo, razón por la que reciben su nombre, en este caso las hojas del uno de los encinos, su talla es mesófila UAHMP-4052, esto quiere decir que el árbol es grande, mínimo de unos 10 metro de alto, además hay otras hojas de encino que siguieren arboles que rebasan los

8 metros como es el ejemplar UAHMP-4032 y el ejemplar UAHMP-2528, por lo que se puede pensar en más que en un chaparral en un encinar en seco o de zonas secas, como el acercamiento que propuso Hernández en el 2006. Además si conjuntamos estos datos con los resultados obtenidos en esta tesis, se puede soportar este tipo de vegetación. En este caso el estudio sugiere también una localidad con una vegetación de encino seco como se puede ver actualmente en la zona de la sierra de Pachuca. Entonces esto deja más claro, porque los análisis y los índices marcan una zona transicional para la localidad “Las Hojas”.

Por otro lado Velasco de León y colaboradores (2010), dicen que la localidad de “Sanctoum”, sitio que se encuentra cercano a la localidad de estudio “Cerro Blanco” también es una zona seca como lo es “Las Hojas”, lo cierto es que, la falta de control estratigráfico en la localidad, esto no permite saber de donde son los niveles portadores de los fósiles, esto puede ser la razón por la cual, los datos que ella presenta salen similares en sus estudios y disimiles en el estudio presente, o simplemente ella se encuentra en un estrato distinto del que se trabajó en este estudio.

La localidad Cerro Blanco, es un sitio, en el cual se tiene que tener más cuidado, en la extracción de los fósiles porque es un sitio con un espesor muy grande y a lo largo de todo el espesor se pueden hallar fósiles de distintos organismos desde invertebrados, vertebrados y plantas; como se observa en las columnas estratigráficas en el presente trabajo. En este estudio solo se utilizó la zona más basal, pues la que se encuentra más cercana al conglomerado polimíctico, en estos estratos portadores basales se muestrearon cuatro niveles, de los cuales solo el tercero, es el que presenta el mayor número de improntas extraídas y utilizadas en este trabajo.

En el trabajo de reconstrucción climática realizado anteriormente no se muestra ningún control estratigráfico, y esto no permite realizar una comparación adecuada, porque en distintos niveles se obtienen distintas formas foliares como son la presencia de *Populus* y *Platanus*, en este caso solo se puso énfasis en un solo nivel portador, pero se puede hacer la reconstrucción de todo el espesor de la cuenca.

Hernández (2006) hace un acercamiento a la flora en la localidad las hojas solo utilizando la teoría del pariente vivo más cercano y viendo sus formas de vida actuales y en donde se encuentra distribuidas las formas foliares que describió en su tesis. Menciona que la familia Salicaceae y sus dos géneros, son indicativos de que hay cuerpos de agua presentes; estos comentarios se ve reforzados por distintos *Salix* y *Populus*, están asociados a los mantos, es este caso el encontrarlos dentro de los estratos portadores en ambas zonas. Propuso un posible encinar en transición, lo cierto es que los datos estadísticos que ofrecen los parámetros estimados para la localidad de Las Hojas apoyan y soportan la interpretación.

Sin embargo en la zona de Cerro Blanco, los datos que se ofrecen en este trabajo son solo parte del un total mucho más grande, el cual se tiene que estudiar mas a fondo porque al ser este sitio el núcleo de la cuenca lacustre, todos los datos se encuentran de manera acumulativa en esta zona, y esta puede ser incluso mucho más reveladora que otras.

La localidad de Cerro Blanco y específicamente el nivel en el que se trabajó, como se puede ver en la sección de la columna estratigráfica, se encuentra a unos metros de la base que es el conglomerado polimíctico, el conjunto florístico que hay en esta zona, no se parece a la que se encuentra en “Las Hojas”, este segundo sitio se encuentra apartado en espacio temporal y espacial a varios km, de la localidad, Burnham y Graham (1999) mencionan que los restos vegetales fosilizados, proporcionan un inventario de especies arbóreas y arbustivas, permitiendo una reconstrucción detallada de la vegetación en la proximidad de la cuenca de depósito (1 km<sup>2</sup>), esto también apoya la hipótesis de que el inventario florístico de un sitio a otro no se parece, pues la distancia espacial de las localidades es de 8 km lineales.

