



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

***FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
“ZARAGOZA”***

**Herbivoría en angiospermas fósiles de la Formación
Atotonilco El Grande, Hidalgo.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O**

P R E S E N T A :

ELVIA ITZEL GALDÁMEZ ESCUTIA

DIRECTORA: Dra. Patricia Velasco de León

Adscripción: Carrera de Biología, FES Zaragoza, UNAM.

MÉXICO, D. F.

AGOSTO DEL 2006.



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.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ Con especial cariño a la Dra. Patricia Velasco de León quien no solo me dio su apoyo académico sino que también me brindó su amistad y paciencia. Mil gracias.
- ❖ A mis sinodales: Dra. Alejandrina G. Ávila, Biol. Magdalena Ordoñez, M. en C. Evangelina Galván y Biól. Rigoberto Rodríguez; quienes me ayudaron con sus consejos para mejorar esta tesis.
- ❖ A Argelia, Diana, Erika, Pedro y Nohemí, que con su carácter tan alegre hicieron muy amena mi estancia en el laboratorio; estoy segura que a donde quiera que vayan harán muy felices a quienes los rodean. Muchísimas gracias por su apoyo y su amistad que valoro mucho.
- ❖ A Ana y Julissa porque aunque llegué un poco tarde también me brindaron su amistad.
- ❖ A DGAPA por el apoyo otorgado por medio del proyecto ES100102
- ❖ A Ernesto, Fabiola, Israel, Osvaldo, Paulina, y Paquito por los semestres que estuvimos juntos y que me dejaron disfrutar con ustedes.
- ❖ A Fausto por ser tan especial y compartir conmigo muy lindos momentos. Gracias por tu amistad.
- ❖ Rigo: con todo el amor te agradezco tu paciencia y el estar siempre conmigo en los momentos alegres y tristes y porque a tu lado mi vida es muy feliz; muchísimas gracias.

Dedicado con amor infinito para mi familia:

A mis padres:

Elvia Escutia García y Francisco Galdamez Molina

y mis hermanos:

Abdiel y Francisco

INDICE

Introducción	2
Antecedentes	12
Objetivos	14
Zona de estudio	15
Método	19
Resultados	21
Análisis y discusión de resultados	32
Conclusiones	36
Bibliografía	38
Anexos	42

INTRODUCCIÓN

La Paleontología, como ciencia que se dedica al estudio de los seres vivos que existieron en el pasado, constituye una de las fuentes de información más rica acerca de la historia de la vida; sus estudios también aportan gran cantidad de información sobre otros aspectos de la historia de la Tierra, como eventos geológicos, cambios geográficos a través del tiempo, climas, edad de los estratos de la corteza terrestre y ambientes sedimentarios antiguos.

Etimológicamente, el término Paleontología significa “estudio de los seres antiguos”; la cual, está formada por tres raíces griegas: *palaios* = antiguo, *ontos* = ser, *logos* = estudio. El vocablo fue acuñado por el geólogo inglés Charles Lyell en 1838 (García *et al.*, 2003).

El registro fósil está constituido por una gran evidencia de vida pretérita: restos esqueléticos, impresiones de estructuras orgánicas en rocas y sedimentos o bien evidencias de actividad orgánica (huellas, galerías, coprolitos, entre otras) que en general son llamados fósiles. Esta palabra derivó del vocablo latino *fossilis* (del verbo *fodere* “excavar”). En el presente, el concepto de fósil se define como “cualquier evidencia de vida en el pasado”, algunos autores agregan a la definición un límite temporal, marcando una antigüedad mínima de 10,000 años a tales evidencias para que sean consideradas como fósiles. Es importante recordar que por sí mismo el registro fósil es incompleto, debido al ambiente, a la destrucción biológica, mecánica y química, y al modo de vida de los organismos (García *et al.*, 2003).

Los registros de las interacciones planta-insecto consisten en indicios sobre hojas fósiles. Estas hojas muestran características del daño por insecto como alimentación en el margen, hoyos, hojas minadas, alimentación en esqueleto y agallas. La presencia de relaciones complejas alrededor del tejido nos ayuda a distinguir los daños que ocurren por alimentación a los que se efectúan por abrasión durante el transporte y la depositación. La reacción del tejido confirma

que este daño ocurrió mientras la hoja estuvo viva y que posteriormente murió (Meyer, 2003).

Aunque las plantas son los indicadores más usados para reconstruir paleoclimas, dentro de la Paleoecología, la comunidad y su evolución es revelada por las interacciones planta-insecto. Las plantas producen microambientes que los insectos usan para habitación y alimentación. Los estudios ecológicos de los insectos y su papel en el ambiente se concentran más en la relación entre insectos y su planta huésped. Esta interacción proporciona información valiosa acerca de la evolución de las estrategias alimentarias de los herbívoros, la coevolución entre plantas e insectos, el desarrollo de los ecosistemas complejos y la evolución del patrón de alimentación en respuesta al cambio climático (Meyer, 2003).

En relación al clima, Wilf y Labandeira (1999) plantean que la diversidad de los insectos herbívoros modernos y su presión sobre la planta hospedera se incrementa, generalmente, con la disminución de la latitud. Estas observaciones fueron confirmadas mediante estudios con fósiles de hojas con rastros de daño ocasionado por insectos en el suroeste de Wyoming en Estados Unidos, durante el periodo que comprende el fin del Paleoceno y el inicio del Eoceno. Otros estudios han demostrado la preferencia de los insectos por la vegetación caduca en lugar de la perenne, ya que la primera contiene menos sustancias dañinas para los herbívoros (Wilf *et al.*, 2001).

Las interacciones planta-insecto pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de alimentación o irritación que el insecto deja sobre la hoja, como se muestra en la figura 1 (Meyer, 2003):

Alimentación en el margen hoyos y corte de hoja

El indicio de alimentación puede ser a lo largo del margen de la hoja o como un hoyo interno. Esto es producido mediante el aparato bucal del insecto al alimentarse.

Alimentación en esqueleto

Ocurre cuando el insecto selecciona el tejido para comer, pero deja la intervención de la hoja.

1. Alimentación en el margen
2. Hoyos
3. Minas
4. Alimentación en esqueleto
5. Agallas
6. Corte de hoja



Figura 1. Hoja con las interacciones por insectos que se manejan en esta tesis. Modificado de Meyer (2003).

Minas

Una mina se define como una marca en forma de canales que dejan las larvas de algunos insectos, debido a que viven y se alimentan de la epidermis de la hoja por algún tiempo (Meyer, 2003). Algunos minadores no se alimentan de la misma manera durante todo su ciclo de vida; por ejemplo, algunas especies producen minas en serpentina cuando son larvas pequeñas y minas amorfas cuando son larvas grandes. Esta es la razón de la categoría A5 propuesta por Coulson y Witter (1990), la cual incluye varias combinaciones de categorías desde A1 hasta A4 (figura 2).

