



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

ESTUDIO PALEOECOLOGICO DE LA FLORA PLIOCENICA DE SANTA MARIA AMAJAC, HIDALGO: INFERENCIA DEL PALEOCLIMA Y DE LA PALEOCOMUNIDAD.

T E S I S

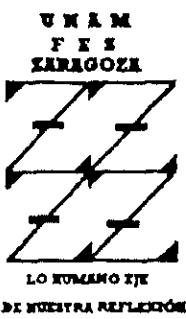
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A N :

FELISA JOSEFINA AGUILAR ARELLANO ERIKA LOURDES ORTIZ MARTINEZ

283577



SEPTIEMBRE DEL 2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**El presente trabajo se realizó en la Colección Paleontológica de La Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de la Dra. Ma. Patricia Velasco De León.**

**Forma parte del proyecto de investigación "Estudio fisonómico de una asociación de hojas fósiles en Santa María Amajac, Hidalgo" a realizar dentro de los laboratorios integrales de biología V y VI en la salida terminal de Biología Comparada de la Carrera de Biología.**

A MIS PADRES:

Jesús Aguilar Hernández

Guadalupe Arellano Ramírez

A MIS HERMANOS:

Elizabeth, Jesús, Alejandro y Diego

A TI

Que contribuiste en mi formación

como persona y como Biólogo

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra María Patricia Velasco De León, por la dirección y orientación de este trabajo, así como la amistad que ha sabido brindarme

A la M en C. Alejandrina Avila Ortiz, al Dr. Eloy Solano Camacho, al M. en C David N. Espinosa Organista y al M en C. Carlos Pérez Malvaez, por las observaciones y sugerencias realizadas al escrito, mismas que enriquecieron su contenido.

Al profesor Oscar J Polaco por sus enseñanzas, observaciones y sugerencias para la culminación de este trabajo, así como su insistencia para finalizarlo.

Al laboratorio de Paleozoología de la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico del Instituto Nacional de Antropología e Historia, por permitirme el uso de su equipo, bibliografía y espacio para la finalización de este trabajo.

A Josefa y Alfredo por su ayuda y compañía en el trabajo de campo y de laboratorio

Al grupo de los ocho (Claudia A., Noé M., Rodolfo, Jorge, Erika y Alfredo) así como a Verónica por su compañía y amistad durante la carrera.

A cada uno de mis profesores, que aportaron un granito de arena en mi formación como Biólogo a lo largo de la carrera

## CONTENIDO

<b>Resumen</b> .....	2
<b>Introducción</b> .....	4
<b>Objetivos</b> .....	9
<b>Área de estudio</b> .....	10
<b>Material y Métodos</b> .....	14
<b>Resultados</b> .....	18
<b>Discusión</b> .....	20
<b>Conclusiones</b> .....	24
<b>Literatura citada</b> .....	25
<b>Cuadros</b> .....	31
<b>Figuras</b> .....	48
<b>Apéndices</b>	
Apéndice 1. ....	55
Apéndice 2. ....	60

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los 31 estados de carácter . . . . .	31
Cuadro 2. Porcentaje de los 31 estados de carácter de los 39 tipos de hojas fósiles de Santa María Amajac, Hidalgo.. . . . .	33
Cuadro 3. Localidades de los estados de Puebla e Hidalgo, donde se realizaron recolectas de vegetación actual . . . . .	35
Cuadro 4. Eigenvectores del análisis de componentes principales de la localidad en estudio y las de la base CLAMP . . . . .	36
Cuadro 5. Eigenvectores del análisis de componentes principales de los 31 estados de carácter . . . . .	40
Cuadro 6. Ejes resultantes del análisis de correspondencia canónica . . . . .	41
Cuadro 7. Familias identificadas en la flora fósil de Santa María Amajac. . . . .	45
Cuadro 8. Parámetros meteorológicos esperados de Santa María Amajac. . . . .	46
Cuadro 9. Comparación de los estados de carácter de la comunidad fósil de Santa María Amajac y las comunidades con las que se <i>agrupa en los análisis realizados.</i> . . . . .	47

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa que muestra la localización y el acceso a la localidad de Santa María Amajac, Hidalgo .....	48
Figura 2 Estados de carácter .....	49
Figura 3 Fenograma de las localidades actuales del estado de Hidalgo y Puebla y la localidad fósil .....	50
Figura 4 Fenograma de la localidad fósil con la base CLAMP .....	51
Figura 5 Gráfica en tres dimensiones del Análisis de Componentes Principales, con las localidades de Hidalgo y Puebla y la localidad fósil .....	52
Figura 6 Gráfica en tres dimensiones del Análisis de Componentes Principales, de la localidad de estudio y la base CLAMP.....	52
Figura 7 Gráfica bidimensional de los ejes obtenidos del Análisis de Correspondencia Canónica con las localidades de los estados de Hidalgo y Puebla y la localidad fósil .....	53
Figura 8 Gráfica bidimensional de los ejes obtenidos del Análisis de Correspondencia Canónica de CLAMP y la localidad de estudio .....	53
Figura 9 Fotografías de los fósiles identificados .....	54



## RESUMEN

La región de Santa María Amajac, ubicada en el estado de Hidalgo, es una de las pocas localidades del Terciario en México, donde se encuentran hojas fósiles, abundantes, generalmente completas y con una gran diversidad

El propósito de este trabajo fue inferir el paleoclima y la paleocomunidad que se desarrolló en esta comunidad durante el Plioceno mediante la utilización de la fisonomía de las hojas fósiles del afloramiento.

El método empleado para este fin fue el de fisonomía foliar, el cual utiliza correlaciones entre atributos particulares de las plantas y los parámetros meteorológicos, independientemente de la identificación de los fósiles; así como la base CLAMP (Climate-Leaf Analysis Multivariate Program) la cual ya ha calibrado la fisonomía foliar de diferentes comunidades con parámetros meteorológicos, por lo que se anexaron los datos de 10 comunidades actuales de los estados de Puebla e Hidalgo y los de la comunidad en estudio, donde se recolectaron 525 hojas fósiles, con 39 tipos dentro de los cuales se han identificado las familias Platanaceae, Rosaceae, Salicaceae y Fagaceae. CLAMP utiliza 31 estados de carácter (ápice, base, margen, forma, relación largo-ancho y tamaño) y nueve variables ambientales

A estos datos se les aplicó un análisis de correspondencia canónica con el programa CANOCO, que asocia a las comunidades con base en su fisonomía foliar y pondera la importancia de los parámetros meteorológicos

Los parámetros ambientales esperados para Santa María Amajac fueron temperatura media anual de 16 °C, temperatura para los tres meses más cálidos de 26.4 °C, y para los tres meses más fríos de 7 °C, precipitación media anual de 650 mm; con una duración de la estación de crecimiento de nueve meses; una precipitación total de 280 mm para los tres meses más húmedos, de 51 mm para los tres meses más secos y de 92 mm de precipitación durante la estación de crecimiento, que corresponde a un clima templado subhúmedo. La comunidad fósil presenta un parecido fisonómico con dos localidades que corresponden a una vegetación de chaparral y galería

Por lo anterior se concluye que en Santa María Amajac, durante el Plioceno, se encontraba una vegetación de chaparral con elementos de vegetación riparia de un cuerpo de agua cercano, de acuerdo a la litología del afloramiento, entre los taxa que se desarrollaron se encuentran Platanaceae, Rosaceae, Salicaceae y Fagaceae; con un clima templado subhúmedo

## INTRODUCCIÓN

La distribución de la vegetación, en el ámbito mundial, es heterogénea. Las asociaciones vegetales difieren de un lugar a otro y las causas de estas diferencias son la diversidad en la constitución orgánica de las especies y la diversidad de los medios geográficos, las cuales están ligadas entre sí. La primera de ellas es consecuencia de la evolución de las especies como respuesta a las fluctuaciones del clima a través del tiempo, las cuales son conocidas como adaptaciones (Spicer, 1991). Se ha demostrado que los caracteres foliares tales como tamaño, forma y tipo de margen representan estrategias evolutivas, por lo tanto, al cambiar los parámetros climáticos del medio geográfico, estos caracteres cambian, por ello las plantas sirven como indicadores de las características del medio en el que viven (Spicer, 1991; Wing y Sues, 1992).

Las condiciones del ambiente más importantes son el clima y el suelo. El clima se define como el estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado, y comprende los extremos y las variaciones (García, 1986). Entre los elementos importantes del clima se encuentran la temperatura, la precipitación, la humedad y el viento, los dos primeros son los más decisivos para las plantas, ya que hacen cambiar los tipos de vegetación (García, 1986). El suelo se define como la capa de la superficie terrestre capaz de soportar el crecimiento vegetal, resultado del equilibrio dinámico entre el material geológico con el clima y los organismos (López-Ramos, 1993). Igualmente importante para las plantas es la humedad del suelo, la cual depende de la constitución del mismo, de la temperatura y de la lluvia.

Se han encontrado patrones generales que correlacionan a elementos climáticos con atributos particulares de las plantas, los que son una respuesta adaptativa de las mismas a condiciones de estrés ambiental (Bailey y Sinnott, 1915; Raunkier, 1934; Dilcher, 1973; Wolfe, 1978; Dolph y Dilcher, 1979; Givinish, 1979; Greenwood, 1992; Wolfe, 1993). Estos patrones se han observado en la arquitectura foliar, término que se refiere a todos los elementos que constituyen la expresión externa de la estructura de la hoja, incluso tipo de venación, configuración del margen, forma de la hoja y posición de las glándulas (Hickey, 1974). En las plantas, las hojas son las que se ven más afectadas por las fluctuaciones del

clima ya que desarrollan características morfológicas que deben ser lo más eficaces en la realización de la fotosíntesis para el ambiente al cual están expuestas (Spicer, 1981, Wing y Sues, 1992)

Con estos patrones se han realizado estudios para relacionar las hojas fósiles con climas pretéritos (paleoclima), y así proponer cuales existieron en diferentes regiones y edades geológicas. El término paleoclima, ha sido utilizado por los paleobotánicos para referirse a las condiciones de temperatura y humedad más que al ambiente total en el cual existió una flora fósil (Dolph y Dilcher, 1979). Para ello se han utilizado dos métodos: el **relativo viviente más cercano o florístico** y el **fisonómico o morfológico**.

El método del relativo viviente más cercano o florístico se basa en la comparación de la comunidad fósil con las comunidades vegetales actuales, donde muchos géneros o familias de plantas están restringidos a climas particulares. La propuesta asume que los mismos géneros o familias representados en el registro fósil estuvieron asociados a climas semejantes. La validez de este método se basa en la idea de que las tolerancias climáticas que se presentan en comunidades modernas son el estado final de una secuencia que incluye la tolerancia de sus presumibles formas ancestrales. Los linajes son básicamente conservadores en su tolerancia al cambio de condiciones ambientales, esto es, una vez que un grupo ha conseguido una serie de adaptaciones que le permiten competir dentro de ciertos límites, la presión de selección tiende a estabilizarlos (Hickey, 1977). Para la utilización de este método, es necesaria la identificación de los fósiles y la realización de listados paleoflorísticos, los que son comparados con los listados actuales (Axelrod y Bailey, 1969, Hickey, 1977, Tiffney, 1978). Uno de los problemas en la aplicación de este método es la correcta identificación de los taxa presentes en la flora fósil, ya que una identificación incorrecta resultará en una inferencia errónea del paleoclima que existió. Esto es importante debido a que, anteriormente, la determinación taxonómica de las hojas fósiles se realizaba por su parecido morfológico con alguna especie viviente. Estudios realizados por Dilcher (1974), empleando caracteres de la arquitectura foliar, con la flora identificada de los depósitos del Eoceno de Tennessee (Berry, 1916) y Kentucky (Berry, 1930), muestran que el 60% de las especies encontradas se encuentran mal identificadas. Además

al incrementarse la edad de la flora, el número de identificaciones incorrectas es mayor, por lo que la estimación del paleoclima con este método es más inexacta

El segundo método hace inferencias del clima por medio de correlaciones entre atributos particulares de las plantas y los parámetros climáticos, tiene como base la respuesta adaptativa de las plantas a condiciones de estrés ambiental ( Wolfe y Hopkins, 1967, Wolfe, 1969, 1971, Dilcher, 1973; Dolph y Dilcher, 1979); como puede observarse este método no depende de la identificación de los taxa de la flora fósil, ni de su relación con representantes actuales. Hay siete caracteres fisonómicos que se considera tienen correlación con el clima: 1) el tamaño de la hoja (Raunkier, 1934); 2) margen de la hoja (Bailey y Sinnott, 1915, 1916), 3) tipo de ápice (Wolfe, 1969); 4) organización (si son simples o compuestas) (Bailey y Sinnott, 1916); 5) patrón de venación primaria (Bailey y Sinnott, 1916, Manze, 1968); 6) textura de la hoja (Wolfe, 1969) y 7) forma de la base de la hoja (Howard, 1969) De estos, el margen de la hoja es el que mejor se distingue en el material fósil, por lo que es el más utilizado para la estimación del paleoclima (Wolfe, 1971); los otros siete son más difíciles de distinguir debido a la naturaleza fragmentaria de los fósiles

Entre los estudios que comprueban la correlación del clima o con alguno de sus parámetros con los caracteres mencionados son. el tipo de margen, usado inicialmente por Bailey y Sinnott (1915, 1916), ha sido corroborado al realizar estudios de floras regionales, donde se ha encontrado que la proporción de especies con un tipo de margen indican la temperatura media anual que se presenta, así el margen dentado es típico de climas templados y húmedos, ya que los dientes funcionan como bombas que reparten el agua continuamente en la hoja, mientras el margen entero evita la pérdida de agua en condiciones más calientes, por lo que su presencia indica una mayor temperatura (Wolfe, 1969; Dilcher, 1973, Dolph y Dilcher, 1979, Wolfe, 1993); así el margen es considerado como un excelente termómetro en la estimación de este parámetro (Wilf, 1997) El tamaño de la hoja, que fue correlacionado con la humedad del ambiente por Raunkier (1934), fue corroborado en estudios recientes, por lo que en condiciones de déficit de agua las hojas son pequeñas (con una longitud menor de 4.6 cm) evitando así pérdida de agua al reducir su transpiración (Daubenmire, 1982), mientras que las hojas grandes (longitud mayor de 7.6

cm) son características de ambientes con presencia de humedad y elevada precipitación (Wolfe, 1978). Sin embargo, estos estudios sólo han considerado un solo carácter y usado análisis univariados. Estudios posteriores consideran un mayor número de estados de carácter de la arquitectura foliar y han empleado análisis multivariados (Wolfe, 1993, Herman *et al.*, 1996; Wiemann *et al.*, 1998) En la actualidad, se ha desarrollado un programa de análisis multivariado clima-hoja (CLAMP, Climate Leaf Analysis Multivariate Program) (Wolfe, 1993), el cual ha calibrado la fisonomía foliar de 141 muestras de flora actual de Panamá, Puerto Rico, este y oeste de Estados Unidos, Japón y Norte de México, con nueve parámetros meteorológicos: la temperatura media anual, la del mes más cálido y la del mes más frío, la duración en meses de la estación de crecimiento, la precipitación en la estación de crecimiento, la media anual, la total de los tres meses más húmedos, la total de los tres meses más secos y la humedad relativa. Con este programa y con la fisonomía foliar de floras fósiles de diferentes edades se han estimado las paleotemperaturas y las paleoprecipitaciones en que se desarrollaron las mismas (Wolfe, 1994, Paleogeno, Herman y Spicer, 1996, Cretácico, Jacobs y Deino, 1996, Mioceno; Wiemann *et al.*, 1998, Eoceno, Velasco-De León, 1999, Oligoceno).

El registro fósil de las plantas comprende principalmente hojas, frutos, semillas, madera, fitolitos y polen, de estos las hojas han sido la fuente de información más ampliamente usada para estudiar la historia de las angiospermas, como en las discusiones sobre su origen (Takhtajan, 1969, 1991), su evolución y diversidad (Hickey y Doyle, 1972), su distribución a través del tiempo y del espacio (Axelrod, 1958) y en interpretaciones paleoclimáticas (Dilcher, 1973; Dorf, 1964, 1969; Wolfe, 1971).

Los estudios de paleobotánica que se han realizado en México son principalmente de naturaleza descriptiva; durante la primera mitad del siglo fueron realizados por extranjeros y la segunda parte ha empezado a ser realizada por investigadores del país. En cuanto a los estudios de tipo paleoecológico utilizando hojas fósiles estos son muy escasos, uno de los primeros fue el realizado por Velasco-De León (1999) para plantas de edad del Terciario en la formación Pie de Vaca en los alrededores de Tepexi de Rodríguez, Puebla, esto es debido a que los yacimientos de hojas fósiles de angiospermas son poco conocidos en nuestro país, y en los cuales las hojas no son muy abundantes y no están bien

preservadas. En el caso de la localidad de Santa María Amajac, las hojas fósiles se encuentran poco fragmentadas y son abundantes, por lo cual el presente trabajo tuvo como finalidad proponer el paleoclima y la paleocomunidad que se desarrolló en Santa María Amajac durante el Plioceno mediante la utilización de la arquitectura foliar de las hojas fósiles presentes.