Si conjugamos todos los datos anteriores, con los datos que presenta Salzman y colaboradores (2008), quienes hicieron una reconstrucción climática del Plioceno medio, los datos que presentan en su investigación se mueven dentro de los rangos similares de tiempo, que el que se tiene en las dos localidades de estudio; en la reconstrucción que él propone, los datos muestran que en el Plioceno cerca de los 3.2

millones de años se empieza a ver el descenso de las temperaturas. En las localidades de estudio se puede ver una aridificación severa de una localidad a otra, porque los resultados en este trabajo presentan un clima templado lluvioso y uno seco estepario. En los datos que proporciona Salzmán se ve un cambio de temperaturas globales, posiblemente el cambio de los grupos climáticos tan grandes como lo es el paso de un clima templado húmedo *Cf*, a un clima seco estepario *BS*, el cual se ve reflejado en las localidades por el cambio de la fisonomía foliar y de las condiciones climáticas en ambos sitios; pudiese estar relacionado o sea solo el reflejo de lo que hubiese podido suceder a una escala mayor a nivel global, además la ubicación de los sitios dentro del cron Gauss, soportaría mejor el cambio de los grupos climáticos, pues este cron se encuentra dentro de los rangos de bajas de temperaturas que sugiere Salzmán.

Por último pero no menos importante las identificaciones, el identificar dos nuevas familias como lo son Sapotaceae y Asteraceae para la localidad Las Hojas, solo aumentan la riqueza que se tiene en este sitio, la cual presenta asociaciones a las familias, Rosaceae, Fagaceae y Ramnaceae, dichas familias actualmente pertenecen a zonas secas, pero lo más importante en Hidalgo hay zonas que tienen más o menos la misma conformación de rasgos morfológicos y familias, como lo es la sierra de Pachuca que se encuentra cercana al parque nacional El Chico. Por otro lado en la localidad de Cerro Blanco no hay asociaciones taxonómicas.

## 9. CONCLUSIONES

Las interpretaciones foliar se pudo llevar a cabo por el conjunto de floras fósiles, presentes en las localidades Cerro Blanco y Las Hojas, reconociendo un total de 50 morfotipos para las dos localidades.

El material muestra la diversidad biológica que hubo en el lugar, la cual está representada por árboles y arbustos pertenecientes a distintas Familias de entre las que

se encuentra Fagaceae, Salicaceae y Roseaceae etc. a las cuales se anexan dos nuevos acercamientos taxonómicos como lo son la familia Sapotaceae y Asteraceae.

El modelo de interpretación CLAMP, es funcional para la realización de las interpretaciones paleoclimáticas. Es aun más efectivo cuando se tiene el número de fósiles tipo requerido. Por otro lado el modelo de análisis de margen, también muestra, ser eficiente para la interpretación de los datos que se tienen en el sitio. Por último el análisis de talla, es el único que presenta una sobreestimación de los posibles datos de precipitación, esto se puede deber a que el análisis fue hecho para zonas de alta precipitación.

Los parámetros que se encuentran para ambos sitios son los siguientes, localidad Las Hojas con temperatura media de 16.5°C y precipitación media 636.9 mm, encontrándose en el grupo climático de tipo *BS*, por otro lado en Cerro Blanco, la temperatura media es de 20.7 y la precipitación media corresponde a 2148.9 mm., encontrándose en el grupo climático *Cf*.

La interpretación climática y crear un buen control estratigráfico, que nos proporciona la ubicación en tiempo y espacio del material fósil, en la zona de Santa María Amajac, permite hacer una interpretación más fina y revela mejor los cambios que esta área presento, por lo menos en una parte de su historia. Dejando ver que las localidades aunque pudiesen haber pertenecido a la misma cuenca sedimentaria, no corresponden a un tiempo sincrónico, la datación y la correlación estratigráfica soportan los resultados, así como el cambio de flora y clima en ambos sitios.