A1. Mina Lineal



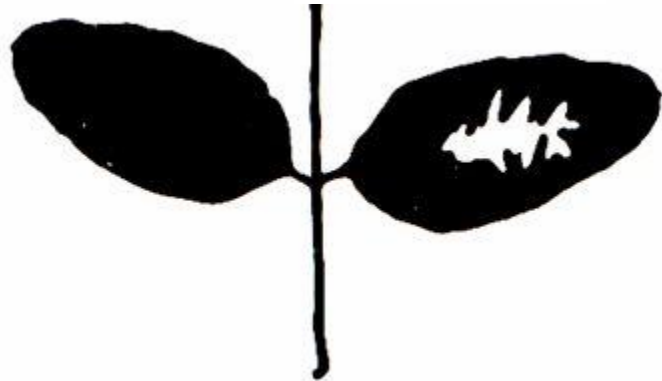
A2. Mina en Serpentina



A3. Mina Amorfa o en Mancha



A4. Mina Digitada



A5. Cualquier combinación de A1 a A4



A6. Mina de las Acículas



Fig. 2. Esquema de los diferentes tipos de minas. Modificado de Coulson y Witter (1990).

Agallas

Algunos parásitos de plantas, particularmente insectos, provocan el desarrollo de estructuras anormales de forma característica llamadas agallas, en las plantas hospederas. Las agallas son de diversos tamaños y formas, pueden ser bastante complicadas en estructura y sus características están determinadas por una interacción entre la especie hospedera y la parásita. Los organismos que causan las agallas, generalmente parasitan una sola especie de planta o, cuando mucho, unas cuantas especies estrechamente relacionadas (Greulach y Adams, 1989)

Las agallas inducidas por insectos han interesado a los humanos por varios siglos debido a su uso en medicina, industria y ocasionalmente como alimento. Por cientos de años, los Chinos han usado las agallas de homópteros (Aphididae) para hacer medicamentos, colorantes y como agentes para el curtido; otro ejemplo del uso de las agallas es el de los aborígenes Aguaruna en el Amazonas (Perú) quienes elaboran collares para ornamentación humana. Por otro lado, muchas agallas son conocidas por causar daños significativos a las plantas de cultivo y han sido estudiadas con el objetivo de mejorar el manejo de los agroecosistemas (Raman *et al.*, 2005).

El comportamiento sedentario de los insectos gallícolas durante su fase de desarrollo es un tema adecuado para la interpretación de los mecanismos ecológicos y evolutivos de los herbívoros. Debido a que los insectos formadores de agallas son altamente específicos en su planta huésped, actualmente está siendo explorado su potencial como control biológico de plagas vegetales; el número de trabajos dedicados a las agallas y a los agalleros es un signo del creciente interés hacia este tema.

El primero en usar el término agalla para referirse a los crecimientos anormales del roble fue Pliny en *Historia Naturalis XXIV* en el siglo I (Raman *et al.*, 2005). La Cecidología o ciencia que se ocupa del estudio sistemático de las agallas de las plantas, aparece al tiempo de las investigaciones del Italiano

Marcello Malpighi en el siglo XVII (Raman *et al.*, 2005). Algunos biólogos del siglo XIX como Alfredo Trotter, han mostrado una visión impresionante en el estudio de las agallas y los insectos inductores, observaciones que hoy en día continúan siendo válidas (Raman *et al.*, 2005).

Las agallas fósiles conocidas, consisten en impresiones dimensionales en las cuales ni los agalleros ni la estructura de la agalla está preservada, por lo que raramente revelan los detalles histológicos necesarios para asignarlos a un insecto en particular (Larew, 1986). El tamaño externo, condición y textura de la superficie de las agallas fósiles, en conjunción con su localización sobre los órganos de las plantas, pueden ser útiles en la identificación del organismo causante, algunas veces a nivel de familia y muy escasamente al de género (Labandeira, 2002). En contraste, las minas están en dos dimensiones, rasgo que presenta considerables detalles histológicos en compresiones fósiles cuando la preservación es buena o excelente (Nieves, 1998).

La primer agalla fue descrita por Weiss en 1904 (citado en Larew, 1986) en las secciones del tejido de las raíces de un espécimen de *Stigmara* del Carbonífero en Inglaterra, a la cual se le atribuyó un origen fúngico. La agalla más antigua relacionada con insectos data del Cretácico superior en Maryland, Estados Unidos, y fue descrita por Hickey y Doyle en 1977 (Larew, 1986), su estructura sugiere un patrón circular muy semejante a las agallas causadas por cinípidos de hoy en día.

De acuerdo con Larew (1986), es importante mencionar los sucesos más importantes relacionados a los eventos paleobotánicos y paleoentomológicos, como se muestra en el cuadro 1; sin embargo, hasta la fecha se han realizado estudios sobre agallas fósiles pero no se han ligado a la historia de su registro.

Cuadro 1. Número de agallas fósiles y eventos relevantes durante el tiempo geológico (Tomado y modificado de Larew, 1986).

<i>Periodo o Época</i>	<i>Intervalo en millones de años</i>	<i>Evento</i>	<i>Agallas</i>	<i>Evento-Agalla</i>
Holoceno	0.01		13	<i>Quercus/cinípido</i>
Pleistoceno	1.5-2		3	
Plioceno	5-13		28	Agallas reconocibles
Mioceno	22-23		7	
Oligoceno	37-38		6	
Eoceno	53-54	Angiospermas modernas	4	
Paleoceno	65			
Cretácico	136	Primeras angiospermas	6	Primer insecto gallícola
Jurásico	195		1	
Triásico	225	Cícadas y coníferas abundantes		
Pérmico	280			
Carbonífero	345	Insectos y carbón abundantes	1	Primera agalla (fúngica)
Devónico	395	Primeros insectos		
Silúrico	435	Primeras plantas terrestres		
Ordovícico	500			
Cámbrico	570			
Total			69	

La gran diversidad de insectos ha sido atribuida a la diversidad de las angiospermas y aunque la riqueza de los insectos es muy alta, sólo el 63% de las

familias están representadas en el registro fósil. Parte de la presunción de que las angiospermas fueron el mecanismo de la diversificación de los insectos viene de la inferencia de que los diversos tejidos y órganos (particularmente hojas y flores) proporcionaron un aspecto muy extendido de recursos ecológicos que pudieron ser explotados por los grupos herbívoros e insectos polinizadores (Labandeira *et al.*, 1994).