**OBJETIVO GENERAL:**

Inferir el paleoclima y la paleocomunidad que se desarrolló en Santa María Amajac, estado de Hidalgo con base en la información proporcionada por la fisonomía de las hojas fósiles

**OBJETIVOS PARTICULARES:**

- Obtener las variables meteorológicas de la comunidad fósil mediante la interpretación de la fisonomía foliar.
- Inferir el paleoclima de la zona por medio de las variables meteorológicas obtenidas.
- Realizar un listado de las familias presentes en la comunidad fósil.



## ÁREA DE ESTUDIO

La localidad de estudio se encuentra aproximadamente a 4 km al SE de Santa María Amajac. En las coordenadas geográficas 20° 18' 19" N y 98° 42' 45" W, y en las coordenadas cartesianas 19 km N, 4.6 km W de Atotonilco el Grande en el estado de Hidalgo, con una altitud de 1900 msnm (figura 1).

El clima presente es templado subhúmedo con lluvias en verano "C(w2)", con una temperatura media anual entre los 14° y 20°C, una precipitación media anual de 600 a 1000 mm. La vegetación que se desarrolla actualmente en la región es un matorral xerófilo

### Geología

La localidad se encuentra en la porción Norte-Centro de la provincia geológica Eje Neovolcánico, entre la Sierra de Pachuca y la Sierra Madre Oriental y pertenece a la Formación Atotonilco el Grande (Beltrán-Romero y Luna-Gómez, 1994).

La Formación Atotonilco el Grande está caracterizada por corrientes y aglomerados de basalto, depósitos clásticos de relleno no consolidados intercalados con basalto y lentes de caliza lacustre ampliamente dispersas. La formación entera tiene un espesor de 500 a 600 m (Segerstrom, 1961). La formación está siendo erosionada rápidamente y pueden observarse cañones profundos producto de las corrientes de los ríos Amajac y Metztlán, donde se observan grandes secciones de la formación así como secciones subyacentes de roca volcánica continental conocida como grupo Pachuca de edad Oligoceno Temprano-Mioceno, rocas sedimentarias denominadas conglomerado de Amajac, de edad Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano, y en algunas partes secciones de rocas pertenecientes a la Formación El Abra y Formación Soyatal de edad cretácica (Segerstrom, 1961; Beltrán-Romero y Luna-Gómez, 1994). Por su distribución y la etapa de erosión que presenta, la edad de la Formación Atotonilco el Grande se propone sea ubicada en el Plioceno Tardío-Pleistoceno Temprano (Segerstrom, 1961).

## Litología, ambiente de depósito y procesos de fosilización en Santa María Amajac

El afloramiento estudiado tiene en la localidad un espesor aproximado de 14.5 m y se caracteriza por presentar tres tipos de rocas, bien definidas por granulometría: conglomerados, areniscas y lutitas. Los conglomerados localizados en la parte superior tienen un espesor aproximado de 2-2.5 metros; las lutitas y las areniscas se encuentran intercaladas y su espesor es variable a lo largo del afloramiento, en ambos materiales se encuentran hojas fósiles con diferente grado de preservación, entre estas capas se observa una pequeña lámina de limonita que permite la preservación de algunos caracteres finos de las hojas fósiles, la secuencia de estos tipos es alternada. El material fósil es abundante, generalmente completo, aunque en algunos casos faltan principalmente los ápices. Las hojas de mayor tamaño se hallan fragmentadas, las hojas se presentan como impresiones, además que se han encontrado frutos permineralizados.

### Estudios previos

Para la región se tienen diversos estudios, los que se mencionan a continuación en orden cronológico:

En 1902 en su reporte de los criaderos de fierro de la Hacienda de Vaquerías en el estado de Hidalgo, Villarello y Bose mencionan el rescate de fragmentos de molares y de material postcraneal de un gonfoterio (*Mastodon shepardii*?) y molares de caballo (*Equus exultans*) encontrados entre las corrientes de labradorita y de basalto del Terciario en la mina Transvaal, además de un molar de mamut (*Elephas primigenius*, probablemente se trate de *Mammuthus columbi*) localizado a dos metros de profundidad de la superficie, en capas que cubren los basaltos del Terciario.

Freudenberg (1922) durante la revisión del material almacenado en el Instituto Geológico de México, describe una variedad de gonfoterio *Mastodon oligobums* var. *antiquissima*, con un tercer molar inferior derecho encontrado en las capas del Plioceno del Valle de Amajac, Hidalgo, de acuerdo con la revisión que realiza Osborn (1936) corresponde al género *Cordillerion* quedando como *Cordillerion oligobums antiquissimus*.

(con las revisiones actuales en realidad corresponde al género *Cuvieronius*, *Cuvieronius olgobunus antiquissimus*) Esta localidad junto con otra reportada para el municipio de Atotonilco el Grande, son las únicas incluidas para la región por Barrios-Rivera (1985) en el estudio analítico del registro paleovertebradológico de México que realiza

Beltrán-Romero y Luna-Gómez (1994) durante el estudio geológico de la región de Santa María Amajac reportan la recolecta de una hoja de angiosperma en capas de toba pumicitica al sureste del poblado El Paso de Amajac, así como del caracol de agua dulce *Planorbis* sp en estratos arcillosos de toba lítica en el poblado de Sanctorum, asignándole una edad del Plioceno Tardío-Pleistoceno

Castillo-Cerón (1994) durante las prospecciones realizadas en el estudio de bioestratigrafía de los sedimentos continentales del área de Zacualtipán, Hidalgo, señala para el área de Santa María Amajac cinco localidades con restos de vertebrados fósiles La Pinta de Vaquería con molares de caballo (*Equus* sp.), una vértebra cervical de mamut (*Mammuthus* sp) y molares de un roedor (*Peromyscus* sp), Santa Cruz de Amajac con molares de gonfoterio (*Cuvieronius* sp.) y un fragmento de molar de jabalí (*Platygonus* sp.), La Moneda con un fragmento de mandíbula y maxilar de jabalí (*Platygonus* sp). El Fronton con un molar de caballo (*Equus* cf *E. conversidens*) y Puerta de las Lajas con una hemimaxila y molares de oso (*Tremarctus* cf *T. floridanus*). Con este material se le asigna al área una edad del Blancano Tardío-Pleistoceno Temprano

Castillo-Cerón *et al.* en 1996 integran una localidad más para la región de Santa María Amajac que corresponde a la denominada La Curva donde reportan un molar de caballo (*Equus simplicidens*) Además de realizar una revisión de las otras localidades, integrando más material ( molar de conejo, *Sylvilagus* cf *S. floridanus*, en La Pinta de Vaquerías y un calcaneo de perezoso, *?Paramylodon* sp, en La Moneda) así como la modificación de algunas de las identificaciones previas del material (en La Pinta de Vaquerías la vértebra de proboscidio es cf *Mammuthus* sp, en Santa Cruz de Amajac los molares de gonfoterio son cf *Cuvieronius* sp y en El Fronton los molares de caballo corresponden a *Equus conversidens*) Reportan además impresiones de plantas en estratos de ceniza volcánica en La Curva, Santa Cruz de Amajac, La Moneda, El Fronton y La Puerta de las Lajas

Carranza-Castañeda y Miller (1998) reportan para el área de Santa María Amajac restos de caballo (*Equus simplicidens*), de gonfoterio (*Rhynchotherium* sp.), fragmentos de mandíbula de oso (*Tremarctus* sp.) y mandíbula de jabalí (*Platygonus* sp.), con una edad correspondiente al Blancano para el área por la presencia de estos vertebrados

Para la localidad de Santa Cruz de Amajac se han realizado dataciones radiométricas con cristales de Zircon y Sanidino embebidos en el material fósil, por la técnica de *fission track* da una edad de  $4.2 \pm 0.3$  millones de años, usando isótopos de argón ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ) da una edad de  $4.57 \pm 0.02$  millones de años (Kowallis *et al.*, 1998)

Para la localidad de estudio no se tienen reportes previos sobre la existencia de fósiles. Actualmente dentro de los estudios realizados con el material recolectado y depositado en la Colección paleontológica de la Facultad de Estudios Superiores (FES) Zaragoza, UNAM, se tiene la identificación taxonómica de algunas de las hojas presentes en la colección (Ortiz-Martínez y Velasco-De León, 2000, Velasco-De León y Aguilar-Arellano, 2000)

Sobre la edad del afloramiento no se tiene una datación radiométrica, pero de acuerdo a la fauna encontrada y los fechamientos realizados en la región, a las características litológicas observadas en el afloramiento, a que se encuentra por debajo de las corrientes de basalto y a que las capas sobreyacentes a este material son del Pleistoceno Tardío, ya que en ellas se encontró un molar de *Mammuthus columbi* (Villarello y Bose, 1902) especie característica de este periodo, la edad probable del afloramiento corresponde al Plioceno

## MATERIAL Y MÉTODO:

El estudio se realizó con material recolectado desde 1996 en la localidad de Santa María Amajac, Hidalgo y depositado en la colección paleontológica de la FES Zaragoza, UNAM. Durante 1998 se realizaron cinco salidas más, con lo que se complementó la muestra de estudio.

Al material fósil se le aplicaron las técnicas de limpieza mecánica con un percutor Cfratsman modelo 402111 y agujas de disección, con el objeto de distinguir mejor las características de los ejemplares. Posteriormente, se realizó la descripción de la arquitectura foliar empleando para las observaciones un microscopio estereoscópico Olympus SH10. Para cada hoja fósil se registraron 31 estados de carácter (Wolfe, 1993; Herman *et al.*, 1996), que se enumeran y describen en el cuadro 1.

También se realizaron recolectas de hojas actuales en diferentes tipos de vegetación en los estados de Puebla e Hidalgo, con un total de diez localidades. Las muestras de las hojas actuales fueron tomadas de arbustos y árboles de angiospermas exclusivamente tratando que estas representaran un mínimo de 20 especies. Estos ejemplares se herborizaron en campo, para su traslado al laboratorio.

Con las hojas de comunidades actuales recolectadas también se llevó a cabo la descripción de la arquitectura foliar, tomando para cada especie recolectada 20 hojas al azar en el caso de las hojas compuestas 20 folíolos, describiendo para cada hoja o folíolo los 31 estados de carácter (cuadro 1), observando el espectro fisonómico de cada estado en la especie (Wolfe, 1993).

El registro para cada estado de carácter presente se describe a continuación (Wolfe, 1993, Herman *et al.*, 1996):

Para el estado de carácter lobado recibe un cero si no se presenta, 0.5 si algunas son lobadas y otras no, y uno si todas las hojas son lobadas.

Si el margen es entero en todas las hojas o folíolos recibe uno, 0.5 si algunas son dentadas y otras no, y cero si todas dentadas.

Si los dientes son regulares y todas las hojas o folíolos son dentados reciben uno, 0.25 si los dientes son regulares e irregulares (el espaciamiento de los dientes es distinto

entre cada uno) y algunas son dentadas y otras no, 0.5 si los dientes son solamente regulares y algunas tienen dientes y otras no; 0.5 si los dientes son regulares e irregulares y todas son dentadas, y cero si no son dentadas.

Si los dientes son cerrados y todas las hojas o folíolos son dentados reciben uno, 0.25 si los dientes son cerrados o tienen otro tipo de diente, y algunas tienen dientes y otras no; 0.5 si los dientes son solamente cerrados y algunas son dentadas y otras no; 0.5 si los dientes son cerrados o no y todas son dentadas, y cero si todas no son dentadas.

Si el diente es redondo y todas las hojas o folíolos son dentados reciben uno; 0.25 si los dientes son redondos y agudos y algunas son dentadas y otras no; 0.5 si los dientes son solamente redondos y algunas son dentadas y otras no; 0.5 si los dientes son redondos y agudos y todas son dentadas, y cero si todas no presentan dientes

Si el diente es agudo y todas las hojas o folíolos son dentados reciben uno; 0.25 si los dientes son redondos y agudos, y algunas tienen dientes y otras no; 0.5 si los dientes son agudos, y algunas son dentadas y otras no; 0.5 si los dientes son agudos y redondos y todas son dentadas, y cero si las hojas no son dentadas.

Si las hojas o folíolos dentados tienen al menos 50% de dientes compuestos reciben un registro de uno, si tienen menos del 50% de dientes compuestos 0.5, y cero si no los tienen.

En cuanto a el tamaño de la hoja, si estas presentan una sola categoría de tamaño reciben uno; si la especie presenta dos categorías recibe 0.5 en ambas, si tiene tres 0.33 en cada una y así sucesivamente.

Si el ápice es emarginado en algunas o en todas las hojas o folíolos reciben uno, y cero si no se presenta este estado. Si es redondo, agudo y/o atenuado, recibe uno si sólo se presenta un estado (cualquiera que este sea) en la muestra, si presenta dos 0.5 en cada uno, y si están presentes los tres 0.33

En cuanto a la base las tres categorías suman un total de 1 para cada hoja, por lo que si un tipo de hoja presenta los tres estados recibe 0.33 cada uno, si presenta dos 0.5 y uno si presenta solamente una categoría

Los cinco estados para la relación largo-ancho tienen una suma de 1 por cada tipo de hoja. Un tipo de hoja puede presentar un amplio rango de variación para este carácter.

por lo que recibe uno si presenta solamente una categoría, 0.5 si presenta dos, y así sucesivamente

En cuanto a la forma de la hoja, estos estados de carácter, también suman 1 para cada tipo. Recibe uno si sólo presenta una categoría, 0.5 si presenta dos y 0.33 si presenta los tres.

Realizado esto se hace una sumatoria para cada estado de carácter y se obtiene un porcentaje de representación dentro de cada categoría con el total de tipos de hojas en cada localidad. El porcentaje se da en números enteros, por lo que las fracciones se redondean, 0.5 o más sube al siguiente entero, 0.499 o menos baja al siguiente entero. En el caso de las hojas fósiles no todos los estados de carácter están preservados, por lo que la proporción se saca con el número total de especies que conserven ese estado de carácter (cuadro 2)

Obtenidos los porcentajes, estos se integran a la base de datos CLAMP (Climate Leaf Analysis Multivariate Program), que cuenta con datos de 141 localidades (CLAMP3B), (Herman *et al.*, 1996), así como de nueve localidades de la República Mexicana integradas a la base por Velasco-De León (1999), (Apéndice 1)

Una vez terminada esta matriz básica de datos se realizaron los siguientes análisis, primero la comunidad fósil con las localidades actuales recolectadas en este trabajo, y posteriormente con la base CLAMP3B.

#### Análisis de Agrupamiento.

Con el programa NTSYS-PC versión 1.60 (Rohlf, 1990) se obtuvo la matriz de similitud a partir de nuestra matriz básica de datos, el coeficiente de similitud empleado fue el SM (Simple matching), y como método de agrupamiento, el de ligamiento promedio de medias aritméticas no ponderadas (UPGMA, por sus siglas en inglés)

#### Análisis de componentes principales.

Se utiliza la misma matriz básica y después de tener la matriz de similitud se realiza el doble centro (para restringir la desviación de los datos), posteriormente se obtienen los eigenvectores y los eigenvalores para los estados de carácter, así como los correspondientes a la distribución de las comunidades en el espacio, este análisis también se realizó con el programa NTSYS-PC versión 1.60 (Rohlf, 1990).

#### Análisis de Correspondencia Canónica

Para el análisis de correspondencia canónica se utilizó el programa CANOCO versión 3.12 (Ter Braak, 1991), con este se realiza la correlación de los estados de carácter con los nueve parámetros ambientales que utiliza la base CLAMP (temperatura media anual, temperatura de los tres meses más cálidos, temperatura de los tres meses más fríos, precipitación media anual, duración de la estación de crecimiento en meses, precipitación total de los tres meses más húmedos, precipitación total de los tres meses más secos, precipitación en la estación de crecimiento y humedad relativa) (Wolfe, 1993). Para observar la distribución de las comunidades en el espacio se empleó el programa INTERCOOLED STATA versión 6.0 (STATA Corporation, 1999) y obtener una gráfica en dos dimensiones con los datos obtenidos del análisis. Para los parámetros meteorológicos esperados de la comunidad fósil se utilizaron las ecuaciones basadas en la geometría de la representación ortogonal de los vectores en el espacio entre el eje 1 y el eje 2 (Apéndice 2), resultantes del análisis de correspondencia canónica, utilizando EXCEL versión 5.0 (Microsoft Corporation, 1994) (Herman *et al.*, 1996).