## 10. LITERATURA CITADA

Aguilar F.; Ortiz L. 2000. Estudio paleoecológico de la flora Pliocénica de Santa María Amajac, Hidalgo; inferencias del paleoclima y de la paleocomunidad. Tesis de licenciatura. UNAM. Facultad de Ingeniería. 60 pp.

Aguilar F.; Velasco de León P. 2002. El Clima durante el Plioceno en la región de Santa María, Amajac, Hidalgo, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 71: 71-81.

Arellano-Gil, J.; Velasco de León P.; Silva-Pineda A.; Salvador-Flores R. y Beltrán-Romero F. 2005. Origen y características geológicas del paleo-lago de Amajac, Hidalgo. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 22(2): 199-211.

Ahs A.; Ellis B.; Hickey L.; Johnson K.; Wilf P., y Wing S. 1999. Leaf Architecture of the Angiosperms Morphological description and categorization of dicotyledonous and et-veined monocotyledonous angiosperms. Smithsonian Institution. Washington. 67 pp

Behrensmeyer, A.; Hook, R. 1992. Paleoenvironmental contexts and taphonomic modes. In Terrestrial ecosystems through time. Evolutionary paleoecology of terrestrial plants and animals. Behrensmeyer, A.; Damuth, J.; Dimichele, W.; Potts R.; Sues, H.; Wing, S. University of Chicago press. Capítulo 2. 42-49 pp

Burnham, R.; Graham A. 1999. The history of neotropical vegetation: New developments and status. Annals Missouri Botanical Garden. 86: 546-589.

Burnham, R.; Pitman N.; Johnson K.; Wilf P.; 2001. Habitat-related error in estimating temperatures from leaf margins in a humid tropical forest; American Journal of Botany 86(6):1096-1102.

Carrasco-Velázquez, B.; Martínez-Hernández, E.; Ramírez-Arriaga E.; Solé, J.; 2008. Estratigrafía de la formación Meztlán del Plioceno (Estado de Hidalgo, Centro-Este de México). Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 60(1):83-99.

Cantrigel J. M.; Robin C.; 1979, K-Ar dating on easter Mexican volcanic rocks. Relation between the andesitic and the alkaline province. Journal of Vulcanology and Geothermal Reserch 5:99-114.

Dolph, G.; D. Dilcher. 1979. Foliar physiognomy as an aid in determining paleoclimate. Palaeontographica. 170: 151-172

Dicher, D.; Kowalsky, E.; Wiemann, M.; Hinojosa L.; Lott, T. 2009. A climatic and taxonomic comparison between leaf litter and standing vegetation from a Florida swamp woodland *American Journal of Botany* 96(6):1108–1115.

Ellis B., Daly D., Hickey L., Johnson K., Mitchell J., Wilf P., y Wing S.; 2009. Leaf Architecture of the Angiosperms: An Illustrated guide to terminology and character states.

Ferrari L. 2000. Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 53:84-92.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5° Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. 90 pp.

Gradstein, F.M; Ogg, J.G.; Smith, A.G. 2004. *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, 589pp.

Greenwood, D.R., 1991. The taphonomy of plant macrofossils. In: S.K. Donovan (Ed.), *Fossilization: The Processes of Taphonomy*. Belhaven Press, London, pp.145-169.

Greenwood D.; Wilf P.; Wing S.; Christofhel D.; 2004. Paleotemperature estimation using Leaf-Margin Analysis: Is Australia different?. *Research report. PALAIOS*. 19:129-142.

Gregory-Wodzicki, K.; Relationships between leaf morphology and climate, Bolivia: implications for estimating paleoclimate from fossil floras. *Paleobiology*, 26(4):668-688.

González, E.; 2007. Paleo-flora de la Formación Palmar (Mioceno temprano-tardío), Merida, Venezuela. Inferencias sobre la vegetación y el clima. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias, Tesis de Maestría. Merida, Venezuela. 152 pp.