Clasificación de las agallas y organismos cecidógenos (Nieves, 1998)

Cecidofitos (Fitocecidias): Virus, Bacterias y Hongos

Cecidozoos (Zoocecidias): Rotíferos, Nematodos, Artrópodos, Ácaros e Insectos

Insectos gallícolas

Gallícolas por picadura alimenticia

Orden Thysanoptera

Orden Hemiptera:

Familia Tingidae.

Orden Homoptera:

Familias Cercopidae, Cicadellidae, Psyllidae, Aphididae, Eriosomatidae, Adelgidae, Phylloxeridae, Coccidae, Kermidae, Asterolecaniidae, Diaspididae y Eriococcidae.

Gallícolas en relación a la puesta

Orden Lepidoptera:

Familias Tortricidae, Gelechiidae.

Orden Coleoptera:

Familia Apionidae.

Orden Diptera:

Familias Cecidomyiidae, Tephritidae y Chloropidae.

Orden Hymenoptera:

Familias Tenthrenidae, Agaonidae, Pteromalidae, Eurytomidae y Cynipidae.

En el orden Thysanoptera se conocen unas 300 especies gallícolas distribuidas exclusivamente en los trópicos, en las regiones biogeográficas Oriental y Australiana. Las especies botánicas afectadas pertenecen a los géneros *Phicus*, *Piper* y *Acacia*. Las agallas son colectivas, generalmente poco diferenciadas, en forma de bolsa, y se desarrollan del efecto acumulador de una población al alimentarse (Nieves, 1998).

Los órdenes Hemiptera y especialmente Homoptera comprenden numerosos grupos gallícolas. Las familias mejor representadas son Psyllidae, Eriosomatidae, Adelgidae y Phylloxeridae. Los psílidos, con una diversidad estimada en unas 350 especies gallícolas, es un grupo eminentemente tropical y subtropical; en España provocan agallas en forma de enrollamientos foliares, principalmente sobre *Fraxinus*, *Rhamus* y *Laurus*; las agallas son simples en forma de bolsa abierta o cerrada, provocada por organismos solitarios y presentan un alto grado de especificidad. La familia Adelgidae tiene algunos representantes que producen agallas en forma de piña en las coníferas (Nieves, 1998).

La mayoría de los homópteros gallícolas se engloban en la familia Eriosomatidae que comprenden algunos pulgones, los géneros más representativos son *Baizongia*, *Forda*, *Eriosoma*, *Schizoneura* y *Pemphigus*, asociados con las familias Salicaceae, Ulmaceae y Anacardiaceae. La inducción de la agalla es provocada debido a la alimentación de la población (Nieves, 1998).

Las ordenes Coleoptera y Lepidoptera, en contraste con su gran diversidad, cuentan con relativamente pocas especies gallícolas. Los coleopteros están representados por unas 135 especies pertenecientes sobre todo a las familias Curculionidae, Apionidae y Buprestidae.

Por su parte, el orden Lepidoptera cuenta con unas 100 especies en todo el mundo inductores de agallas, la mayoría pertenecientes a la familia Tortricidae (Nieves, 1998).

El orden Diptera es el orden de insectos que agrupa el mayor número de especies gallícolas, estas pertenecen fundamentalmente a dos familias: Cecidomyiidae y Tephritidae, con escasos representantes de la familia Chloropidae. Los más importantes son los Cecidomyiidae, las agallas de estos dípteros son muy variadas y estructuralmente complejas, se conocen unas 300 especies de cecidómidos, de los cuales el 60% son gallícolas. A diferencia de otros, tienen una distribución geográfica muy amplia, algunos géneros son

cosmopolitas y no están tan restringidos a grupos concretos de plantas hospederas; así, hay muchos representantes en monocotiledóneas, especialmente gramíneas y en gimnospermas, a la vez que también se reparten en las principales familias de angiospermas. Los huevos son depositados en las superficies de los tejidos de las plantas y la larva busca activamente el lugar donde iniciar la agalla (Nieves, 1998).

En el orden Hymenoptera se encuentran las agallas más variadas y estructuralmente complejas que pertenecen fundamentalmente a las familias Tenthredinidae y Cynipidae. Uno de los géneros más importantes es *Pontania* con bastantes especies que inducen agallas en tallos y hojas de *Salix* (Salicaceae) (Nieves, 1998).

La familia de himenópteros más importante es la Cynipidae; son insectos de pequeño tamaño (1-7mm), de colores generalmente mates y sombríos con abdomen comprimido lateralmente para encerrar un largo ovipositor enrollado en espiral (Coulson y Witter, 1990).

A diferencia de los cecidómidos, los cinípidos inducen sus agallas en un grupo relativamente reducido de familias de plantas hospederas, destacando las fagáceas del género *Quercus* a las que están ligadas aproximadamente el 70% de todas las especies, el resto se reparten, en porcentajes decrecientes, en las familias Asteraceae, Rosaceae, Lamiaceae, Papaveraceae, Valerianaceae y Aceraceae (Nieves, 1998).

ANTECEDENTES

“Existe muy poca información acerca de impresiones de insectos fósiles para México. Feldmann *et al.*, (1998), describen la impresión de *Ixtahua benjamini* (ninfa de Odonata) del Cretácico temprano, Formación Tlayúa; Cifuentes *et al.* (2002) mencionan impresiones de un Plecoptera y un Coleoptera (Carabidae) del Oligoceno en Puebla, México, además de un blátido y un Orthoptera del Cretácico tardío de Coahuila, México. Perilliat (1989), en su listado “Fósiles Tipo Mexicanos”, hace mención a varios insectos incluidos en ámbar. Del Orden Coleoptera, menciona tres especies de Elateridae, tres de Platypodidae, un Dermestidae, un Alleculidae, un Chysomelidae y un Cantharidae; sin embargo, no menciona ningún registro de impresiones de este orden de insectos para el Terciario. Por otra parte, Poinar (1992) menciona coleópteros de las familias Micromalthidae, Elateridae, Dermestidae, Anobiidae, Alleculidae, Chrysomelidae y Curculionidae también incluidos en ámbar del Oligoceno y Mioceno y tampoco hace mención a impresiones de algún representante del orden en México” (Zaragoza y Velasco, 2003). Debido a esto y a que rara vez los insectos se encuentran asociados con hojas, solamente se ha reportado un estudio sobre las interacciones planta-insecto con fósiles en nuestro país (Galdámez y Velasco, 2004).