Para el aspecto taxonómico con los ejemplares fósiles más completos se siguió la clave de Hickey y Wolfe (1975), determinándose sólo a nivel de familia.

En el afloramiento, se realizó la medición y descripción de los estratos presentes, así como la determinación del tamaño de partícula del sedimento con tamices de diferente apertura de malla.



## RESULTADOS

Se recolectaron muestras de flora en diez localidades actuales (cuadro 3).

Con el material fósil recolectado en este estudio y el que se encuentra almacenado en la colección de la FES Zaragoza, se tiene un total de 525 ejemplares, de acuerdo con su arquitectura foliar corresponden a 39 tipos (cuadro 2)

Con relación a la litología del afloramiento se observaron diferentes estructuras primarias a lo largo del mismo como estratificación cruzada y grietas de desecación, además de la alternancia de estratos con diferente tipo de sedimento, arcillas y areniscas (con un tamaño de partícula de 0.1250mm y 0.59 mm respectivamente) que indican diferente velocidad de sedimentación, hallándose fósiles con diferente grado de conservación en ambos sedimentos.

Para inferir la paleocomunidad presente durante el Plioceno de Santa María Amajac se realizaron tres análisis, primero con las comunidades actuales de los estados de Puebla e Hidalgo y posteriormente con las de la base CLAMP, obteniendo diferentes resultados

En el caso del análisis de similitud hecho con Santa María Amajac (representado con el 151), y con las comunidades recientes recolectadas en este estudio, se agrupan tres comunidades, dos corresponden a un matorral espinoso (153, 155) y una a un bosque de galería (160), con un índice de similitud de 0.054 (Figura 3). Con la base CLAMP se le agrupa con un bosque de hoja ancha siempre verde, con un índice de similitud de 0.111 (Figura 4)

En el caso del análisis de componentes principales, Santa María Amajac, no se agrupa con ninguna localidad de los estados de Puebla e Hidalgo (Figura 5) Con las localidades de CLAMP tiene un parecido fisonómico con un bosque semidecídulo (121) (Figura 6, cuadro 4)

Con el análisis de componentes principales aplicado a los 31 estados de carácter, para conocer que caracteres tienen mayor peso en la distribución de las localidades en el espacio, tenemos que para el eje 1 es el ápice de tipo emarginado, para el eje 2 la relación largo ancho 1-2 1 y para el eje 3 la forma elíptica (cuadro 5)

En el caso del análisis de correspondencia canónica, al graficar los dos primeros ejes obtenidos en este análisis (cuadro 6), Santa María Amajac se encuentra separada de las comunidades actuales recolectadas en este estudio (figura 7). mientras que con las de la base CLAMP se encuentra muy cercana a dos localidades que presentan una vegetación de chaparral y de bosque de galería (41 y 44) (Figura 8) La cercanía con estas localidades indica el parecido fisonómico entre las tres

Con base en los 39 tipos de hojas, se identificaron cuatro familias. Platanaceae (figura 9, c), Salicaceae (figura 9, a), Rosaceae (figura 9, b) y Fagaceae (figura 9, d) (cuadro 7)

Los parámetros climáticos obtenidos con la fisonomía foliar de los fósiles, son: temperatura media anual de 16.7°C; temperatura para los tres meses más cálidos de 26.4°C; y para los tres meses más fríos de 7°C, precipitación media anual de 650 mm; con una duración de la estación de crecimiento de nueve meses, una precipitación total de 280 mm para los tres meses más húmedos; de 51 mm para los tres meses más secos y de 92 mm de precipitación durante la estación de crecimiento (cuadro 8)

## DISCUSIÓN

Un aspecto muy importante para los estudios paleoecológicos, y sobre todo para una reconstrucción, es que la comunidad fósil sea autóctona, es decir que haya fosilizado *in situ* (Spicer, 1981) Esto es posible de determinar mediante la utilización de la litología, las estructuras sedimentarias internas y los mismos fósiles. En el caso de los fósiles de Santa María Amajac, el gran número de ejemplares completos, su abundancia, el grado de preservación que presentan y la disposición horizontal en la que se encuentran, indican que la comunidad es autóctona.

En cuanto a su litología, los fósiles se encuentran en dos tipos de sedimentos, uno de areniscas y otro de lutitas, que indican diferente velocidad de depositación del sedimento (estratificación graduada), lo que señala diferentes condiciones en el ambiente. Este tipo de litología es alternante a lo largo del afloramiento y podría indicar diferentes estaciones.

Existen dos estructuras primarias internas que presentan los sedimentos, además de la estratificación graduada la estratificación cruzada y las grietas de desecación. La estratificación cruzada, evidencia la presencia de una corriente de agua local, mientras que las grietas de desecación demuestran una exposición periódica al aire, lo cual es resultado de periodos de condiciones terrestres transicionales de larga duración (Laporte, 1974; Davis, 1992). Por lo tanto, se puede decir que la comunidad de Santa María Amajac, se desarrolló cerca de un cuerpo de agua, con temporadas alternantes de gran humedad y de sequía.

Para la reconstrucción de comunidades vegetales por su parecido fisonómico se han utilizado diferentes análisis multivariados (Benton y Harper, 1997), los cuales tienen ciertas ventajas y desventajas.

En el caso de la localidad de Santa María Amajac se realizaron tres análisis: agrupamiento, componentes principales y correspondencia canónica. Primero, con las localidades de los estados de Puebla e Hidalgo y después con las de la base CLAMP.

En el primer caso, con el análisis de similitud el agrupamiento de Santa María Amajac es con tres comunidades, dos del estado de Puebla y una de Hidalgo (figura 3) con un índice de similitud de 0.054, el cual es muy bajo, que al comparar los porcentajes de

cada estado de carácter lo que agrupa a la comunidad fósil con estas es la ausencia de representación de los estados de carácter tamaños de hoja mesofilo 2 y 3 así como el ápice emarginado, pero lo importante son los caracteres que están representados (cuadro 9) Utilizando la base CLAMP, Santa María Amajac se agrupa con sólo una comunidad con un índice de similitud de 0.111 (figura 4), el cual también es bajo Esta agrupación se debe al mismo porcentaje de representatividad de los estados de carácter de la base redonda y el tamaño microfilo 2, sólo dos de los 31 estados de carácter que se describen (cuadro 9). En trabajos de botánica actuales un índice de similitud de 0.80 describe una afinidad estrecha entre las unidades taxonómicas, en el caso de los fósiles un criterio del 0.70 en similitud se considera una afinidad estrecha entre dos unidades, por lo que estas agrupaciones se descartan, ya que el porcentaje de similitud que presentan es muy bajo lo que está indicando que no existe una semejanza con nuestra comunidad fósil

En el análisis de componentes principales, el arreglo entre las comunidades se da por que algunos caracteres tienen más peso que otros, al contrario que el de agrupamiento donde todos los caracteres tienen el mismo peso, en este caso los caracteres responsables del agrupamiento son el ápice emarginado, la relación largo ancho 1-2.1, la cual es una medida indirecta del tamaño y la forma elíptica (cuadro 5), que coincide con los caracteres fisonómicos que tienen correlación con el clima (Bailey y Sinnott, 1915, 1916, Wolfe, 1969, 1993).

En este análisis entre más cercanas se encuentren las comunidades en el espacio mayor es su parecido, con las comunidades actuales de los estados de Puebla e Hidalgo, Santa María Amajac no se agrupan, lo que está indicando que no tienen parecido fisonómico alguno (figura 5) Con la base CLAMP, con la única comunidad que se ve próxima (figura 6, cuadro 4), tiene el mismo porcentaje de representatividad en la relación largo-ancho  $>4.1$  y muy semejante con el porcentaje de representatividad de la base cordada (cuadro 9), pero son los únicos caracteres que tienen parecido, por lo que este tipo de comunidad no pudo ser nuestra comunidad fósil, ya que estos no son los responsables del arreglo de la agrupación entre las comunidades Además, este análisis sólo puede evaluar dos variables que son comunidades y fisonomía, y deja afuera a los parámetros

climáticos que son otro aspecto muy importante para la determinación de la fisonomía de las comunidades

El análisis de correspondencia y el análisis de correspondencia canónica son de los nuevos análisis estadísticos multivariados que correlacionan caracteres de las hojas con variables climáticas y localidades. En este estudio se empleó el análisis de correspondencia canónica, el cual ordena los sitios con los datos de fisonomía (caracteres de las hojas) y los datos meteorológicos simultáneamente en un espacio multidimensional (Herman y Spicer, 1996; Herman *et al.*, 1996) La ubicación de la localidad fósil se debe a los caracteres fisonómicos de la paleocomunidad y los datos meteorológicos calibrados con los actuales por medio de regresiones polinomiales de segundo grado, ya que los datos fósiles entran como pasivos al análisis. Sólo se utilizaron los dos primeros ejes resultantes de este análisis (cuadro 6) debido a que en ellos recae el 70% de la variabilidad, los valores máximos en el eje 1 son para la temperatura y en el eje 2 para la precipitación (Wolfe, 1993; Herman *et al.*, 1996) (figura 7 y 8) Por lo que entre más cerca se encuentren las comunidades existe un mayor parecido fisonómico. Con respecto a las comunidades recolectadas en este estudio y la localidad fósil no hay una cercanía entre ellas (figura 7), por lo tanto nuestra comunidad fósil no se asemeja a ninguno de los tipos de comunidades recolectados

En el caso de las comunidades que integran la base CLAMP, nuestra comunidad fósil se encuentra muy cercana a dos de ellas (figura 8), ambas presentan el mismo tipo de vegetación, chaparral con vegetación riparia en los ríos que se encuentran cercanos a donde se realizaron las recolectas (Wolfe, 1993) Los caracteres más parecidos entre estas comunidades son margen entero, los tamaños nanofila, leptofila 2, microfila 2 y mesofila 3, así como la relación largo ancho >4:1, los demás caracteres varían un poco más sobre la proporción en la que se presentan (cuadro 9). Por lo que la paleocomunidad que se desarrolló en Santa María Amajac fue un chaparral y probablemente junto a una vegetación de galería, hecho que se confirma por las evidencias litológicas que nos indican la cercanía de un cuerpo de agua y con las identificaciones realizadas para algunos de los fósiles, como son la familia Platanaceae con el género *Platanus* (figura 9, c), que es característico de esta vegetación, así como otros elementos riparios pertenecientes a las familias Salicaceae y Rosaceae, identificados en este estudio (figura 9, a y b), además de la familia Fagaceae

con el género *Quercus* que también se localiza en vegetación de chaparral, y en la comunidad fósil es muy abundante y diverso (figura 9, cuadro 7) (Ortíz-Martínez y Velasco-De León, 2000, Velasco-De León y Aguilar-Arellano, 2000)

Para la estimación de los parámetros meteorológicos de la localidad de Santa María Amajac durante el Plioceno, empleando la base CLAMP, es requisito que al menos 20 especies se encuentren representadas en la comunidad fósil. Por una parte, debido a que en diferentes localidades fosilíferas se ha observado que las paleocomunidades vegetales se encuentran representadas con este número (Wolfe, 1993), y por otra, si el número de especies es menor a 15, puede afectar las estimaciones de los parámetros meteorológicos (Herman *et al.*, 1996) En el caso de Santa María Amajac, este problema no se presenta ya que de los 525 ejemplares que se tienen de la zona, se han encontrado 39 tipos de hojas (cuadro 2), por lo que no se afectan las estimaciones de los parámetros climáticos para la localidad fósil, teniendo así que la temperatura media anual obtenida tiene un margen de error de  $\pm 1-2^{\circ}\text{C}$  y para la temperatura del mes más frío de  $1.5-2^{\circ}\text{C}$  (Wolfe, 1993)

Para inferir el clima que se desarrolló en Santa María Amajac durante el Plioceno con los parámetros meteorológicos estimados, existe la propuesta realizada por Wolfe (1978) donde la escala se da por los rangos de la temperatura media anual. De acuerdo con ella, el clima para la localidad corresponde a uno de tipo mesotermal, pues la temperatura media anual esta dentro del rango propuesto ( $13^{\circ}-20^{\circ}\text{C}$ ) Sin embargo, esta propuesta es tomada para la región de Estados Unidos, que corresponde a latitudes diferentes, por lo que no puede ser aplicada a nuestra comunidad. Por lo tanto, con los valores de la temperatura media anual, la temperatura de los tres meses más fríos, de los tres meses más cálidos y de la precipitación media anual, según García (1973), el clima que se desarrolló en Santa María fue un clima templado subhúmedo. Lo cual se confirma al observar los caracteres de mayor representatividad en la paleocomunidad como son el margen entero, el tamaño microfilo 1 y 2, la relación largo ancho 2-3 1, la forma elíptica, el ápice y base de tipo agudo, que indican condiciones templadas y de humedad, así como un comportamiento perenne y de temperaturas cálidas (Wolfe, 1993) (cuadro 9)

## CONCLUSIONES

Se puede concluir que los objetivos planteados en este trabajo se cumplieron, ya que con la muestra utilizada por medio de la fisonomía de las hojas fósiles se pudo obtener las variables meteorológicas de la comunidad fósil y con ellas inferir el paleoclima. También con la fisonomía de las hojas, se infirió la paleocomunidad que se desarrolló en Santa María Amajac, y debido a lo completo del material identificar hasta familia algunos de los fósiles.

Por lo que en Santa María Amajac durante el Plioceno estaba presente una comunidad de vegetación de chaparral con vegetación riparia de un cuerpo de agua cercano, que la litología del afloramiento confirma, con elementos de las familias Platanaceae, Salicaceae, Rosaceae y Fagaceae. Con un clima templado subhúmedo.

Dentro de las líneas de investigación que surgieron al realizar este trabajo, se tienen a nivel de comunidades actuales y del afloramiento mismo.

En cuanto a las comunidades actuales se recomienda seguir recolectando diferentes tipos y en toda la república mexicana, ya que hay que recordar que debido a las características de nuestro país se tiene una diversidad de ambientes, pero sobre todo obtener los parámetros meteorológicos de estas, por medio de algún centro meteorológico cercano y en caso de no existir por otro sistema como es el caso de la altitud, y comenzar una calibración de la fisonomía foliar de estas comunidades con las variables meteorológicas.

Con respecto a la localidad fósil, sería el de conocer la temporalidad que se encuentra representada en el afloramiento, ya que los diferentes estratos nos están indicando diferentes etapas y ver si hay un cambio del tipo de vegetación a través del tiempo.

Como la comunidad se desarrollaba cerca de un cuerpo de agua es importante evaluar si no corresponde a una localidad hipoa autóctona, es decir fosilizaron elementos propios de la comunidad así como elementos alóctonos arrastrados por este cuerpo de agua, por medio de el índice de elementos alóctonos.

## LITERATURA CITADA

- Axelrod, D I 1958. Evolution of the Madro-Tertiary geoflora. *The Botanical Review*, 24 433-509.
- Axelrod, D I y H. P. Bailey 1969 Paleotemperature analysis of Tertiary floras. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 6:163-195.
- Bailey, Y W y E W Sinnott 1915 A botanical index of Cretaceous and Tertiary climates. *Science*, 41:831-834.
- Bailey, Y W y E W Sinnott 1916 The climatic distribution of certain types of angiosperm leaves. *American Journal of Botany*, 3:24-39.
- Barrios-Rivera, H. 1985 Estudio analítico del registro paleovertebradológico de México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 474 pp. Inédita.
- Beltrán-Romero, F y P. Luna-Gómez 1994. Estudio geológico de la región de Santa María Amajac, Municipio de Atotonilco el Grande, Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. 131 pp.
- Benton, M. y D. Harper. 1997. *Basic Palaeontology*. Longman. England. 342 pp.
- Berry, E. W. 1916. The Lower Eocene floras of southeastern North America. U. S. Geological Survey Professional Paper, 91:1-481.
- Berry, E. W. 1930. Revision of the Lower Eocene Wilcox flora of the southeastern states. U. S. Geological Survey Professional Paper, 156:1-196.
- Carranza-Castañeda, O y W. E. Miller 1998. Paleofaunas de vertebrados de las cuencas sedimentarias del Terciario Tardío de la faja volcánica transmexicana. Pp. 85-95, *in*: Avances en Investigación, Paleontología de vertebrados (O. Carranza-Castañeda y D. A. Córdoba-Méndez, eds.) Publicación especial. Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo. 126 pp.