González-Medrano, F.; 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. 1° edición, SEMARNAT. 173 pp.

Hernández, R.; 2006. Descripción de la flora fósil de una localidad en Santa María Amajac. Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 86 pp.

Hinojosa, L. F.; 2005. Cambios climáticos y vegetacionales inferidos a partir de paleofloras cenozoicas del sur de Sudamérica. *Revista Geológica de Chile*, 32(1):95-115.

Hickey L.; 1973. Classification of the architecture of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*, 60(1):17-33

Hickey L.; Wolfe J.; 1975. The bases of angiosperm phylogeny: Vegetative Morphology, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 62(3):538-589.

Huff P.; Wilf P.; Azuman E.; 2003. Digital future the paleo-climate estimation from fossil leaves? Preliminary results. *Research letters. PALAIOS*, 18: 266-274.

Jacobs, B.; Herendeen, P.; 2004. Eocene dry climate and woodland vegetation in tropical Africa reconstructed from fossil leaves from northern Tanzania. *PALAEO*, 213:115-116.

Jupp, P.; Spurr, B.; Nichols, J.; Hisrt, J. 1987. Statistical estimation of the apex of a sediment distribution-system from paleocurrent data *MATHEMATICAL GEOLOGY*. 19, 4, p. 319-333

Khan, A. M.; Ghosh, R.; Bera, S.; Spicer, R.; Spicer, T.; 2011. Floral diversity during Plio-Pleistocene Siwalik sedimentation (Kimin Formation) in Arunachal Pradesh, India, and its palaeoclimatic significance. *Palaeobiology and Palaeoenvironment*. 91:237-255.

Kowallis, B.; Swisher III, C.; Carranza-Castañeda, O.; Miller, W.; Tingey, D.; 1998. Fission track and single crystal  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , laser-fusion ages from volcanic ash layers in fossil-bearing Pliocene sediments in central Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15(2):157-160.

Lindner, T.; 2005. Leaf assemblages, taphonomy, paleoclimatology and paleogeography. In *Applied stratigraphy*. Koutsoukos E., Springer 172-210 pp.

Palma-Ramírez A.; Pueyo, E.L.; Villalaín, J.J.; 2012. Datos paleomagnéticos preliminares del paleolago Plio-pleistoceno de Santa María Amajac (Hidalgo, Mexico). *Geotemas*. 13:2016-2019.

Salzmann, U.; Haywood, A.; Lunt, D.; Valdes, P.; Hill, D.; 2008. A new global biome reconstruction and data-model comparison for the Middle Pliocene. *Global Ecology and Biogeography*. 17:432-447.



- Salvador-Flores R.; 2001. Origen, sedimentología y estratigrafía del paleolago Amajac, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. UNAM. Facultad de Ingeniería. 88 pag.
- Segerstrom, K.; 1961, Geología del sureste del Estado de Hidalgo y noreste del Estado de México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 13:147-168.
- Silva-Pineda A.; Velasco-de León M. P.; Aguilar F.; 2009; Chacon E. An Upper Pliocene *Equisetum* (Equisetales) from the Atotonilco El Grande Formation in Central Mexico Paleontological Journal, 43(2): 216–225.
- Spicer, R., Herman, A. & Kennedy, E.; 2005. The Sensitivity of CLAMP to taphonomic loss of foliar physiognomic characters. *Palaios* 20, 429–438
- Suter, M.; 2004. A neotectonic–geomorphologic investigation of the prehistoric rock avalanche damming Laguna de Metztlán (Hidalgo State, east–central Mexico). *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 21(3): 397-411.
- Taylor, T.; E. Taylor.; M. Krings.; 2009. Paleobotany, The biology and evolution of fossil plants, 2° edition, Academic Press. USA. 1230 pp.
- Tweenhofel W.; 1932. Treatise on sedimentation: Prepared under the auspices of the Committee on sedimentation, 2 edition, National research council of the National academy of sciences, USA. 926 pp.
- Ullrich, D.; Herrmann, M.; 2010. Palaeoclimate estimates for the Late Oligocene taphoflora of Enspel (Westerwald, West Germany) based on palaeobotanical proxies. *Palaeobiology and Palaeoenvironment*. 90:39–47
- Velasco de León, P. 1999. Estudio Paleoecológico de una comunidad del Terciario en el estado de Puebla. Facultad de Ciencias, División de Estudios de Posgrado, Universidad Nacional Autónoma de México. México. Tesis de Doctorado. 120 pp.
- Velasco de León, P; Ortiz- Martínez L. 2010. Nuevas especies de *Quercus* (Fagaceae) en el Plioceno de Santa María Amajac, Hidalgo, México *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 27(2): 264-277.
- Velasco de León, P.; R. Spicer; D. Steart.; 2010. Climatic reconstruction of two Pliocene floras from Mexico. *Palaeobiology and Palaeoenvironment*. 90:99-110.
- Webb, L. J.; 1959. A physiognomic classification of Australian rain forests. *Journal of Ecology*, 47:551-570.