Cabe mencionar que en otros países se han realizado estudios referentes a este tema; por ejemplo Labandeira y colaboradores (2002) han llevado a cabo este tipo de investigaciones en diversas localidades en el Norte de Dakota en donde se han realizado estudios comparativos con del tipo de daño que se encuentra en 13 441 ejemplares de hojas fósiles del Cretácico/Terciario, así como su grado de especialización. De igual manera son de gran importancia los trabajos de Meyer (2003) para la Formación de Florissant, ya que es una de las localidades con mayor número de impresiones y diversidad de insectos. Otro trabajo importante es la tesis de doctorado de Smith (2000), quien realiza un estudio en dos bosques actuales de Costa Rica con material actual recolectado durante dos y tres años (Parque Nacional de Corcovado y La Estación Biológica La Selva)

basándose en las comparaciones de fósiles encontrados en la Formación Green River de Colorado.

Es por ello que este trabajo tiene la finalidad de dar a conocer las interacciones planta-insecto y su importancia en fósiles pliocénicos de Hidalgo, como el primer registro para nuestro país.

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar el tipo de asociación con insectos que presentan las hojas fósiles de las especies *Populus tremuloides*, *Quercus* sp, morfotipos y otras hojas indeterminadas recolectadas en Sanctorum y Santa María Amajac, Hidalgo, México.

PARTICULARES

- Identificar los fósiles de hojas dañadas por insectos, que se encuentran en la Colección Paleontológica de la FES-Zaragoza.
- Comparar el tipo de daño presente en las especies de hojas fósiles con hojas actuales, mediante el uso de bibliografía y claves especializadas.
- Relacionar si alguno de los 21 insectos fósiles (nueve órdenes) de la Colección Paleontológica de la FES-Zaragoza estuvieron asociados con las especies de hojas dañadas.

ZONA DE ESTUDIO

Se trabajó en dos zonas pertenecientes a la Formación Atotonilco El Grande, caracterizada como un paleolago, las cuales son: **Sanctorum (ST)** con coordenadas geográficas 20°18'04" latitud norte y 98°46'59" longitud oeste que representa la parte distal del lago y **Santa María Amajac (SMA)** ubicada a 20°18'19" latitud norte y 98°42'45" longitud oeste, considerada como la zona marginal (Fig. 3), para las cuales se ha propuesto una edad de 4.2 ± 0.3 m.a. (Kowallis *et al.*, 1998).

Los sedimentos lacustres que pertenecen a la Formación Atotonilco El Grande (figuras 4 y 5), poseen una composición litológica muy variada, probablemente la mayor de cualquier tipo de ambiente sedimentario, ya que se compone de rocas clásticas con intercalaciones de cenizas volcánicas y derrames basálticos en la cima, que en conjunto tienen hasta 600m de espesor (Arellano *et al.*, 2005).

Con base en el registro estratigráfico y paleontológico se considera que la Formación Atotonilco El Grande corresponde al Plioceno (Blancano). La secuencia estudiada se ha denominado "Paleolago de Amajac" y se constituye de sedimentos clásticos y volcanoclásticos en donde se diferencian varios tipos de rocas de diferentes facies: conglomerados, areniscas, limolitas, lutitas y cenizas volcánicas; presenta un contenido fosilífero alto en donde predominan lutitas, limolitas y grauvacas de grano fino (Arellano *et al.*, 2005).

La secuencia presenta gran cantidad de flora y fauna fósil de agua dulce, la flora pertenece a las familias de angiospermas Salicaceae, Platanaceae, Fagaceae, Rosaceae y plantas afines a helechos Equisetaceae (encontrados en ambas localidades). En cuanto a la fauna, son abundantes los gasterópodos del género *Planorbis* (Flores *et al.*, 2004), ostrácodos (Reyes y Vázquez, 2003), peces pequeños (Becerra, 2003; Rodríguez, 2004), restos de anfibios (Fuentes y Velasco, 2002; Solórzano *et al.*, 2004) y algunos insectos que se han localizado

únicamente en la región de Sanctorum como coleópteros, lepidópteros, dípteros y ortópteros entre otros (Arellano *et al.*, 2005).