- Castillo-Cerón, J. M. 1994. Bioestratigrafía de los sedimentos continentales del área de Zacualtipán (Mioceno Tardío) estado de Hidalgo. México. Tesis de Maestría Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 55 pp
- Castillo-Cerón, J. M., M. A. Cabral-Perdomo y O. Carranza-Castañeda. 1996. Vertebrados fósiles del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Pachuca, Hidalgo. 127 pp.
- Daubenmire, R. F. 1982. Ecología vegetal: tratado de autoecología de plantas. Limusa México. 496 pp
- Davis, R. A. 1992. Depositional systems: an introduction to sedimentology and stratigraphy. 2a ed. Prentice Hall. USA. 604 pp
- Dilcher, D. L. 1973. The Eocene floras of southeastern North America. Pp 39-59, in: Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America (A. Graham, ed.) Elsevier. New York. 393 pp.
- Dilcher, D. L. 1974. Approaches to the identification of angiosperm leaf remains. The Botanical Review, 40(1):1-157.
- Dolph, G. E. y D. L. Dilcher. 1979. Foliar physiognomy as an aid in determining paleoclimate. Palaeontographica, Abteilung B, 170. 151-172.
- Dorf, E. 1964. The use of fossil plants in a paleoclimatic interpretation (pp 13-30). In Nairn, A. E. M. (ed.) Problems in paleoclimatology. Interscience London. 705 pp.
- Dorf, E. 1969. Paleobotanical evidence of Mesozoic and Cenozoic climatic changes. Proceedings North American Paleontology Convention, part D. 323-346
- Freudenberg, W. 1922. Die säugetierfauna des Pliocäns und Postpliocäns von Mexiko: Mastodonten und Elephanten. Geologische und palaeontologische abhandlungen, 14. 103-176.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana) 2a. ed. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. 252 pp
- García, E. 1986. Apuntes de climatología. 5a. ed. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 155 pp
- Greenwood, D. R. 1992. Taphonomic constraints on foliar physiognomic interpretations of

- Late Cretaceous and Tertiary palaeoclimates. Review of Palaeobotany and Palynology, 71.149-190
- Givnish, T. J. 1979 On the adaptative significance of leaf form. Pp 375-407, *in*: Topics in plant population biology (O. T. Solbrig, S. Jain, G. B. Johnson, y P. H. Raven, eds) Columbia University Press. New York 589 pp
- Herman, A. B. y R. A. Spicer 1996 Paleobotanical evidence for a warm Cretaceous Arctic Ocean Nature, 380.330-333
- Herman, A. B., R. A. Spicer y J. A. Wolfe. 1996 A guide to obtaining a CLAMP analysis Pp 1-10, *in*: Special contributions Royal Holloway & Bedford New College (M. E. Collinson, ed.). University of London, U. K. 10 pp
- Hickey, L. J. 1974. Clasificación de la arquitectura foliar de las hojas dicotiledóneas Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 16(1) 1-26.
- Hickey, L. J. 1977. Stratigraphy and paleobotany of the Golden Valley Formation (Early Tertiary) of western north Dakota. The geological Society of America Memoir, 150.
- Hickey, L. J. y J. A. Doyle 1972. Fossil evidence on evolution of angiosperm leaf venation. American Journal of Botany, 56 661
- Hickey, L. J. y J. A. Wolfe. 1975 The bases of angiosperm phylogeny; vegetative morphology. Annals of the Missouri Botanical Garden, 62(3):456-458
- Howard, R. A. 1969 The ecology of an elfin forest in Puerto Rico, 8 Studies of stem growth and form of leaf structure J. Arn. Arb. 50:225-262.
- Jacobs, B. F. y A. L. Deino. 1996 Test of climate-leaf physiognomy regression models, their application to two Miocene floras from Kenya, and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of the Late Miocene Kapturo site Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 123:259-271.
- Kowallis, B. J.; C. C. Swisher; O. Carranza-Castañeda; W. E. Miller y D. G. Tingey 1998 Preliminary dates in selected late tertiary vertebrate faunas from Mexico Pp 10-35, *in*: Avances en Investigación, Paleontología de vertebrados (O. Carranza-Castañeda y D. A. Córdoba-Méndez, eds) Publicación especial Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo 126 pp

- Laporte, L. F. 1974 *Los ambientes antiguos*. Omega Barcelona. 116 pp
- López-Ramos, E. 1993. *Geología general y de México* 7a. ed. Trillas. México 288 pp
- Manze, U. 1968 *Die nervaturdichte der Blätter als Hilfsmittel der Palaoklimatologie*.  
Wilhelm Stollfuß Verlag, Bonn 103 pp
- Microsoft Corporation 1994. EXCEL versión 5.0 USA
- Ortiz-Martínez, E. L. y M. P. Velasco-De León. 2000 Estudio de taxonomía numérica de  
hojas fósiles de Santa María Amajac del Plioceno del estado de Hidalgo. Pp 54-55,  
*in*: VII Congreso Nacional de Paleontología y I Simposio Geológico en el Noreste  
de México. 22-28 julio 2000. Libro de Resúmenes (J. G. López-Oliva, J. A. Arz-Sola, T  
Cossio-Torres, H. De León-Gómez, J. L. Martínez, F. Medina-Barrera, J. A.  
Ramírez-Fernández, eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 123 pp
- Osborn, H. F. 1936 *Proboscidea. a monograph of the discovery, evolution, migration, and  
extinction of the mastodonts and elephants of the world. I Moeritherioidea,  
Deinotherioidea, Mastodontoidea*. American Museum of Natural History, New  
York 802 pp
- Raunkier, C. 1934 *The life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon  
University Press. Oxford. 632 pp
- Rohlf, F. J. 1990. NTSYS-pc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System  
Versión 1.60. Applied Biostatistics Inc New York.
- Rzedowski, J. 1983. *Vegetación de México*. Limusa. México 432 pp
- Segerstrom, K. 1961 *Geología del suroeste del estado de Hidalgo y del noreste del estado  
de México*. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 13:147-168.
- Spicer, R. A. 1981 *The sorting and deposition of allochthonous plant material in a modern  
environment at Silwood Lake, Silwood Park, Berkshire, England* U S Geological  
Survey Professional Paper, 1143.1-77
- Spicer, R. A. 1991 Chapter 3: Plant taphonomic processes Pp 71-113. *in*: Taphonomy  
releasing the data locked in the fossil record (P. A. Allison y D. E. G. Briggs, eds.)  
Plenum Press New York 560 pp
- STATA Corporation 1999 *Intercooled Stata 6.0 for Windows 98/95/NT* USA

- Takhtajan, A. 1969. Flowering plants origin and dispersal Smithsonian Institution Press. Washington 310 pp
- Takhtajan, A. 1991. Evolutionary trends in flowering plants Columbia University Press, U S A. 241 pp
- Ter Braak, C J F. 1991. CANOCO versión 3.12 Agricultural Mathematics Group DLO The Netherlands.
- Tiffney, B H 1978. Climatic implications of the flora of the mid-Oligocene Brandon Lignite of west-central Vermont Botanical Society American, Misc Publication, 156:79.
- Velasco-De León, M. P. 1999. Estudio paleoecológico de una comunidad del Terciario en el estado de Puebla. Tesis de Doctorado Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México 120 pp.
- Velasco-De León, M P. y F. J Aguilar-Arellano. 2000 Presencia del género *Platanus* en la flora pliocénica de Santa María Amajac, estado de Hidalgo Pp. 83-84, in VII Congreso Nacional de Paleontología y I Simposio Geológico en el Noreste de México. 22-28 julio 2000 Libro de Resúmenes (J G. López-Oliva, J. A. Arz-Sola, T. Cossio-Torres, H De León-Gómez, J L. Martínez, F Medina-Barrera, J A Ramírez-Fernández, eds ). Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 123 pp
- Villareello, J y E Böse. 1902. Criaderos de fierro de la Hacienda de Vaquerías en el estado de Hidalgo. Boletín del Instituto Geológico Mexicano, 16:15-44
- Wiemann, W C., S R. Manchester, D L. Dilcher, L F Hinojosa y E A Wheeler 1998 Estimation of temperature and precipitation from morphological characters of dicotyledonous leaves American Journal of Botany, 85(2):1796-1802
- Wilf, P 1997 When are leaves good thermometers?: a new case for leaf margin analysis Paleobiology, 23(3) 373-390
- Wing, S L. y H D. Sues 1992 Mesozoic and early Cenozoic terrestrial ecosystems Pp 327-417, in Terrestrial ecosystems through time evolutionary paleoecology of terrestrial plants and animals (A K Behrensmeyer, J D Damuth, W A DiMichele, R Potts, H D Sues y S L. Wing, eds ) University Chicago Press, U S A 568 pp

- Wolfe, J A 1969 Paleogene floras from the gulf of Alaska region U S Geological Survey Open-file Rept., 1-114
- Wolfe, J A 1971 Tertiary climatic fluctuations and methods of analysis of Tertiary floras Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 9 27-57
- Wolfe, J A 1978 A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere. American Scientist, 66:694-703.
- Wolfe, J A. 1993. A method of obtaining climatic parameters from leaf assemblages. U S Geological Survey Bulletin, 2040:1-71.
- Wolfe, J A 1994 Alaskan palaeogene climates as inferred from the CLAMP database Pp. 223-237: *in* Cenozoic plants and climates of the Arctic (M C. Boulter y H C. Fisher, eds.) Springer, Berlin. 536 pp
- Wolfe, J A. y D M. Hopkins. 1967 Climatic changes recorded by land floras in northwestern North America Pp. 67-76, *n*: Tertiary correlations and climatic changes in the Pacific (K. Hatai, ed.). Symposium Pacific Sci Congress. 11th , Tokyo.

Cuadro 1 Descripción de los 31 estados de carácter utilizados en este estudio

	CARACTER	DESCRIPCIÓN
1	Lobado	Hoja con lóbulos (figura 2, b y c)
2	Entero	Margen de la hoja o del folíolo no presenta ninguna modificación (figura 2, a y b) Si las hojas o folíolos son dentados, se observa el tipo de diente y el espacio entre cada uno (figura 2, c-k)
3	Regular	La longitud del espacio de los costados de dos dientes adyacentes difieren al menos una tercera parte
4	Cerrado	Los costados basales de los dientes no son más largos que tres veces los costados apicales.
5	Redondo	El diente tiene un costado apical y uno basal convexo, y esta convexidad se extiende hasta la punta.
6	Agudo	Los costados apical y basal del diente forman una punta.
7	Compuestos	El diente tiene dientes pequeños en su costado basal. Tamaño de la hoja o folíolo de acuerdo a su longitud
8	Nanofila	< 1 cm
9	Leptofila 1	1 cm
10	Leptofila 2	1.1 - 2 cm
11	Microfila 1	2.1 - 4.2 cm
12	Microfila 2	4.3 - 7.2 cm
13	Microfila 3	7.3 - 12 cm
14	Mesofila 1	12.1 - 16.1 cm
15	Mesofila 2	16.2 - 30 cm
16	Mesofila 3	> 30 cm Tipo de Ápice (figura 2, l-s)
17	Emarginado	La parte más apical de la lámina forman una curva convexa hacia la base de la lámina.

## Continúa Cuadro 1

	CARACTER	DESCRIPCIÓN
18	Redondo	La cuarta parte más apical de la lámina tiene un margen con una curva convexa y los dos lados presentan la forma de una curva
19	Agudo	La cuarta parte más apical de la lámina tiene un margen que es recto y los dos lados forman un punto
20	Atenuado	La cuarta parte más apical de la lámina y el margen de ambos lados cambia de un margen lineal o convexo a un margen cóncavo y este se extiende en una distancia de al menos 1 cm.
	Forma de la base (figura 2, t-y)	
21	Cordada	La parte basal de la lámina se extiende basalmente más allá de su unión con el pecíolo.
22	Redonda	Más de la cuarta parte basal de la lámina tiene un margen convexo.
23	Agudo	Más de la cuarta parte basal de la lámina tiene un margen recto o cóncavo
	Relación largo-ancho (L:W), el ancho se toma en la parte más amplia de la lámina	
24	L:W < 1:1	
25	L:W 1 - 2:1	
26	L:W 2 - 3:1	
27	L:W 3 - 4:1	
28	L:W > 4:1	
	Forma de la lámina (figura 2, aa-cc), ubicación de la parte más ancha de la lámina	
29	Obovada	Localizada en más de la tercera parte apical de la lámina.
30	Elíptica	Se encuentra a la mitad de la hoja
31	Ovada	Localizada en más de la tercera parte basal de la lámina.

Los números son las claves utilizadas en la matriz de datos y en la base CLAMP.







Cuadro 3 Localidades de los estados de Puebla e Hidalgo, donde se realizaron colectas de vegetación actual

LOCALIDAD	COORDENADAS	TIPO VEGETACIÓN (Rzedowski, 1983)	DE ESPECIES COLECTADAS
Puebla			
152. Atoyatepac		Selva Baja	18
153. Calicanto	18° 21.981' N 97° 49.931' W 1850 msnm	Matorral espinoso	21
154. Zacapala 1	18° 36.270' N 98° 02.411' W	Bosque de galería	27
155. Zacapala 2	18° 37.074' N 98° 00.379' W 1257 msnm	Matorral espinoso	19
156. Ahuchuetes	18° 36.576' N 97° 55.248' W	Bosque de galería	24
Hidalgo			
157. Vaquerías	20° 27.669' N 98° 38.641' W 1900 msnm	Matorral espinoso	19
158. Nonoalco	1650 msnm	Bosque mixto	20
159. Cerro Blanco	20° 17.022' N 98° 45.86' W 1965 msnm	Bosque de encinos	16
160. Río Claro, Tamala	20° 55.369' N 98° 47.452' W 400 msnm	Bosque de galería	21
161. Real del Monte		Bosque de encino	21

Los números (152 al 161) son las claves de las localidades dentro de la base de datos CLAMP (Apéndice 1)

Cuadro 4. Eigenvectores resultantes del análisis de componentes principales. En negritas las localidades que se encuentran relacionadas con Santa María Amajac (151)

Localidades	Eje 1	Eje 2	Eje 3
1	0.18784	0 05103	-0.02012
2	0.24027	-0.18398	0.00566
3	0.07168	0.06873	-0.0192
4	0.30422	-0.00972	0.00009
5	0.16003	-0.02985	-0.08834
6	-0.09963	0 07073	-0.13492
7	0.25427	-0.04295	-0.00818
8	0.05733	0.04929	0.09697
9	0.16089	0.11513	0.09457
10	0.1761	0.20047	-0.05308
11	-0.01543	0.06705	-0.0949
12	0.12104	0.089	0.00679
13	0.02134	0.12603	-0.11173
14	0.23247	-0.11308	0.00723
15	0.12861	0.28076	-0.03285
16	0.06973	0.01886	-0.02931
17	0.14495	-0.09578	0.08431
18	0.21216	-0 03309	-0.02189
19	0.21253	-0 14443	0.11166
20	0.13074	0.25741	0.00843
21	0.15293	0.07385	0 06147
22	0.10019	0.13397	0.02838
23	-0.12721	0.04005	-0.20213
24	0.16762	-0.1833	-0.0319
25	0.10611	0 2571	-0.06426
26	0 16056	0.3436	-0.04409
27	0.08941	0.19068	0.0393
28	0 12722	0 34642	0.06219
29	0.10136	0.22135	-0 05486
30	0.18702	0.35515	0.006
31	0.16723	-0 22263	-0 06006
32	-0.15023	-0 01254	-0.23241
33	-0.13519	-0.00039	-0 32198
34	0 15398	0 17556	-0 03053
35	0.09189	0 12757	-0.10406
36	-0 03397	0 01767	-0 26739
37	-0 04045	-0 06413	-0.03285
38	0 04885	-0 04683	-0.05338

Continua Cuadro 4

Localidades	Eje 1	Eje 2	Eje 3
39	0.11212	0.04812	0.05013
40	0.14107	0.19965	-0.10624
41	0.19629	-0.11729	-0.17136
42	0.26054	-0.04144	0.09876
43	0.08731	-0.10016	0.02524
44	0.25281	-0.19203	0.08021
45	0.18349	0.23277	-0.01969
46	0.02521	-0.01639	-0.12555
47	-0.09167	0.08026	0.15165
48	0.10782	0.13292	0.00808
49	0.06983	-0.0063	-0.15765
50	0.02488	-0.0605	-0.11634
51	-0.00725	0.05214	-0.0008
52	-0.04775	-0.04859	0.00622
53	0.11563	0.07872	-0.10011
54	-0.05292	-0.04468	-0.1283
55	-0.12839	-0.01427	0.10097
56	0.13352	-0.00825	0.06136
57	-0.22857	-0.04888	-0.00551
58	0.17481	-0.29329	-0.0042
59	0.31353	-0.11483	0.01073
60	0.13381	-0.07168	-0.06575
61	0.23545	-0.20831	-0.05503
62	0.06189	-0.06061	-0.00097
63	-0.24825	0.00942	-0.04677
64	-0.024	0.02349	-0.18096
65	-0.14547	-0.06679	0.07641
66	-0.15188	-0.01538	-0.28731
67	-0.07091	-0.05118	-0.04276
68	-0.23431	-0.02958	0.05211
69	-0.20193	-0.02737	-0.05684
70	0.04467	-0.14412	-0.06607
71	-0.15646	-0.05016	-0.08565
72	-0.05005	-0.18603	-0.10287
73	0.18083	-0.17857	-0.07354
74	0.01438	-0.01411	0.01993
75	-0.16515	-0.07062	-0.07095
76	-0.13883	-0.08067	-0.12622
77	-0.19214	0.05193	-0.07097
78	-0.14787	-0.07235	-0.09252
79	0.09982	0.00688	-0.05136
80	-0.01533	-0.1827	-0.16858