Wilf, P. 1997. When are leaves good thermometers? A new case for leaf margin analysis. *Paleobiology*, 23: 373–390.

Wilf P.; Wing S.; Greenwood D.; Greenwood C.; 1998. Using fossil leaves as paleoprecipitation indicators: An Eocene example. *Geology*, 26(3):203-206.

Wiemann M.; Manchester S.; Dilcher D.; Hinojosa F.; Wheeler E.; 1998. Estimation of temperature and precipitation from morphological characters of dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*, 85(12):1796-1802.

Wolfe, J. A.; 1993. A method of obtaining climatic parameters from leaf assemblages. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 2040: 1-71.

Wolfe, J. A.; 1995. Paleoclimatic estimates from Tertiary leaf assemblages. *Annals. Review Earth and Planetary Sciences*. 23: 119–142.

Yang, J.; Wang, Y.; Spicer, R.; Mosbrugger, V.; Li, C; Sun, Q.; 2007. Climatic reconstruction at the Miocene Shanwang Basin, China, Using leaf margin analysis, CLAMP, coexistence approach and overlapping distribution analysis. *American Journal of Botany*, 94(4):599-608.

Zavala, F.; 1995. Encinos Hidalguenses. Universidad Autónoma de Chapingo, primera edición, Editorial UACH, 133 pp.

Editores: Walton Hall, Milton Keynes. Actualización 15 de Enero 2013. CLAMP online, derecho reservados para la Open University de UK y universidad de Pekin, consultado por última vez 20 de Mayo 2013. <http://clamp.ibcas.ac.cn/>

Editores: Gesche Holstein, Norbert Kilian, Anton Guntsch, Walter Berendsonh. Actualización 5 de octubre 2012. Último día de visita el 18 abril de 2013. Fieldmuseum, Muestras Neo-tropicales de herbario. <http://fm1.fieldmuseum.org/vrrc/?language=esp>

## 11. ANEXO

Anexo 1. Matriz de datos para la localidad Las Hojas HGO-51

Muestra	Lobada	No dientes	D. regulares	D Serrados	D Redondos	D Agudos	D. Compuestos	Nanofila	Leptofila 1	Leptofila 2	Micrófila 1	Micrófila 2	Micrófila 3	Mesofila 1	Mesofila 2	Mesofila 3	Emarginado	Redondo	Agudo	Atenuado	Cordada	Redonda	Aguda	L:W 1	L:W 2	L:W 3	L:W 4	L:W 5	Obovada	Elíptica	Ovada
UAHMP-2353	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
UAHMP-2354	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
UAHMP-2359	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2362	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2385	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2399	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2401	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
UAHMP-2402	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
UAHMP-2405	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	?	?	?	?	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
UAHMP-2420	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
UAHMP-2424	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
UAHMP-2433	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2440	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
UAHMP-2447	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
UAHMP-2453	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2455	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
UAHMP-2456	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
UAHMP-2457	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2462	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2464	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2473	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	?	?	?	0	0	1	0	0	0	1	0
UAHMP-2475	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2480	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2483	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
UAHMP-2499	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
UAHMP-2501	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	?	?	?	0	1	0	0	0	1	0	0
UAHMP-2514	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
UAHMP-2518	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1