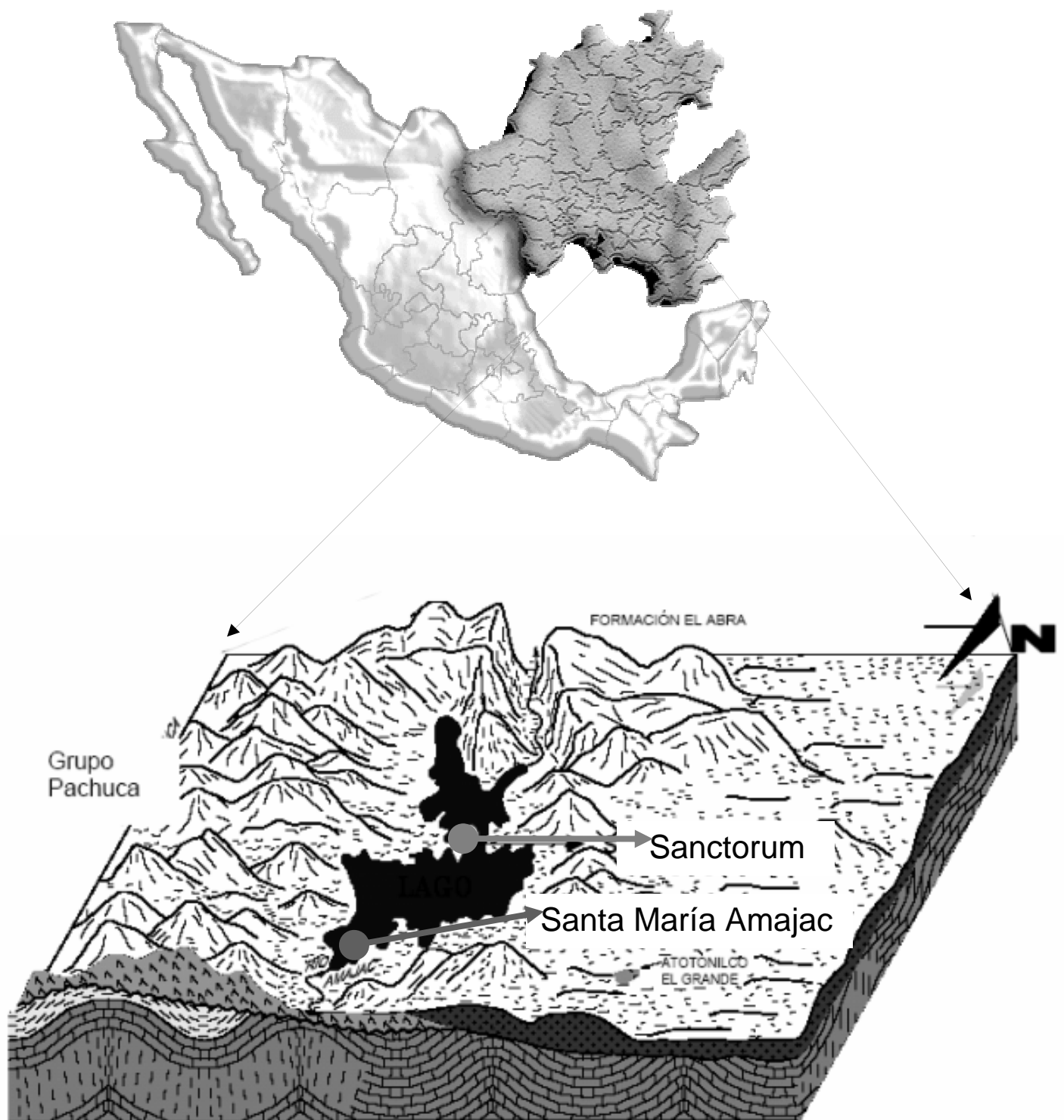


Figura 3. Localización de Sanctorum y Santa María Amajac

Columna Estratigráfica "Sanctorum".

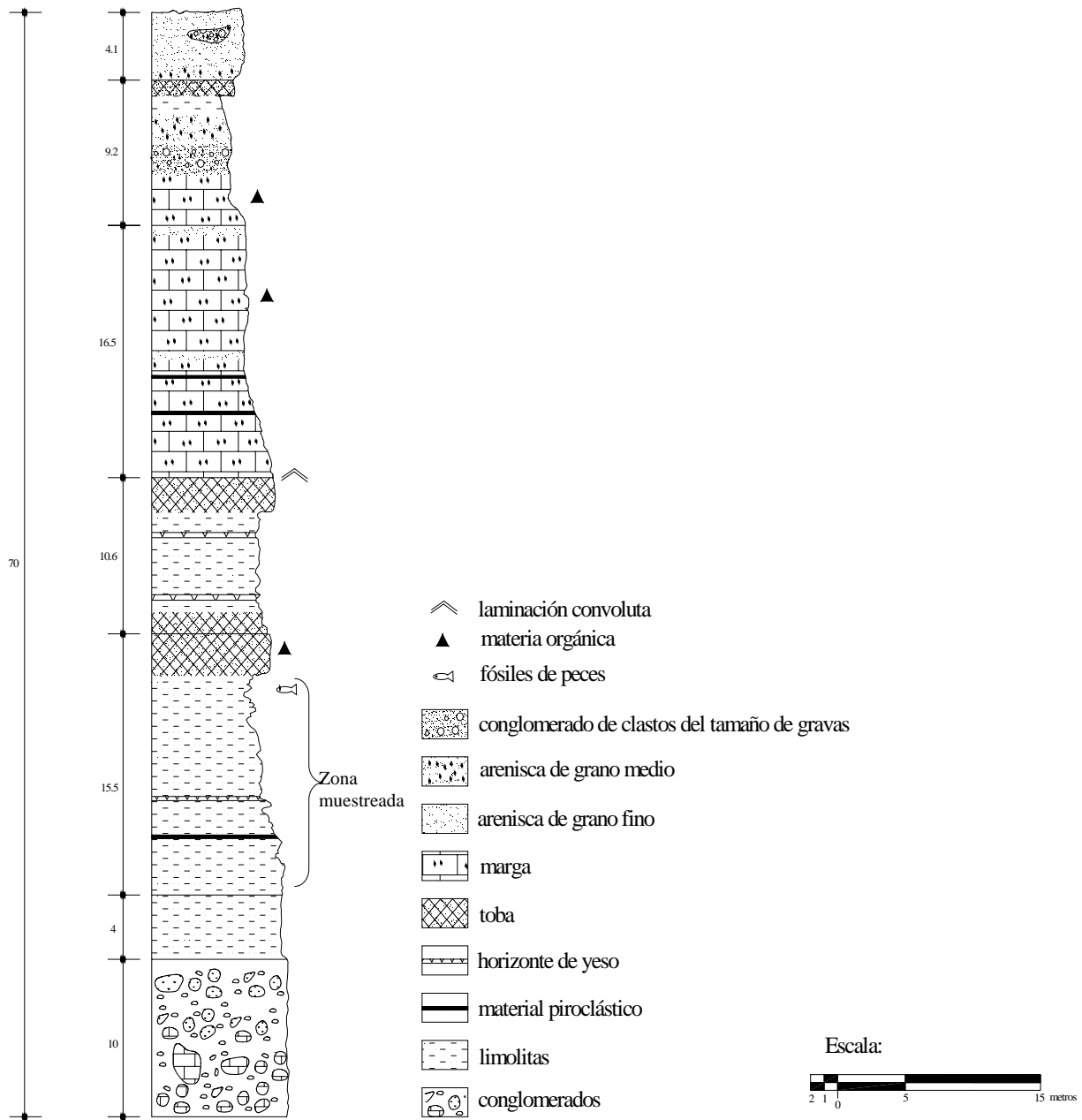


Figura 4. Sedimentos lacustres de Sanctorum, la zona de estudio va de los 14 a los 27m en la parte basal. Tomado de Salvador (2001).

Columna Estratigráfica “Santa María Amajac”