Continua Cuadro 4

Localidades	Eje 1	Eje 2	Eje 3
81	0 0601	0.0042	-0 09257
82	-0 22465	-0 01909	-0 20732
83	-0 13369	0.00457	-0 09783
84	0 23435	-0 19137	0 12061
85	-0.21265	-0.00666	0 1276
86	-0.09048	-0.18904	0.00236
87	-0.13744	-0.07922	0.11814
88	0.21482	-0.16769	0.005
89	0.05439	0.08723	-0.0694
90	0.05098	-0.13592	0.01851
91	0.03939	-0.26044	0.23583
92	-0 18795	0.04794	-0.03424
93	-0.20216	-0.08997	0.06797
94	0.0416	-0.20844	0.17036
95	-0.18386	-0.01347	-0.01398
96	-0.16344	-0.00807	-0.01368
97	-0.01471	-0.21038	0.01408
98	0.03784	0.02963	0.07548
99	0.02328	-0.06281	0.29195
100	-0.07638	0.1487	-0.01853
101	-0.11653	0.01581	0.07204
102	0.03506	-0.21446	0.05643
103	-0.00077	-0.11143	0 18418
104	0.02522	0.15123	-0.02836
105	-0.04015	0.08781	-0.01013
106	-0.18255	-0.02784	-0.11506
107	-0 04918	-0.15517	0 0836
108	0.10204	-0 23447	0 06449
109	-0.04762	-0.11178	-0 19105
110	0.03358	-0.04247	0.10456
111	-0 03481	0.04475	-0.19142
112	-0 29967	-0.05709	0 07866
113	-0.14327	0.01233	0.25785
114	-0.2155	0.01	0.0577
115	-0.16612	0.00843	-0.2039
116	-0.14455	-0.07324	0.13937
117	-0 01827	-0.25187	-0.0959
118	-0 29052	-0 06255	-0 11886
119	0.15255	-0.27872	0 03137
120	-0.1804	0.03828	0.19835
<b>121</b>	<b>-0.14339</b>	<b>-0.0038</b>	<b>0.09152</b>
122	-0 28254	-0.04515	-0.00637

Continua Cuadro 4

Localidades	Eje 1	Eje 2	Eje 3
123	-0.22139	0.03905	0.26599
124	-0.15775	0.07149	0.30288
125	-0.11427	0.08689	0.068
126	-0.17086	0.09002	0.22589
127	-0.24016	0.03479	-0.05376
128	-0.12569	0.07235	0.14994
129	-0.06077	0.02829	0.26467
130	-0.19399	0.08938	0.27802
131	0.01246	-0.09463	0.19388
132	-0.15382	0.04233	-0.06824
133	-0.12723	0.08169	0.21692
134	0.03603	0.16488	0.06412
135	-0.01076	0.07884	0.08721
136	0.01925	0.09951	0.16064
137	-0.00866	0.04947	-0.19074
138	0.03557	0.20908	0.00872
139	0.04011	0.22548	0.13637
140	-0.00656	-0.29967	0.01871
141	-0.1437	-0.06476	-0.10855
142	0.08767	0.1315	0.07146
143	-0.01135	0.07202	0.02851
144	-0.01495	0.08202	0.05075
145	0.05621	0.1145	0.02791
146	0.0326	0.08626	-0.04974
147	-0.01595	0.07854	0.03881
148	-0.01135	0.07202	0.02851
149	0.00373	0.09133	0.02247
150	0.00168	0.00961	0.06396
151	-0.06708	0.0855	-0.12228

Cuadro 5 Eigenvectores resultantes del análisis de componentes principales a los 31 estados de carácter. En negritas los responsables del arreglo entre las comunidades

Estados de caracter	Eje 1	Eje 2	Eje 3
1 Lobado	-0.05613	-0.13037	0.17856
2 Entero	-0.06101	0.41151	-0.29716
3 Regular	-0.14863	-0.10782	0.07901
4 Cerrado	-0.10958	-0.263	-0.17007
5 Redondo	-0.13209	-0.23851	-0.29159
6 Agudo	-0.20031	-0.16273	-0.04861
7 Compuesto	-0.0957	0.02045	-0.3043
8 Nanofila	0.02488	0.27852	-0.25054
9 Leptofila 1	0.46925	-0.12446	-0.16501
10. Leptofila 2	0.33991	-0.0447	-0.02825
11. Microfila 1	0.09934	0.07082	0.37045
12. Microfila 2	-0.10742	-0.05976	0.05847
13. Microfila 3	-0.11812	-0.144	-0.05752
14 Mesofila 1	-0.12357	0.1667	-0.17519
15. Mesofila 2	-0.0225	0.2297	0.175
16. Mesofila 3	0.54058	-0.14191	0.01906
17. Emarginado	<b>0.62823</b>	-0.12892	0.0124
18. Redondo	-0.08974	0.29112	0.32312
19. Agudo	-0.1273	-0.09317	0.00456
20. Atenuado	-0.15848	-0.24885	-0.04724
21. Cordada	-0.0642	0.25785	-0.1994
22. Redondo	-0.10452	0.20244	-0.25314
23. Agudo	-0.14175	-0.17842	0.08333
24 L.W <1.1	-0.16038	-0.0143	0.16196
25. L.W 1-2.1	0.0344	<b>0.41636</b>	0.02771
26 L.W 2-3.1	-0.15532	-0.2129	-0.01944
27. L.W 3-4.1	-0.17403	-0.15195	0.07602
28. L.W >4.1	0.13231	0.11222	0.24427
29. Obovada	0.3563	0.02755	-0.03044
30. Elíptica	-0.10413	0.15445	<b>0.3839</b>
31 Ovada	-0.17026	-0.19391	0.14006

Cuadro 6 Ejes resultantes del análisis de correspondencia canónica. Los ejes que se graficaron bidimensionalmente son los dos primeros. Los cuatro ejes se emplean en las ecuaciones (apéndice 2) para estimar los parámetros meteorológicos.

	Localidad	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
1	Guanica, Puerto Rico	1.6041	0.1157	-2.6801	-3.4153
2	Cabo Rojo, Puerto Rico	1.5778	-0.0887	-1.6249	-2.4533
3	Mocuzari A, Sonora	1.4527	0.2464	0.8671	-0.18
4	Mocuzari-B, Sonora	1.5409	0.076	0.5115	-0.0299
5	Borinquen, Puerto Rico	1.5184	-0.0076	-2.5734	-2.5954
6	Cambalache, Puerto Rico	1.1022	1.6447	-0.466	-1.414
7	Tres Hermanos, Sonora	1.3336	0.0029	-0.0947	-0.6659
8	Susua Alta, Puerto Rico	1.5675	0.1026	-1.5157	-2.4652
9	Quiriego, Sonora	1.2931	0.2234	1.3016	0.6522
10	Cabo San Lucas, Baja California Sur	2.0005	-0.9081	1.6148	-2.044
11	Guajatica, Puerto Rico	0.7223	2.0019	-1.0027	-1.1642
12	Nuri, Sonora	0.9154	-0.2293	0.9915	0.665
13	Alamos, Sonora	0.9903	0.4761	0.0621	-0.6283
14	Santiago, Baja California Sur	1.644	-0.5844	0.3012	-1.6246
15	Empalme, Sonora	1.9083	-0.8859	2.4438	-0.6089
16	Avon Park, Florida	1.1308	0.9188	-0.5931	-0.4476
17	Orlando, Florida	1.0082	0.7389	-0.8398	0.695
18	Todos Santos, Baja California Sur	2.0463	-1.2729	1.8156	-2.4766
19	Buena Vista, Puerto Rico	1.4454	0.7169	-1.8852	-1.3447
20	San Bartolo, Baja California Sur	1.4043	-1.0854	1.1896	-0.3457
21	Los Divisaderos, Baja California Sur	1.8048	-0.5612	-0.1187	-2.2353
22	Canyon Lake, Arizona	2.1301	-1.3541	4.9318	-0.6908
23	Maricao, Puerto Rico	1.1544	1.2777	-2.3951	-1.8403
24	Lake George, Florida	0.5277	0.8572	-0.8658	1.8832
25	Bartlett Resvr, Arizona	1.9847	-1.3013	2.5204	-1.5053
26	Castle Cr., Arizona	1.8787	-1.1727	2.5045	0.1614
27	Silver Bell, Arizona	2.1335	-1.3996	4.675	-0.4955
28	Superior, Arizona	1.8218	-1.313	3.5013	0.9631
29	Saguaro Lake, Arizona	1.725	-1.5051	1.8465	-0.6246
30	Roosevelt Lk., Arizona	1.8092	-1.3485	2.772	-0.1955
31	Brunswick, Georgia	0.7546	1.0087	-0.4088	0.5041
32	Monte Guilarte, Puerto Rico	0.7242	1.4276	-1.3389	-0.6211
33	Beaufort, South Carolina	0.231	0.7955	-1.4581	-0.1173
34	Punkin Center, Arizona	1.4635	-1.1797	2.3088	1.4136
35	Simmonsville, South Carolina	1.2876	-1.0379	1.8775	-0.1131
36	Childs, Arizona	0.8564	0.4154	-1.8493	-0.4135
37	Toro Negro, Puerto Rico	0.6174	1.4628	-0.8626	0.2748
38	Kure Beach, North Carolina	0.6064	0.8496	-1.3032	1.091
39	Santa Rita, Arizona	1.0521	-1.0309	0.6241	0.9618
40	Miami, Arizona	1.0785	-0.9494	0.4106	1.0771
41	Camp Pardec, California	0.7074	-0.6031	-1.037	1.828



Continua Cuadro 6

	Localidad	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
42	Portal, Arizona	1.0289	-0.488	0 1306	1.4301
43	Auburn, California	0.4839	-0.476	-1.7967	0.484
44	Sierra Ancha, Arizona	0.6576	-0.5063	-0 0677	1 9856
45	Yava, Arizona	1.189	-1.4876	1.7146	1.1734
46	Colfax, California	0.3021	-0.2136	-1 6867	0.7706
47	Zozu-san, Shikoku	-0.3186	1.1241	0 1577	-0.0626
48	Jerome, Arizona	0.8016	-1.1125	0 1673	1.0006
49	Jasper Ridge, California	0.4369	-0.564	-1 4988	1.2634
50	Natural Bridge, Arizona	0 2667	-0.5178	-0 7152	1.4174
51	Lakeport, California	0.3539	-0.6285	-0 8922	1.6016
52	Kiyosumi, Honshu	-0.2889	0.9184	0.7405	1.2977
53	Canelo, Arizona	0.7103	-0.8505	0 2322	2.2705
54	Santa Cruz, California	0.0325	-0.3861	-1.4659	1 7954
55	S I E.R.C. Maryland	-0.8049	0.0403	-0.073	-0.0763
56	Placerville, California	0 0104	-0 5716	-1.5933	2.9247
57	Battle Cr., Maryland	-0 8545	0.1479	0.0877	0 702
58	Junipine, Arizona	-0.3151	-0.5799	-0.3914	1.02
59	Payson, Arizona	0.5706	-0.833	-0.4805	1.6497
60	Prescott AP, Arizona	0.2519	-1.2515	-0 8017	0.1259
61	Crown King, Arizona	0 2695	-0.6841	-1 1925	1.3952
62	Half Moon Bay, California	0.066	-0.5485	-1.2819	1 024
63	Frederick, Maryland	-0 7082	-0.0851	-0.461	-0 4272
64	Kitt Peak, Arizona	0.375	-0.9694	-1.27	1 1325
65	Powers, Oregon	-0.3727	-0.6151	-1.5035	0.3032
66	Troutdale, Oregon	-0 6186	-0.4769	-0 8257	0.5547
67	Port Orford, Oregon	-0.3	-0.1487	-0.8583	1 0921
68	Arendtsville, Pennsylvania	-1.0237	-0.731	-0.1895	-0.5959
69	North Bend, Oregon	-0.3284	-0.1269	-1.193	1.3052
70	Bandon, Oregon	-0.3439	-0.0406	-0.1258	0.7433
71	Hood River, Oregon	-0.8066	-0.9235	-0 9623	0.1774
72	Capc Blanco, Oregon	-0.3932	-0.3541	-0 8032	0.8835
73	Hasayampa, Arizona	-0.0291	-0.9847	-1.4627	0.9888
74	Blue Canyon, California	-0.3102	-0.8651	-0 6423	1 9637
75	Grayland 2 S, Washington	-0.5521	0.1245	-0 377	0 3234
76	Three Lynx, Oregon	-0.7177	-0.984	-0.7637	0.2862
77	Clearwater, Washington	-0.9664	-0.5319	-0.0352	-1.6401
78	Stroudsburg, Pennsylvania	-0.8312	-0.5963	-0 5845	0.824
79	Bowman Dam, Washington	0.1596	-0 9592	-1 4644	0 2098
80	Pt. Grenville, Washington	-0.7485	-0.3904	-0.0318	0.2737
81	Los Alamos, New Mexico	0.0673	-0.8204	-0.9331	1 9479
82	Wind River, Washington	-0 8427	-0.6236	-0 957	-0 7465
83	Clallam Bay, Washington	-1 1049	-0.3503	-0 7319	-0.3173
84	Tunkhannock, Pennsylvania	0 0122	-1 2131	-0 5581	-0 1543
85	Lake Spaulding, California	-1 2418	-0.9698	-0.1953	-1 1162
86	Parkdale, Oregon	-0.8115	-1.2256	-1 0639	-0 1211
87	Trout Lake, Washington	-0 7555	-0.8306	-1.1724	-0 0362

Continua Cuadro 6

	Localidad	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
88	Sierraville, California	-0 1763	-1.3768	-0.8623	1.1031
89	Cheesman Resvr , Colorado	-0.5272	-1.7902	-0.5316	3.0583
90	Mt Pocono, Pennsylvania	-1 1769	-0.8536	0 6439	0.5963
91	Rimrock Lake, Washington	-0 8536	-1.3939	-0.9801	-0.0195
92	River Falls, Wisconsin	-1 3004	-0.4679	0 3667	0.0123
93	Dannemora, New York	-1.3417	-1.2876	-0 064	-0.8726
94	Republic, Washington	-1 0834	-1.2775	-0.7449	0.8868
95	Wanakena, New York	-1 2294	-1.0405	0.3644	0.0913
96	Lake Placid, New York	-1 3755	-0.9844	0 8647	-1.0703
97	Sta. Catalina Mts , Arizona	-0 2667	-0.8215	-1.3845	1.6365
98	Anbo-west, Yakushima	0.3911	2.564	0.7901	2.6817
99	Nagakubo, Yakushima	0.2923	2.4095	0.322	1.2796
100	Yakusugi 260 m, Yakushima	-0.1393	2.5289	1 1559	2.8283
101	Yakusugi 420 m, Yakushima	-0 0829	2 4962	1 3296	2.9733
102	Tatsuta-yama, Kyushu	-0 2952	1.2808	0 7354	1.6807
103	Arakawa Dam, Yakushima	-0.2609	1.713	1 3011	2.3283
104	Toga-take, Kyushu	-0.075	2.2378	1.3234	3.4791
105	Yakusugi 800 m, Yakushima	-0 4908	2.2074	1.8802	1.5933
106	Nekko 1, Honshu	-0 2399	1.9639	1.8415	0.4862
107	Nekko 2, Honshu	-0 9768	0.6557	1.5906	-0.4048
108	Yakusugi 1080 m, Yakushima	-0.7295	1.377	1 4363	1.2999
109	Umedaira, Honshu	-0 829	0.6234	0.9734	-0.1468
110	Sanno-dake, Kyushu	-0.2658	2.0481	1.1741	1.9844
111	Kannami 1, Honshu	-0.2451	1.0017	0 4352	0 3582
112	Kidogawa 1, Honshu	-1.2774	0.2556	0 9141	-1.2949
113	Sanzc, Honshu	-0.9523	0.8946	0 6913	-1.1662
114	Amagi-toge , Honshu	-1 2413	0.2847	1 2951	-0.7105
115	Yakusugi 1350, Yakushima	-0.8336	0.9315	1.2162	1.2239
116	Kidogawa 2, Honshu	-0.9332	0.4234	1.0303	-0.2863
117	Kannami 2, Honshu	-0.9905	0.3034	1 4096	0.3996
118	Mt Tokura, Honshu	-0 9007	0 8717	0.8111	-1.0055
119	Nikkin Shrinc, Honshu	-0 3077	0.4068	0 553	1.1145
120	Aoba, Honshu	-1.1375	0.4629	0 4348	-2.2077
121	Nibetsu, Honshu	-1 1877	0.4515	0.1881	-1.7514
122	Takinosawa, Honshu	-0.9529	0.7081	0 7707	-1 6642
123	Tazawa-ko, Honshu	-1.2851	0.5194	0 7484	-2.3979
124	Toya-ko, Hokkaido	-1 4205	0.135	0 6021	-1.7672
125	Namarikawa, Hokkaido	-1 2545	0.4069	0 2551	-1 59
126	Chuzenji-ko, Honshu	-1 6296	0 0183	0 8922	-2.6706
127	Akagawa, Honshu	-1 1707	0.601	0.7185	-1 2967
128	Akagawa-W, Honshu	-1.2363	0 7346	0 9056	-1 3875
129	Teshio, Hokkaido	-1.3876	0 4188	0 1456	-2 937
130	Kogawa, Hokkaido	-1.4526	0 1775	0.6167	-2 5575
131	Tadenoumi, Honshu	-1.8526	-0 3143	1 0014	-2 1906
132	Suganuma, Honshu	-1 8961	-0 8152	1 1048	-1 4922
133	Nukabira, Hokkaido	-1 6958	-0 3042	0 5158	-2 2981