UAHMP-2525	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
UAHMP-2526	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
UAHMP-2527	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
UAHMP-2528	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	?	?	?	?	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
UAHMP-2533	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0			
UAHMP-2543	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
UAHMP-2548	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	?	?	?	?	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
UAHMP-2580	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
UAHMP-2583	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
UAHMP-4032	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
UAHMP-4033-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
UAHMP-4036	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1		
UAHMP-4037	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	0	0	1
UAHMP-4039	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	?	?	?	?	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
UAHMP-4044	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0		
UAHMP-4045	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
UAHMP-4047	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
UAHMP-4049	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
UAHMP-4052	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	?	?	?	?	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
UAHMP-4053	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0		
UAHMP-4054	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	?	?	?	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
UAHMP-4056	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	?	?	?	?	?	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1		
UAHMP-4057	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	?	?	?	?	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0		
UAHMP-4058	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
UAHMP-4063	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
UAHMP-4064	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
UAHMP-4066	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	?	?	?	?	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
UAHMP-4071	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	?	?	?	?	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
UAHMP-4071 2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
UAHMP-4077	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
UAHMP-4072 A 2	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
UAHMP-4072 B 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
UAHMP-4072 B 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0		
UAHMP-4078	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	

UAHMP-4080	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	?	?	?	?	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
UAHMP-4081	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Suma	0	35	10	3	10	7	0	0	2	8	12	28	9	2	1	2	1	26	26	1	6	31	19	13	34	8	4	4	24	24	16
porcentaje	0	65	19	5.56	19	13	0	0	3.7	14.8	22.2	52	16.7	3.7	1.85	3.7	1.9	48.1	48	1.85	11	57.4	35	24	63	15	7.4	7.4	44	44.4	30

Anexo 2. Matriz de datos CLAMP Localidad: Cerro Blanco (HGO-72)																																		
Muestra	Lobada	No dientes	D. regulares	D Serrados	D Redondos	D Agudos	D. Compuestos	Nanofila	Leptofila 1	Leptofila 2	Micrófila 1	Micrófila 2	Micrófila 3	Mesofila 1	Mesofila 2	Mesofila 3	Emarginado	Redondo	Agudo	Atenuado	Cordada	Redonda	Aguda	L:W 1	L:W 2	L:W 3	L:W 4	L:W 5	Obovada	Elíptica	Ovada			
morfotipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
UAHMP 4082	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
UAHMP 4085	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
UAHMP 4086	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
UAHMP 4087	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	?	?	?	?		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
UAHMP 4088	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
UAHMP 4090	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	?	?	?	?		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
UAHMP 4091	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
UAHMP 4092	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
UAHMP 4093	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
UAHMP 4094	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
UAHMP 4095	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
UAHMP 4096	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
UAHMP 4097	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
UAHMP 4098	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
UAHMP 4099	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
UAHMP 4100	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	?	?	?	?		0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
UAHMP 4101	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

UAHMP 4102	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	?	?	?	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
UAHMP 4103	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
UAHMP 4104	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	?	?	?	?	?	?	?	0	1	0	0	0	0	1	0
UAHMP 4107	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
UAHMP 4108	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	?	?	?	0	1	0	0	0	0	0	1
UAHMP 4110	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
UAHMP 4111	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
UAHMP 4112	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
UAHMP 4113	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
UAHMP 4115	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Suma	0	23	1	0	3	0	0	1	0	0	1	8	12	4	1	0	0	5	10	4	1	14	7	1	12	11	0	3	3	12	12
porcentaje	0	85	3.7	0	11	0	0	3.7	0	0	3.7	30	44	14.8	3.7	0	0	19	37	15	3.7	52	26	3.7	44	41	0	11	11	44	44