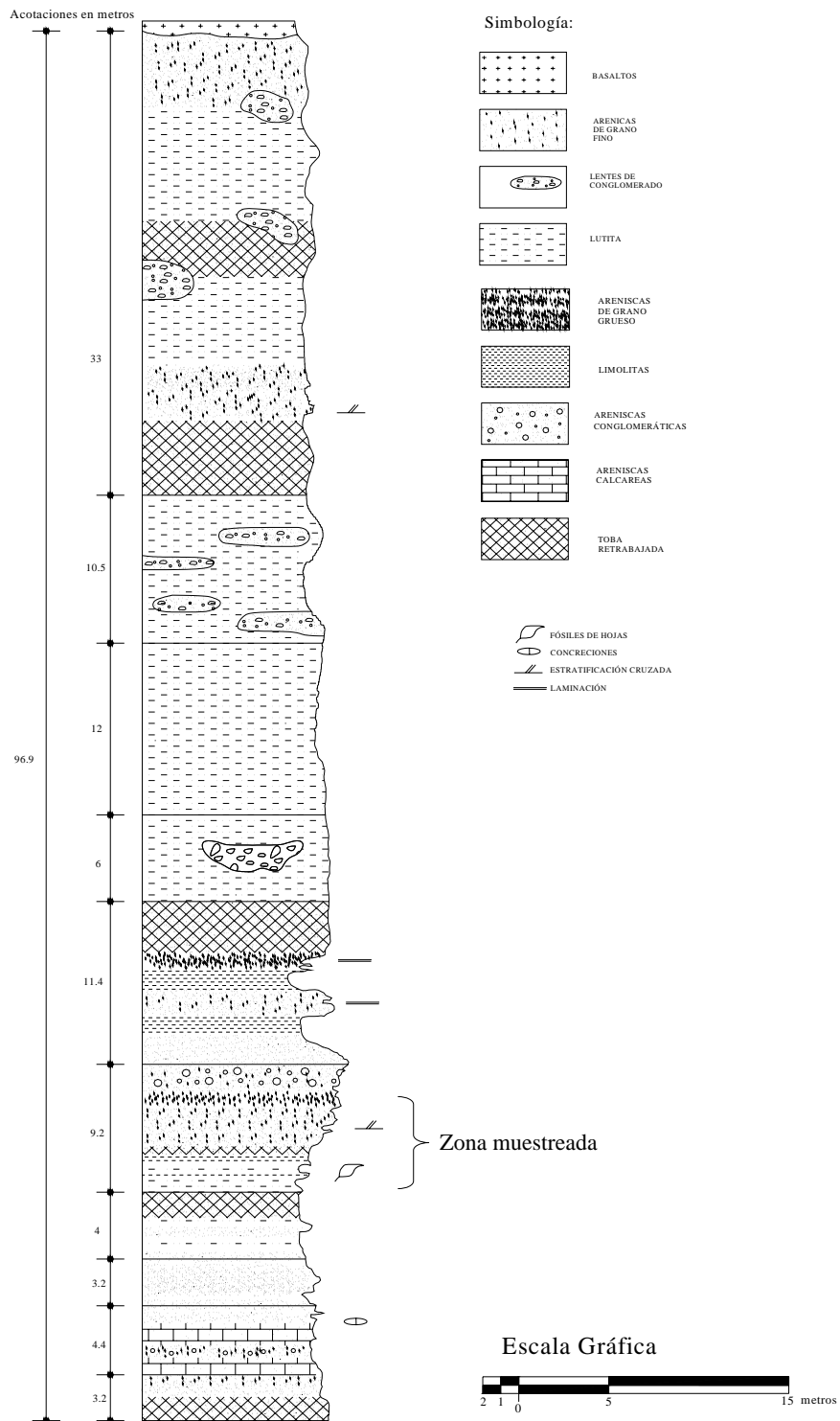


Figura 5. Sedimentos lacustres de Santa María Amajac, la zona de estudio va de los 14.8 a los 18.2m en la parte basal. Tomado de Salvador (2001).

MÉTODO

Material fósil

Se revisaron 2050 hojas fósiles de la Colección de la FES-Zaragoza, de las cuales 1350 pertenecen a la localidad de Sanctorum y 700 de Santa María Amajac. Se separaron por morfotipos para identificar aquellas con herbivoría. Se revisaron 21 insectos fósiles y se agruparon por órdenes.

Se realizaron siete salidas de marzo del 2004 a Noviembre del 2005 al lugar de trabajo con la finalidad de recolectar más fósiles. Los ejemplares obtenidos en campo se transportaron al laboratorio y cuando fue necesario se les aplicaron técnicas para su preservación y conservación como son la construcción de bases de yeso y limpieza mecánica con ayuda de agujas de disección. Se realizó la determinación taxonómica con claves especializadas y se incluyeron dentro de la colección.

A las hojas con huellas de herbivoría se les determinó el tipo de interacción con ayuda de literatura especializada y se documentaron mediante fotografías capturadas con una cámara coolpix 995. En algunos casos se realizó un intercambio de información con el doctor Conrad Labandeira del Museo de Washington para tener una mejor interpretación de los resultados.

Material actual

Se visitaron comunidades vegetales (en las fechas mencionadas anteriormente) *como vegetación de Galería* (Río Amajac, Río de Sanctorum, San Agustín Meztititlán y Río de Meztititlán) y *Bosques de Encinos* (Cerro Blanco, Real del Monte y Zacualtipán), donde se distribuyen géneros y especies semejantes a las hojas fósiles que presentan algún tipo de interacción, esto es con la finalidad de comparar el daño de las actuales con las fósiles.

Los árboles muestreados se marcaron y se tomaron tres hojas dañadas al azar, para las cuales se realizó el conteo de las minas y agallas. Se registraron las características de cada tipo de daño (color, forma y tamaño), se colocaron en bolsas de plástico o de estroza y se etiquetaron para su transportación al laboratorio.

Los ejemplares actuales se determinaron a nivel de género y cuando fue posible hasta especie. Cuando se encontró algún insecto sobre las hojas que pudiera ser huésped de la misma se llevó al laboratorio en frascos con alcohol al 70% y se realizó su determinación taxonómica con ayuda de claves y del personal del Museo de la FES-Zaragoza.

Al igual que con los fósiles se siguió bibliografía especializada para identificar la interacción, así como también para identificar al posible insecto causante, hasta el nivel taxonómico que fue posible. Se tomaron fotografías para facilitar su comparación con los fósiles y se elaboraron cuadros con los datos obtenidos del material actual para una mejor observación de nuestros resultados.

RESULTADOS

Material fósil

Hojas

De los 1350 fósiles de la localidad de Sanctorum, se identificaron 34 hojas con algún tipo de daño, de las que 22 son *Populus tremuloides*, 10 *Quercus* sp, cinco indeterminadas y un *Juglans*. Los tipos de interacción en orden de abundancia, fueron las agallas, principalmente sobre hojas de *Populus tremuloides* (cuadro 2), las cuales presentan una forma redondeada con medidas muy similares; también se encontraron la alimentación en el margen y hoyos, con medidas variables, y finalmente una mina sencilla en serpentina siguiendo la vena principal de la hoja (figuras 6 a 10).

Cuadro 2. Hojas fósiles de Sanctorum con el tipo de interacción y daño. Ø=diámetro, (A)=ancho y (L)=largo.