Continua Cuadro 6

	Localidad	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje 4
134	Natua, Fiji	0.7331	2.4132	-1 6309	-1.5938
135	Keka, Fiji	1.0695	2.5697	-1 3495	-1 8464
136	Seqaqa, Fiji	0.3838	3.2127	-1.1202	-0.84
137	Baie d'Magenta, New Caledonia	1.1551	1 0787	-2 433	-0.2324
138	Riv Bleue, New Caledonia	0.8109	2.4482	-2 9542	-2.4495
139	Mt. Koghis, New Caledonia	0.8067	2.2903	-1.8912	-1.0046
140	Satus Pass 2 SSW, Washington	-0.7477	-1.2376	-1.267	-0.0838
141	Nestucca River, Oregon	-0.8382	-0.319	-0.8716	0.6051
142	Tepexi, Puebla	0.491	-0 0478	1 0725	3.4882
143	Mineral el Monte, Hidalgo	-0.0478	0 8772	0 4711	1 7508
144	Meztlán, Hidalgo	0.542	0.1061	3 1455	1 9576
145	Zapotitlán, Puebla	1.5971	-0.3321	3 384	3.6687
146	Chaparral, San Luis Potosi	0.7801	0.2493	1.0165	1 5308
147	Chinantla, Puebla	0.149	4.7828	2.8047	2.2171
148	Nissanda, Puebla	0.0388	4 2262	0 1135	-2 2363
149	Ixcaquistla, Puebla	1.3793	-0.6329	2 7285	0.7174
150	Molango, Hidalgo	-0.8191	2.9034	-0 3251	-5 1833
151	Santa María Amajac, Hidalgo	0.6714	-0.2737	0.0278	1 1372
152	Atoyatempac, Puebla	1.3062	-0.8136	4.2859	2 5085
153	Calicanto, Puebla	0.4222	0 1632	-0 0305	1 8513
154	Zacapala 1, Puebla	1.7011	-0 7416	3.9856	0.8495
155	Zacapala 2, Puebla	0.8287	-0.7005	1.0136	1.5459
156	Ahuehuctes, Puebla	0.8942	0.4784	2.5151	2 8351
157	Vaquerías, Hidalgo	1.62	-1.3475	3.6468	1 8399
158	Nonoalco, Hidalgo	-0.4523	1.0507	0 7371	0.1484
159	Cerro Blanco, Hidalgo	-0.5638	-0 7659	-0.934	-0.1143
160	Río Claro, Tamala, Hidalgo	0 0555	0.0068	0.9519	-2 1219
161	Real del Monte, Hidalgo	0.1978	-0 1285	-0.8372	1.8322

Cuadro 7 Familias identificadas en la flora fósil de Santa María Amajac.

Familia	Género	Abundancia (%)
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp	53.6
Rosaceae	<i>Cercocarpus</i> sp.	12.9
Platanaceae	<i>Platanus</i> sp	5.6
Salicaceae	<i>Salix</i> sp.	3
	<i>Populus</i> sp.	

Cuadro 8. Parámetros meteorológicos esperados para la localidad de Santa María Amajac durante el Plioceno

Parámetros Meteorológicos	En el Plioceno	En la actualidad
MAT	16.7	16.9
WMMT	26.4	19.8
CMMT	7	13.2
MAP	650	458.5
LGSm	9.2	12
3MHP	280	76.3
3MDP	62	7.8
GSP	72	
RT	19.4	6.6
RH	58	-

MAT: Temperatura media anual

WMMT: Temperatura de los tres meses más cálidos

CMMT: Temperatura de los tres meses más fríos

MAP: Precipitación media anual

LGSm: Duración de la estación de crecimiento en meses

3MHP: Precipitación total de los tres meses más húmedos

3MDP: Precipitación total de los tres meses más secos

GSP: Precipitación en la estación de crecimiento

RT: Rango de temperatura

HR: Humedad Relativa

Cuadro 9 Comparación de los estados de carácter entre la comunidad fósil de Santa Maria Amajac y las diferentes comunidades

con que se agrupa con los análisis aplicados Las columnas corresponden a los estados de carácter.

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
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Localidad fósil de Santa Maria Amajac																																
151	3	72	28	0	0	0	5	3	5	56	26	5	0	0	0	0	32	68	0	6	40	54	5	74	15	0	5	13	54	33		

Análisis de similitud, con las localidades colectadas en este estudio

153	0	43	14	10	8	30	0	1	3	13	27	28	16	1	0	0	45	55	0	12	45	43	0	42	49	6	2	23	47	30	
155	0	66	0	0	10	12	14	3	17	26	22	15	1	0	0	0	36	64	0	0	43	57	20	47	17	3	11	17	38	45	
160	5	62	14	29	7	2	0	14	0	0	9	17	24	10	16	6	0	5	76	19	38	29	33	5	81	0	5	10	17	31	52

Análisis de similitud, con las localidades de la base CLAMP

121	17	18	68	59	32	41	29	0	0	2	14	26	25	16	8.8	8.8	6	22	34	44	32	40	28	17	59	24	3	0	4	71	25
-----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	----	----	----	----	-----	-----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	----	----

Análisis de componentes principales, con las localidades de la base CLAMP

6	0	87	10	4	12	1	3	3	5	7	16	28	23	12	3	3	38	55	13	33	4	61	35	0	45	45	6	5	21	51	27
---	---	----	----	---	----	---	---	---	---	---	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	---	----	----	---	----	----	---	---	----	----	----

Análisis de correspondencia canónica, con las localidades de la base CLAMP

41	11	52	18	19	37	11	6	5	2	18	32	29	11	2	1	0	33	59	35	7	15	63	22	4	50	25	8	14	18	41	41
44	6	63	19	26	27	10	7	7	8	16	24	28	12	3	1	1	7	67	26	7	13	69	19	4	51	27	14	4	20	39	41

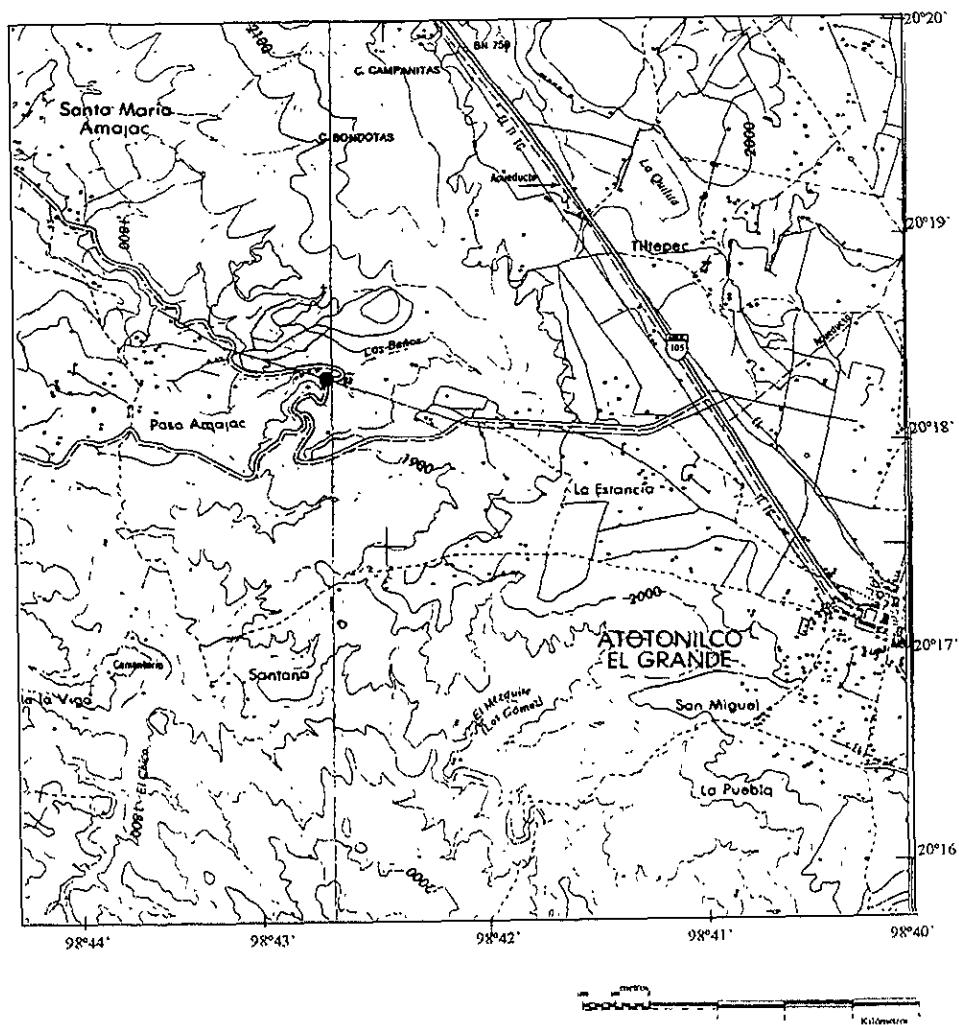


Figura 1. Ubicación y rutas de acceso al afloramiento de Santa María Amajac El círculo indica la localidad

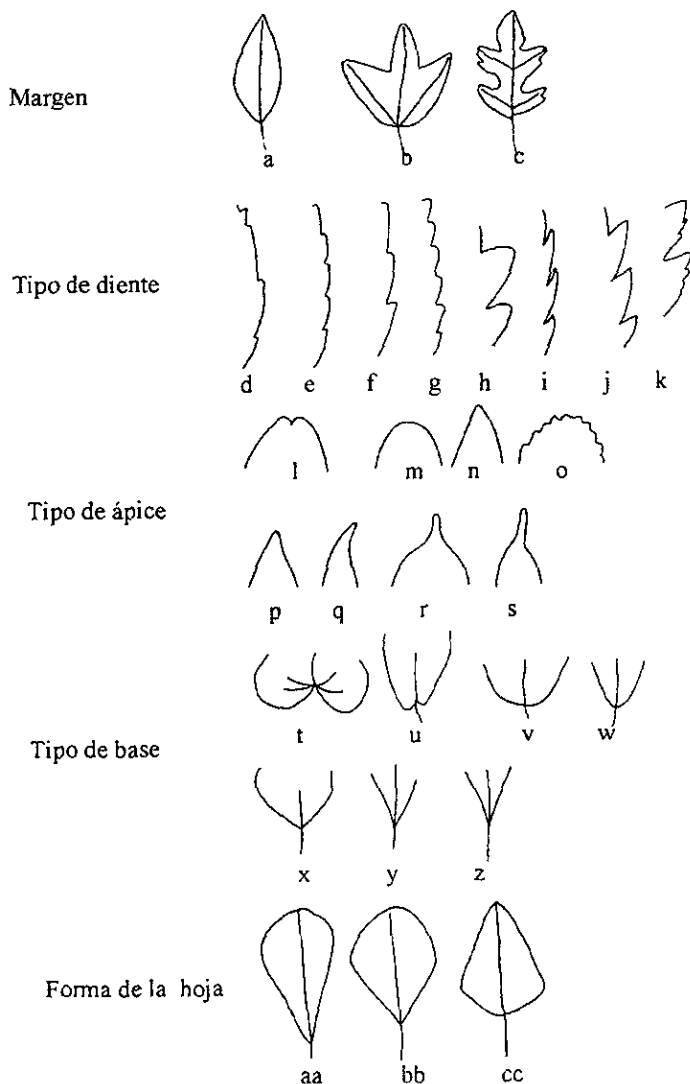


Figura 2 Estados de carácter a, margen entero b, lobado c, margen dentado. d, diente con espaciamento irregular e-f, diente con espaciamento regular g, diente con espaciamento cerrado h, diente redondo i, diente apesado j, diente agudo, k, diente compuesto l, ápice emarginado m-o, ápice redondo p, q, ápice agudo r, s, ápice atenuado t, u, base cordada v, w, base redonda. x, y, base aguda aa, forma obovada bb, forma elíptica cc, forma ovada (Tomado de Herman *et al.*, 1996)



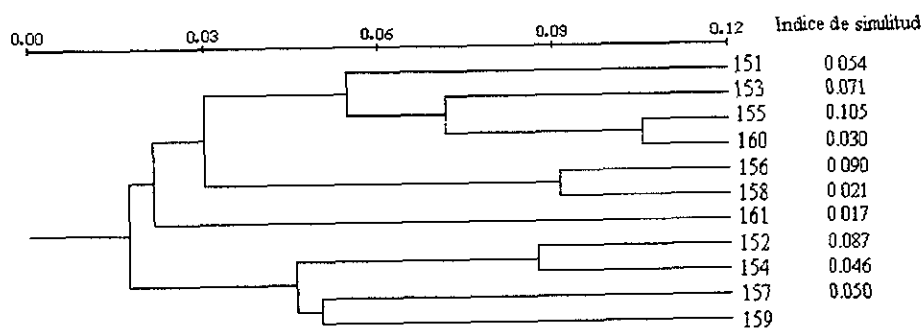


Figura 3. Fenograma resultante de la agrupación de las localidades actuales muestreadas en este estudio (152-161) y la localidad fósil de Santa María Amajac (151).



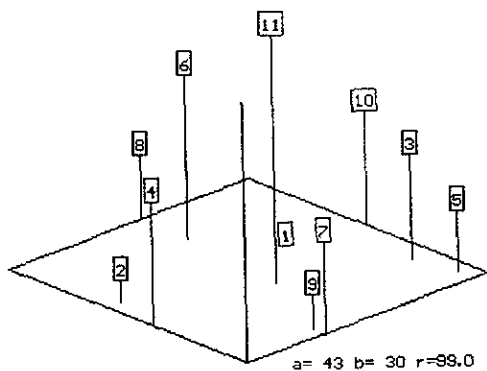


Figura 5. Gráfico resultante del análisis de componentes realizado entre la localidad de Santa María Amajac y las localidades actuales recolectadas en este estudio. Nótese que no se agrupan entre ellas.

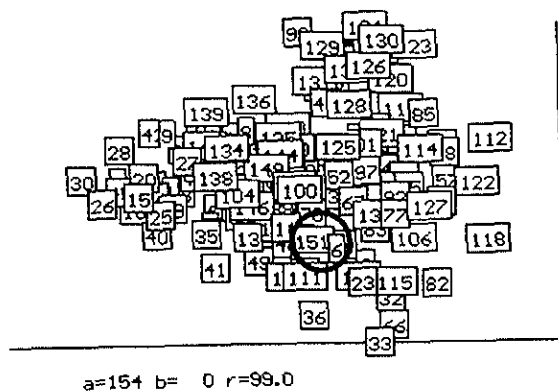


Figura 6 Gráfico del análisis de componentes realizado con la base CLAMP. Dentro del círculo se observa Santa María Amajac junto con la única localidad que más se aproxima

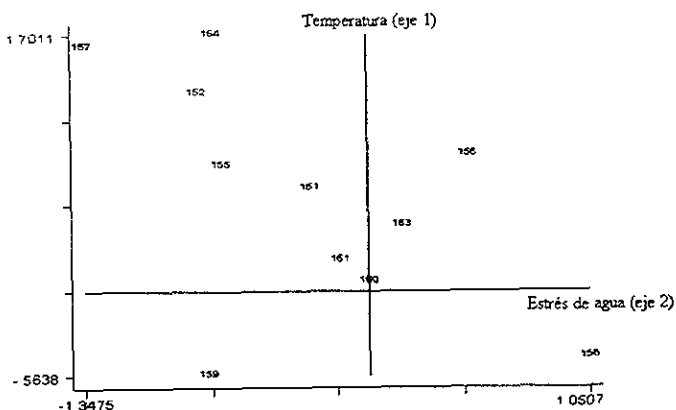


Figura 7 Gráfico del eje 1(temperatura) y eje 2 (precipitación, expresado como estrés de agua) resultantes del análisis de correspondencia canónica realizado a las localidades actuales y Santa María Amajac.