Ejemplar	Hoja	Tipo de daño	Medidas del daño
1. ST 99	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
2. ST 194	--	Agallas	1mm Ø
3. ST 405	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
4. ST 406	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
5. ST 416	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
6. ST 419	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
7. ST 453	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1.5mm Ø
8. ST 494	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1.5mm Ø
9. ST 514	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
10. ST 529	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
11. ST 639 3 fósiles	A,B,C- <i>Quercus</i> sp	(A,B)-Hoyos (C)-Agalla	Hoyos- variables Agalla- 1.5mm
12. ST 869	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
13. ST 879	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1.5mm Ø
14. ST 927	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
15. ST 1221	<i>Quercus</i> sp	Hoyos	Variables
16. ST 1263	--	Hoyos y alimentación en el margen	Variables
17. ST 1269	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1.5mm Ø
18. ST 1271	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
19. ST 1537	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
20. ST 1547	<i>Quercus</i> sp	Alimentación en el margen	
21. ST 1666	<i>Quercus</i> sp	Agallas	1mm Ø

22. ST 1672	<i>Juglans</i>	Alimentación en el margen	7.5mm(A)x6mm(L)
23. ST 1673	<i>Quercus</i> sp	Agallas	2mm(A)x1.5mm(L)
24. ST 1754	--	Agalla y Mina sinuosa siguiendo la vena 1°	-1mm Ø y -1mm de ancho respect.
25. ST 1828	<i>P. tremuloides</i>	Agalla	1mm Ø
26. ST 1845	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
27. ST 1860	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
28. ST 1867	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	-1mm Ø
29. ST 1872	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
30. ST 1875	--	Alimentación en el margen	8mm(A)x7mm (L)
31. ST 1925	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø
32. ST 1959	<i>P. tremuloides</i>	Agallas	1mm Ø



Figura 6. ST1547 con alimentación en el margen.

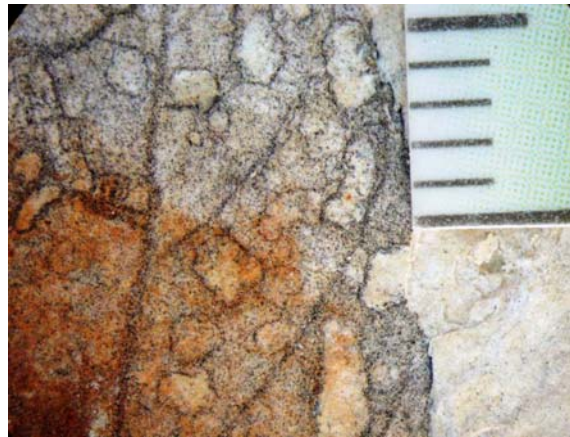


Figura 7. ST1263 mostrando hoyos.

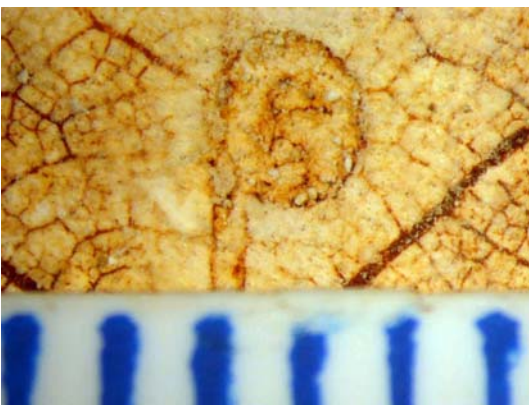


Figura 8. ST1673 *Quercus* con agalla.



Figura 9. ST1872 *Populus* con agallas.

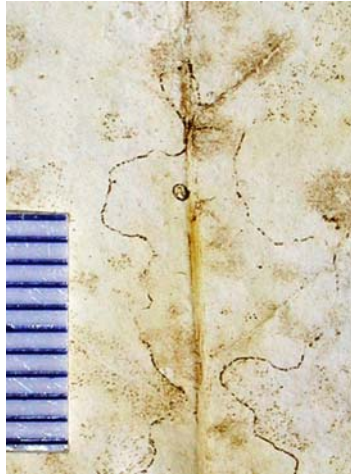


Figura 10. ST1974 con mina y agalla.

Para Santa María Amajac se revisaron 700 hojas fósiles, se identificaron cuatro ejemplares, de los cuales tres pertenecen al género *Quercus* y una hoja sin determinar (cuadro 3). El único tipo de interacción presente fueron agallas circulares (Fig. 11).

Cuadro 3. Hojas fósiles de Santa María Amajac con el tipo de interacción y daño. Ø=diámetro, (A)=ancho y (L)=largo.

Ejemplar	Hoja	Tipo de daño	Medidas del daño
1. CFZ 49	<i>Quercus</i> sp	Agallas	1.5mmØ
2. CFZ 133	--	Agallas	2mmØ
3. CFZ 148	<i>Quercus</i> sp	Agallas	3.5mmØ
4. SMA 469	<i>Quercus</i> sp	Agallas	2mmØ

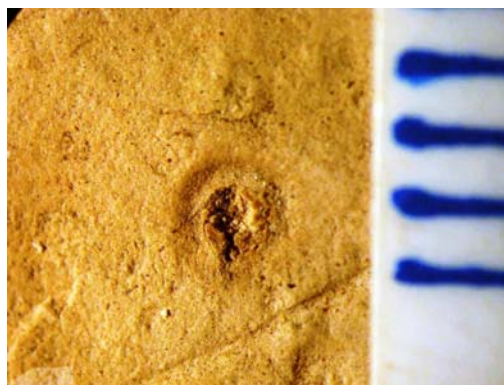


Figura 11. CFZ49 agalla sobre *Quercus*.

La gráfica siguiente (figura 12) nos ayuda a apreciar mejor los resultados, ya que podemos observar la marcada preferencia de los insectos por las hojas del género *Populus*.

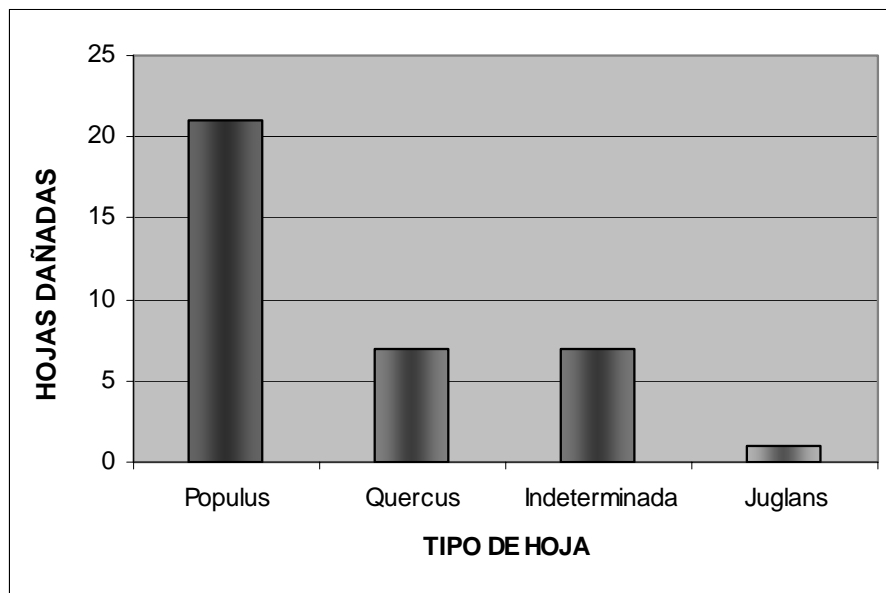


Figura 12. Intensidad de hojas dañadas de ST y SMA

Las agallas, seguidas de la alimentación en el margen, hoyos y minas fueron los principales tipos de interacción encontradas en la zona de estudio (figura13).