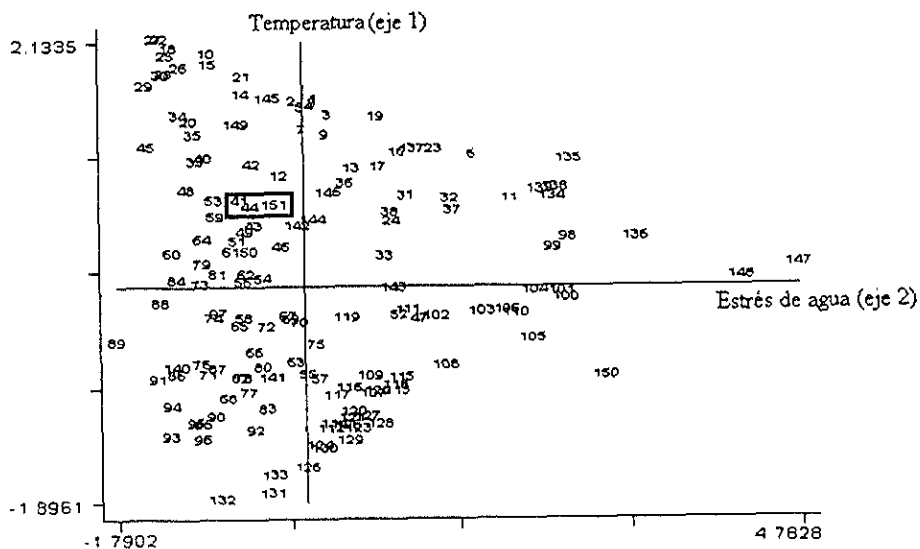


Figura 8 En el recuadro se observa a las localidades que se agrupan con Santa María Amajac, las cuales corresponden a vegetación de chaparral y bosque de galería

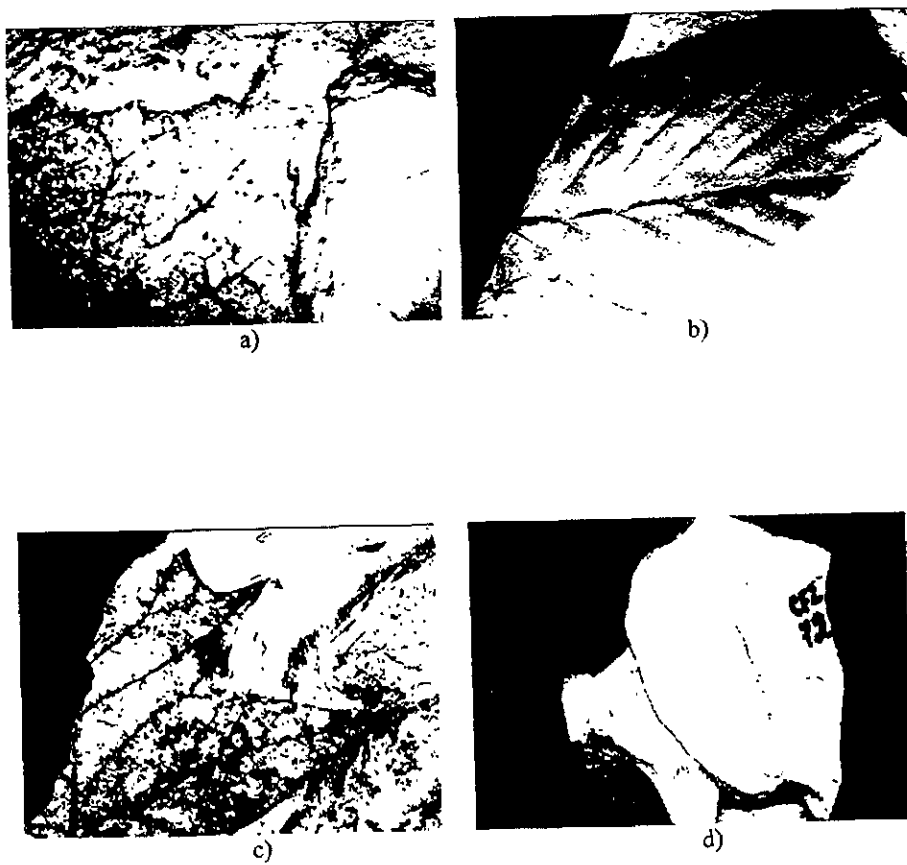


Figura 9 Fotografías de algunos de los fósiles identificados. a) Salicaceae, b) Rosaceae, c) Platanaceae y d) Fagaceae

## APÉNDICE I

Base de datos CLAMP, en las columnas se encuentran los 31 estados de carácter, en las hileras las comunidades, del 1 al 141 corresponden a las localidades de Estados Unidos, Japón, Puerto Rico y el Norte de México; del 142 al 150 las localidades integradas por Velasco-De León (1999), el 151 es la localidad en estudio, y del 152 al 161 localidades actuales de Hidalgo y Puebla recolectadas en este trabajo.

1	3	83	6	9	9	8	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
2	0	87	7	7	13	0	2	5	10	13	25	27	15	4	1	1	55	85	11	4	18	52	30	3	61	26	5	5	30	41	29	
3	2	74	5	5	26	0	3	17	8	17	18	17	13	6	4	2	36	58	22	20	14	42	45	3	41	32	11	13	24	42	33	
4	3	74	5	6	24	2	0	12	13	22	25	17	8	1	1	1	36	64	15	21	15	41	44	2	40	43	10	6	28	36	36	
5	0	83	7	6	15	3	4	1	5	21	30	35	14	1	1	0	71	85	10	5	9	62	29	4	62	29	2	2	26	44	31	
6	0	87	10	4	12	1	3	3	5	7	16	28	23	12	3	3	38	55	13	33	4	61	35	0	45	45	6	5	21	51	27	
7	6	75	4	6	23	2	2	11	8	21	24	17	13	4	2	1	38	57	24	19	19	34	46	4	50	32	9	5	24	32	43	
8	0	80	4	4	20	0	4	4	12	20	22	18	11	5	4	3	57	71	23	6	11	52	37	0	60	31	5	4	26	46	28	
9	4	71	9	13	23	5	4	17	9	15	17	19	11	7	4	1	25	61	18	21	16	38	46	2	35	34	18	11	28	39	33	
10	6	82	7	8	15	3	5	23	24	22	19	8	3	1	0	0	51	79	16	5	15	38	47	4	44	33	12	8	36	42	22	
11	1	72	14	8	19	9	4	1	2	3	10	19	26	21	10	7	28	51	15	34	4	63	33	0	39	47	10	5	26	45	30	
12	5	62	9	12	33	5	6	16	7	12	20	24	16	5	0	0	27	46	26	28	26	53	21	3	50	28	11	8	26	26	48	
13	5	66	8	9	28	5	4	9	8	13	18	21	19	8	3	2	35	60	8	32	28	47	24	3	47	32	13	5	23	38	39	
14	7	81	9	7	14	4	1	15	15	23	21	15	6	4	1	1	46	76	19	5	17	43	40	6	48	28	11	6	25	42	33	
15	0	77	10	14	17	6	6	24	24	26	16	9	2	0	0	0	42	70	24	6	10	42	48	0	36	34	18	12	32	40	28	
16	5	73	16	13	13	15	2	2	5	9	26	32	16	8	2	0	42	55	26	19	5	21	74	0	44	31	16	9	38	46	17	
17	6	68	16	17	28	4	3	2	5	14	17	33	22	6	1	0	39	56	30	15	15	27	58	3	34	38	21	4	33	46	22	
18	4	81	5	7	16	2	1	25	27	28	10	8	3	1	1	0	37	91	9	0	11	56	33	4	57	32	5	0	31	42	27	
19	0	81	10	6	18	1	3	0	6	14	25	30	15	7	1	1	54	74	17	9	8	42	50	1	48	38	9	4	32	50	19	
20	3	69	15	19	26	5	3	20	16	20	16	16	10	3	0	1	56	73	23	5	16	57	27	2	56	21	10	12	22	35	44	
21	0	78	4	2	16	4	2	12	18	18	22	14	9	5	2	1	52	85	12	4	16	47	38	3	60	18	8	12	26	43	31	
22	2	78	7	10	18	3	0	41	29	16	9	6	0	0	0	0	23	77	23	0	12	43	45	0	46	29	16	9	23	50	27	
23	1	81	9	4	19	0	0	0	0	5	17	29	26	13	5	5	49	73	9	19	4	73	23	0	59	31	8	2	25	44	31	
24	13	52	23	13	40	8	4	0	2	9	23	29	23	12	1	1	21	51	23	26	12	37	52	4	49	36	15	7	29	46	25	
25	0	80	10	13	10	10	5	30	20	24	18	6	2	0	0	0	35	91	6	3	10	53	38	0	54	25	12	10	31	36	33	
26	2	73	10	14	24	3	2	26	26	19	16	9	3	3	0	0	29	76	19	5	10	47	43	2	42	29	16	11	35	27	38	
27	7	80	13	13	11	9	6	43	23	20	7	6	0	0	0	0	30	74	24	2	2	39	59	0	37	28	17	18	36	36	28	
28	2	69	16	16	26	5	5	35	20	18	17	9	2	0	0	0	17	82	16	2	5	47	48	2	41	29	13	15	32	39	30	
29	4	75	13	15	22	3	2	21	28	22	17	11	1	0	0	0	29	80	16	4	23	44	33	6	47	28	10	10	33	26	41	

## Continúa Apéndice I

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	
30	0	72	9	14	25	3	2	24	30	22	13	8	2	1	0	0	22	71	25	4	10	47	43	2	52	25	12	8	32	32	36
31	9	63	21	18	24	13	3	2	4	9	24	33	18	8	1	1	32	49	27	24	12	24	65	3	38	39	19	2	32	50	18
32	2	76	11	5	24	0	2	0	2	5	18	29	25	12	7	3	24	59	12	30	12	58	30	5	54	33	6	1	14	48	39
33	15	49	34	29	41	11	10	0	0	5	16	32	26	14	6	2	32	52	20	27	27	31	42	4	42	41	10	2	33	44	23
34	7	75	8	12	18	7	5	27	11	18	29	12	3	1	0	13	68	31	1	16	46	39	7	41	25	14	14	25	40	35	
35	6	63	19	19	27	10	6	27	13	19	18	10	6	4	3	0	17	76	18	6	12	53	35	8	47	33	8	4	35	40	25
36	23	66	19	16	24	10	5	1	4	11	21	27	21	8	6	2	36	61	37	2	11	24	65	5	42	41	10	2	41	49	10
37	2	69	19	7	19	11	5	0	1	5	22	31	21	12	6	1	21	53	20	27	10	50	40	1	41	46	11	1	21	47	33
38	9	54	25	21	36	11	4	0	0	8	26	38	21	7	0	0	36	51	37	12	9	27	64	4	38	45	14	0	27	57	16
39	9	64	16	21	29	7	9	16	13	18	24	22	5	2	0	0	35	65	27	10	26	58	17	6	37	30	18	8	18	25	57
40	5	60	17	19	33	7	2	12	12	22	31	16	5	3	0	0	29	65	29	6	12	62	26	7	53	17	10	12	17	49	34
41	11	52	18	19	37	11	6	5	2	18	32	29	11	2	1	0	33	59	35	7	15	63	22	4	50	25	8	14	18	41	41
42	9	54	13	12	39	8	5	11	11	18	24	25	9	1	1	1	31	56	33	10	11	46	44	8	43	29	12	9	23	39	39
43	14	48	29	23	36	16	5	1	3	13	29	31	15	7	1	0	35	77	13	11	17	74	9	10	56	23	7	4	24	44	32
44	6	63	19	26	27	10	7	7	8	16	24	28	12	3	1	1	7	67	26	7	13	69	19	4	51	27	14	4	20	39	41
45	4	60	23	27	31	10	6	17	24	20	24	10	4	1	0	13	72	24	5	8	63	29	2	59	17	13	10	32	32	36	36
46	18	44	24	22	35	20	6	1	2	7	23	30	22	9	3	1	33	64	32	4	22	53	26	15	40	28	12	6	17	48	35
47	14	50	36	27	20	30	9	0	0	2	9	39	33	12	4	0	17	33	30	37	20	51	29	11	38	39	12	0	9	57	34
48	13	46	27	27	39	15	10	11	15	17	26	21	10	0	0	27	73	23	4	19	47	34	2	55	24	13	6	24	38	38	
49	11	44	27	29	45	11	15	3	2	14	27	33	15	7	0	0	28	73	22	5	16	53	31	6	61	16	10	6	20	48	31
50	9	55	25	30	30	15	16	5	2	12	27	35	12	4	2	0	18	53	35	12	17	57	26	11	49	25	11	5	16	32	52
51	20	52	20	19	26	22	4	4	0	15	30	25	14	5	3	3	17	57	39	4	17	60	24	11	51	13	9	16	14	49	38
52	8	47	42	34	25	28	16	0	3	9	20	34	22	10	2	0	6	28	30	42	6	58	36	4	39	46	7	4	11	52	38
53	11	58	20	30	32	9	8	9	11	19	27	24	6	3	2	0	13	58	35	8	21	53	26	7	43	27	16	8	19	32	49
54	8	46	29	33	38	16	16	0	3	5	21	40	22	7	2	0	8	70	28	2	22	62	16	10	53	29	11	1	16	42	42
55	27	36	52	39	23	42	19	0	0	4	14	33	32	15	4	0	3	27	48	24	17	59	23	13	56	28	2	1	15	57	29
56	15	25	38	39	56	19	15	0	1	9	26	33	20	9	1	0	13	72	24	4	10	71	19	2	58	24	9	8	24	47	30
57	20	29	57	46	32	39	21	0	0	4	19	32	26	14	4	0	4	22	53	26	16	59	25	13	45	39	3	1	11	61	29
58	15	32	43	49	32	37	20	1	5	10	24	33	18	7	1	1	11	49	35	16	14	56	30	9	53	26	9	3	19	37	43
59	6	46	24	26	43	11	15	7	7	22	28	24	10	2	1	1	22	64	27	10	19	62	19	6	50	26	10	8	23	40	36
60	11	37	38	44	32	31	15	3	7	26	30	21	8	4	1	0	29	65	29	7	20	55	25	7	57	24	3	9	25	37	38
61	8	44	32	27	36	20	14	0	5	17	29	34	10	4	1	1	20	57	35	7	20	56	24	4	54	27	7	7	23	35	43
62	16	38	36	38	36	26	32	0	5	13	25	31	17	7	2	0	28	72	20	8	8	64	28	8	48	29	11	7	12	46	42

Continua Apéndice 1

63	23	34	55	39	25	41	21	0	0	5	14	28	31	19	3	0	0	48	39	13	23	45	32	13	57	30	0	0	16	64	21
64	0	50	30	29	38	12	17	1	7	21	36	27	7	0	0	0	22	66	28	6	22	70	9	5	59	32	3	2	10	36	55
65	18	24	48	42	45	32	29	0	1	11	22	30	17	12	5	2	26	58	32	10	29	50	21	11	48	30	7	4	12	44	44
66	16	21	54	55	41	38	35	0	2	5	18	34	26	8	6	0	10	55	31	14	22	52	26	7	54	31	6	3	20	47	33
67	13	38	43	34	38	23	28	1	2	9	17	32	19	14	4	2	13	47	40	13	22	58	20	10	38	38	9	4	14	46	41
68	25	22	64	59	25	53	34	0	1	5	19	35	27	11	3	0	6	28	55	17	23	56	20	8	70	21	1	0	19	50	31
69	15	38	41	38	42	27	27	0	0	11	20	25	23	14	5	3	4	55	32	13	25	48	27	13	43	31	13	1	21	48	31
70	10	40	40	35	36	30	26	1	4	10	12	34	25	10	3	1	8	45	35	21	22	54	24	8	50	28	10	4	14	50	36
71	26	17	54	54	43	40	36	0	0	8	19	35	24	14	0	0	14	52	36	12	29	48	22	12	70	12	5	2	8	53	39
72	17	39	39	38	37	25	29	0	4	8	19	29	23	14	2	1	8	38	51	11	23	48	29	11	46	37	5	2	19	42	39
73	26	37	48	38	37	26	22	0	4	18	31	26	11	7	1	1	22	71	23	6	17	70	13	7	54	31	3	6	19	45	36
74	14	27	48	51	39	34	21	0	4	12	28	38	18	1	0	0	9	60	26	14	11	65	24	11	53	22	6	8	18	39	43
75	10	25	49	46	31	36	30	0	0	11	19	28	21	11	7	3	5	45	25	30	20	50	30	5	51	31	11	1	24	44	32
76	18	18	57	56	37	47	40	0	4	8	21	35	18	11	3	0	13	54	37	9	27	50	23	13	53	24	8	3	16	43	41
77	20	33	55	50	16	52	36	0	2	6	16	30	32	10	3	0	10	31	47	22	30	45	25	17	62	21	0	0	6	51	42
78	21	16	55	45	50	34	40	0	4	13	23	19	21	12	7	2	5	35	43	22	32	50	18	11	47	36	4	2	11	46	43
79	19	40	40	36	27	32	21	0	3	21	34	26	9	4	2	0	29	70	23	7	19	55	26	11	53	23	10	4	31	42	27
80	11	18	53	46	34	47	43	0	2	13	21	28	21	8	6	1	5	38	35	27	21	55	24	0	62	27	6	5	18	45	37
81	15	29	35	44	44	27	15	0	8	14	35	29	11	3	0	0	21	60	33	8	15	59	26	6	47	34	7	6	21	44	35
82	24	21	57	55	38	41	41	0	2	5	16	28	27	14	5	4	14	42	39	18	31	43	26	17	54	23	4	2	20	44	36
83	28	25	58	56	39	36	47	0	0	5	18	25	22	15	10	5	0	35	35	30	31	44	25	25	47	22	6	0	11	50	39
84	18	40	47	45	27	33	26	4	9	20	28	23	11	3	1	1	23	66	27	7	16	63	21	16	49	26	5	4	25	46	30
85	27	20	66	59	22	58	45	0	1	3	17	33	26	15	4	0	3	28	55	17	34	45	20	17	67	13	2	2	15	48	37
86	21	23	57	57	36	41	43	0	1	11	18	32	25	12	1	0	11	53	36	11	36	49	16	16	61	16	5	2	16	33	51
87	18	20	54	47	43	37	41	0	1	10	17	32	21	13	4	2	7	49	42	9	28	38	34	15	61	22	2	0	15	43	43
88	29	32	58	56	37	32	20	0	8	26	27	22	13	2	1	1	13	71	21	9	19	56	24	20	44	23	6	8	31	46	24
89	26	17	57	57	52	32	28	0	10	22	36	23	6	3	0	0	0	50	50	0	24	48	28	20	40	21	10	8	14	43	43
90	20	17	72	62	24	59	41	0	3	10	33	31	15	8	1	0	0	24	46	30	28	56	17	17	50	20	11	3	9	52	43
91	18	18	66	66	34	48	56	0	1	11	28	38	14	5	1	1	12	59	33	9	26	54	20	13	61	19	2	4	15	39	45
92	29	16	57	52	30	55	39	0	0	6	17	33	30	12	3	0	0	17	49	33	34	43	23	21	52	18	7	2	9	55	36
93	12	13	70	70	30	57	52	0	1	8	20	35	26	8	2	0	7	20	65	15	37	58	5	12	73	13	1	1	5	45	50
94	30	20	62	64	39	41	45	0	0	10	25	40	19	3	1	1	4	41	41	18	30	57	13	25	51	18	4	1	7	41	52
95	15	23	67	65	20	57	50	0	1	12	26	44	9,9	5	3	0	0	20	58	22	25	65	10	17	57	19	6	2	7	51	42



## Continua Apendice I

96	23	10	71	68	25	65	58	0	7	10	25	30	21	5	3	0	0	18	45	37	40	34	26	15	63	19	3	1	14	51	35
97	26	28	41	33	56	17	26	2	2	12	26	32	18	6	1	0	19	49	41	10	25	41	34	15	51	28	4	1	11	41	48
98	5	65	15	9	27	9	3	0	0	1	19	39	24	11	4	1	10	32	15	53	4	49	48	0	26	47	21	7	17	62	21
99	3	55	16	10	32	14	9	0	1	2	13	31	31	20	2	1	20	43	10	47	9	51	40	0	26	54	16	4	11	69	20
100	4	45	30	16	44	11	9	0	0	0	13	30	33	19	3	2	8	22	16	62	8	55	38	1	25	47	18	10	6	68	26
101	3	50	25	16	34	16	11	0	1	1	12	38	28	14	4	3	5	23	21	56	11	55	34	0	20	48	28	6	11	68	21
102	6	46	31	26	24	31	13	0	1	5	15	47	21	10	1	1	6	35	26	39	9	69	22	3	36	46	13	1	3	63	34
103	6	46	34	21	31	26	16	0	1	3	12	37	31	11	2	1	6	24	29	49	9	54	37	1	31	37	21	9	9	66	26
104	2	44	24	8	33	23	5	0	0	4	18	34	33	10	0	0	0	30	27	43	3	61	36	2	24	52	19	3	5	78	17
105	6	38	40	28	30	33	17	0	2	3	13	38	28	12	4	2	0	23	16	64	11	36	53	2	28	49	17	5	5	75	20
106	0	44	39	21	19	37	12	2	5	5	8	41	26	8	3	2	4	34	22	44	0	64	37	0	30	59	7	0	4	85	12
107	14	36	55	48	14	50	29	1	2	8	18	29	31	9	2	1	2	18	26	55	23	62	17	8	45	36	9	0	2	64	36
108	12	37	48	29	19	44	19	0	0	3	18	42	27	9	1	1	4	15	39	46	15	56	29	6	25	54	15	0	4	71	25
109	8	26	56	41	28	46	28	0	2	4	19	37	25	9	1	2	7	31	20	49	27	42	31	5	52	32	8	2	3	59	38
110	7	47	27	19	26	24	11	0	0	1	11	47	31	9	1	0	3	38	14	48	7	68	26	3	35	47	15	1	0	82	18
111	8	47	38	23	23	30	8	0	3	3	21	37	22	7	3	4	13	39	29	31	15	67	18	7	47	33	12	2	0	78	22
112	21	23	66	49	21	55	36	0	1	5	18	30	26	11	7	3	2	18	30	52	36	51	13	13	55	30	3	1	2	64	35
113	7	21	60	43	39	41	18	0	1	1	9	32	31	18	4	4	9	24	22	55	30	43	27	8	64	23	4	0	7	61	32
114	14	28	64	58	9	63	36	0	0	2	22	42	23	6	3	2	0	13	45	42	25	48	27	14	42	35	7	1	8	66	22
115	18	35	59	38	29	35	21	0	0	5	20	41	22	10	3	0	0	21	32	47	18	53	29	9	43	33	13	2	3	82	15
116	9	22	60	51	26	51	29	1	1	6	19	30	26	11	2	3	4	26	33	40	17	54	29	6	53	33	4	4	6	70	24
117	17	29	60	48	24	48	26	1	2	8	24	41	16	6	1	2	0	20	33	46	26	56	18	12	48	31	9	2	4	77	19
118	11	24	57	36	34	42	21	0	2	5	12	30	28	14	5	5	8	14	30	56	22	49	29	5	65	31	1	1	6	55	39
119	12	37	44	32	34	29	19	2	4	8	24	42	12	6	1	1	12	35	38	27	13	52	35	6	49	34	11	0	6	75	19
120	14	25	67	54	28	45	31	0	1	3	13	28	24	16	7	9	6	20	26	54	30	47	23	10	72	18	1	0	6	56	38
121	17	18	68	59	32	41	29	0	2	2	14	26	25	16	8	8	6	22	34	44	32	40	28	17	59	24	3	0	4	71	25
122	16	29	60	47	25	46	21	0	2	2	12	35	26	17	3	5	12	20	27	54	27	40	34	12	61	24	3	1	4	60	35
123	14	23	62	53	22	54	34	0	0	2	8	28	29	21	6	7	4	16	29	55	33	38	27	12	69	14	4	1	3	55	42
124	14	16	66	59	26	59	41	0	0	2	8	28	30	19	10	5	0	17	28	55	43	39	18	16	58	16	7	4	10	39	51
125	10	16	61	55	34	50	39	0	0	2	8	30	32	17	5	7	0	15	37	48	37	47	16	12	74	14	1	0	2	71	27
126	17	14	84	66	22	64	54	0	0	2	8	30	32	17	5	7	0	15	37	48	37	47	16	12	74	14	1	0	2	71	27
127	11	19	64	56	25	56	39	0	0	5	16	23	24	19	7	6	3	20	33	47	23	40	37	11	46	33	6	1	8	63	29
128	13	19	60	56	31	50	29	0	0	0	5	30	33	22	6	4	0	19	25	56	28	47	26	8	64	22	1	4	8	60	31

## Continúa Apéndice I

129	12	15	65	58	31	54	40	0	0	0	2	25	24	23	15	11	4	21	24	55	46	36	19	15	64	14	4	4	7	46	47
130	14	19	64	61	22	59	44	0	0	2	6	30	30	18	10	5	2	17	27	55	41	38	21	18	62	16	1	3	5	48	47
131	18	7	82	73	20	73	61	0	0	0	9	31	31	21	7	1	0	9	48	43	43	52	5	20	52	14	5	0	4	71	25
132	12	0	94	91	18	82	71	0	0	0	12	39	30	14	3	2	0	6	62	32	44	50	6	9	56	18	6	6	3	56	41
133	21	9	78	69	26	66	48	0	1	2	2	18	40	25	8	5	0	12	47	41	46	37	17	24	52	18	1	5	3	49	48
134	0	79	15	9	18	4	2	0	0	1	8	21	21	23	15	11	23	61	15	24	13	39	47	0	33	52	12	3	13	54	33
135	0	88	5	4	8	5	0	0	0	0	12	25	31	20	5	7	35	64	14	23	8	36	56	0	29	59	9	3	19	62	19
136	0	61	16	11	38	2	7	0	0	0	8	16	17	17	26	16	14	46	9	45	10	37	53	0	28	54	15	4	7	68	25
137	6	69	6	3	27	4	0	0	0	6	26	35	18	8	3	4	42	80	13	7	8	44	48	0	49	41	8	2	17	54	29
138	0	57	10	9	35	9	4	0	0	0	8	12	14	24	22	20	31	75	12	13	2	40	59	2	35	53	8	3	17	63	20
139	0	69	19	12	26	5	4	0	0	2	7	15	19	23	18	16	21	64	19	17	10	17	72	0	32	38	21	10	22	51	27
140	30	18	50	49	40	42	38	0	2	9	20	37	21	8	1	1	16	53	39	9	25	49	21	16	68	13	1	1	12	42	46
141	26	21	45	38	45	33	33	0	0	8	19	27	21	15	4	6	5	37	37	25	31	50	19	21	46	24	7	2	13	50	38
142	3	40	31	20	15	20	0	2	10	18	42	18	13	0	0	0	3	36	47	3	3	43	47	0	35	29	21	8	13	60	17
143	15	35	38	12	0	4.6	7.7	0	7.7	0	12	50	15	3.8	12	0	0	7.7	7.7	15	7.7	23	69	7.7	38	31	23	0	27	42	31
144	12	61	39	0	18	18	0	12	19	7.6	24	21	12	0	0	0	4.2	41	41	4.2	0	41	56	13	15	17	21	34	23	65	0
145	4	1	83	8.3	4.2	0	8.3	0	16	12	22	36	14	0	0	0	0	45	50	0	7.5	38	60	10	48	38	10	10	20	76	5
146	0	70	18	6.3	5	19	0	0	19	12	41	37	15	0	0	0	0	45	50	0	7.5	38	60	10	48	38	10	10	20	76	5
147	0	71	24	5.8	18	0	0	0	0	0	5.8	17	44	29	8.8	0	0	12	39	94	0	8.8	79	0	0	62	38	0	21	79	0
148	0	69	19	0	7.6	7.6	0	0	0	3.8	19	19	27	33	38	0	0	12	27	58	9.6	9.6	56	0	13	57	3.1	0	7.6	67	17
149	0	81	3.8	1.9	9.6	6.7	0	28	7.1	26	29	7.3	3	0	0	0	69	31	0	0	56	44	31	44	44	6.1	38	8.8	74	17	
150	25	50	20	25	20	25	0	0	0	0	3	3	15	25	13	43	0	5	10	80	33	33	30	18	48	15	5	0	0	53	48
151	3	72	28	0	0	0	0	5	3	5	56	26	5	0	0	0	0	32	68	0	6	40	54	5	74	15	0	5	13	54	33
152	0	58	10	4	14	17	0	31	8	20	17	12	8	0	0	0	6	39	61	0	6	53	42	0	34	29	18	16	15	51	32
153	0	43	14	10	8	30	0	1	3	13	27	28	16	1	0	0	0	45	55	0	12	45	43	0	42	49	6	2	23	47	30
154	0	78	7	8	6	3	0	31	16	20	14	5	3	2	0	4	68	16	20	0	63	37	26	24	16	9	21	29	40	31	
155	0	66	0	0	10	12	12	14	3	17	26	22	15	1	0	0	0	36	64	0	0	43	57	20	47	17	3	11	17	38	45
156	0	58	2	3	10	0	0	15	2	13	31	17	14	4	0	0	0	35	29	35	8	42	50	22	26	20	9	20	14	49	37
157	0	68	21	4	1	4	0	32	6	40	26	13	3	0	0	0	0	62	31	7	0	47	53	12	39	17	10	19	26	37	34
158	0	28	55	31	18	10	13	0	0	1	17	31	31	14	3	0	0	11	51	38	13	20	68	0	70	20	5	5	22	49	29
159	0	100	11	27	61	0	0	0	2	26	42	26	3	0	0	0	6	88	6	6	36	55	8	23	42	30	2	0	43	43	12
160	5	62	14	29	7	2	0	14	0	0	9	17	24	10	16	6	0	5	76	19	38	29	33	5	81	0	5	10	17	31	52
161	5	41	32	6	23	19	14	1	0	8	19	41	23	2	0	0	9	34	50	7	9	59	32	2	56	27	9	4	37	26	35

## APÉNDICE 2

**Fórmulas utilizadas para el cálculo de los parámetros meteorológicos esperados.**

Eje 1 y eje 2 se refiere a los resultantes del análisis de correspondencia canónica

**Vector de la Temperatura Media Anual (vtma) =  $0.937391 * \text{eje1} + 0.348278 * \text{eje2}$**

**Temperatura Media Anual esperada =  $13.67 + 5.405 * \text{vtma} + 0.6621 * (\text{vtma}^2)$**

**Vector de la Temperatura del mes más cálido (vtmmc) =**

**$0.8666545 * \text{eje1} + 0.499099 * \text{eje2}$**

**Temperatura del mes más cálido esperada =  $24.08 + 4.226 * \text{vtmmc} - 0.6318 * (\text{vtmmc}^2)$**

**Vector de la Entalpía (ve) =  $0.816556 * \text{eje1} + 0.577266 * \text{eje2}$**

**Entalpía esperada =  $305 + 10.82 * \text{ve} + 2.15 * (\text{ve}^2)$**

**Vector de la duración de la estación de crecimiento (vdec) =**

**$0.920734 * \text{eje1} + 0.39019 * \text{eje2}$**

**Duración de la estación de crecimiento en meses esperada =**

$$7.838+2.476*v_{dec}+0.2709(v_{dec}^2)$$

**Vector de la precipitación promedio en la estación de crecimiento ( $v_{ppec}$ ) =  $0.999*e_{je2}$**

**Precipitación promedio en la estación de crecimiento esperada =**

$$81.33+63.61*v_{ppec}+14.06*(v_{ppec}^2)$$

**Vector de la precipitación promedio mensual en la estación de crecimiento ( $v_{ppmec}$ ) =**

$$0.910578*e_{je2}-0.413337*e_{je1}$$

**Precipitación promedio mensual en la estación de crecimiento esperada =**

$$10.66+7.258*v_{ppmec}+1.205*(v_{ppmec}^2)$$

**Vector de la precipitación total de los tres meses más húmedos ( $v_{p3mh}$ ) =**

$$0.94305*e_{je2}-0.332629*e_{je1}$$

**Precipitación total de los tres meses más húmedos esperada =**

$$38.89+25.13*v_{p3mh}+6.247*(v_{p3mh}^2)$$

**Vector de la precipitación total de los tres meses más secos ( $v_{p3ms}$ ) =  $0.732937*e_{je1}-$**

$$0.680296*e_{je2}$$

**Precipitación total de los tres meses más secos esperada** = 16 87-

$$19.84 * vp3ms + 6.088 * (vp3ms^2)$$

**Vector de la humedad relativa (vhr)** = 0.800599 \* eje1 - 0.599201 \* eje2

**Humedad relativa esperada** = 64.92 - 9.319 \* vhr - 0.546 \* (vhr<sup>2</sup>)

**Vector de la humedad específica (vhe)** = 0.78284 \* eje1 + 0.622224 \* eje2

**Humedad específica esperada** = 6.991 + 2.007 \* vhe + 0.6981 \* (vhe<sup>2</sup>)

**Temperatura del mes más frío** = 2 \* Temperatura media anual esperada - temperatura del mes más cálido esperada