Frecuencia del daño

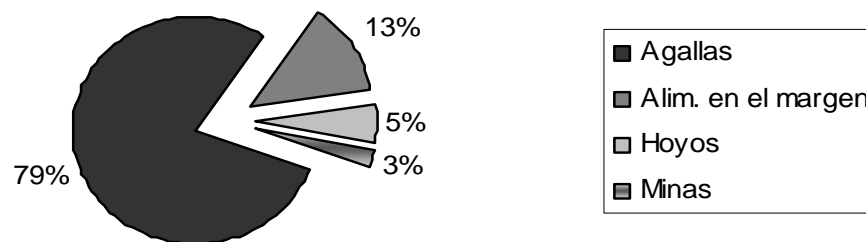


Figura 13. Frecuencia del tipo de interacción presente en las hojas fósiles.

Insectos

De los 21 insectos fósiles de la localidad de Sanctorum se obtuvieron nueve órdenes (com.pers. Dr. S. Zaragoza), los cuales son: Zigoptera, Isoptera, Hemiptera, Thysanoptera, Lepidoptera, Orthoptera, Coleoptera, Diptera, e Hymenoptera. Siendo los más abundantes los coleópteros y dípteros (ver Anexo).

De acuerdo con Labandeira (com. pers.) y la revisión previa de artículos publicados por él mismo y sus colaboradores, así como trabajos de Meyer en la localidad de Florissant se propone que las agallas de los fósiles pertenecen a dípteros o himenópteros.

Los fósiles de dípteros de la Colección de la FES-Zaragoza pertenecen a la familia Tipulidae, como se puede observar en las figuras 14 y 15, en donde se muestra la semejanza en el abdomen segmentado y las patas largas, así como un solo par de alas. De acuerdo con Coulson y Witter (1990), la principal familia agallera es la Cecidomyiidae, de la cual no se tiene registro fósil para Sanctorum pero no se descarta su presencia en el paleolago.



Figura 14. ST 970 Díptero fósil, Tipulidae.



Figura 15. Imagen de un Tipulidae actual.

En el registro fósil de la FES-Zaragoza se ha identificado un ejemplar de Hymenoptera (figura 16), el cual presenta gran semejanza a un cinípido actual (figura 17) por su conexión entre el tórax y el abdomen, y los dos pares de alas. Los principales himenópteros formadores de agallas pertenecen a la familia Cynipidae (Coulson y Witter, 1990), por lo que las agallas presentes en las hojas fósiles podrían pertenecer también a este grupo.



Figura 16. Himenóptero (ST865)



Figura 17. Esquema de un cinípido actual

Material actual

De las recolectas en vegetaciones actuales se obtuvieron hojas dañadas de los géneros *Quercus*, *Populus*, *Platanus*, *Persea*, *Salix*, *Juglans* y *Alnus*. Las poblaciones de *Quercus* fueron las que presentaron mayor daño, seguidas de *Persea*.

Al igual que con los fósiles se graficaron los datos obtenidos, para observar la preferencia de los insectos dependiendo del tipo de hoja, que como se muestra en la figura 18, los más afectados resultaron ser los del género *Quercus*, seguidos del género *Persea*.

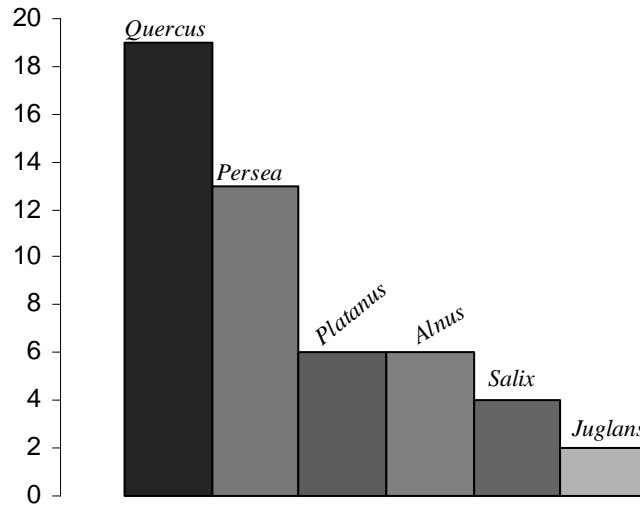


Figura 18. Gráfica de la intensidad de hojas dañadas

En cuanto al tipo de interacción más frecuente, en contraste con los fósiles, el de mayor incidencia son las minas, seguidos de las agallas, hoyos y alimentación en el margen.

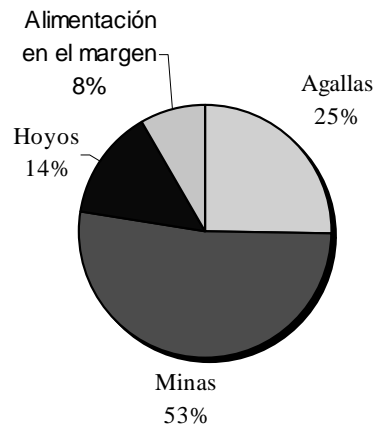


FIGURA 19. Gráfica con la incidencia del tipo de daño

Al realizar las comparaciones de los diferentes tipos de herbivoría de los ejemplares fósiles con los actuales se observó lo siguiente:

Agallas

Las agallas fósiles de *Populus* son muy similares entre sí en su morfología, pero no fue posible compararlas con actuales, debido a que éste género ya no se distribuye en la zona de estudio ni en los alrededores, por lo que no se obtuvieron muestras de ejemplares actuales.

Para el caso de *Quercus*, el tipo de interacción detectado en las hojas recolectadas resultó ser diferente a la de los fósiles; sin embargo, permitieron observar la gran diversidad en la morfología de las agallas, como por ejemplo las de tipo globosas, que pueden estar ubicadas en el tallo o sobre las hojas y generalmente son redondas (figura 20) además de presentar el orificio de salida de los insectos pudiendo contener un solo insecto o grupos de ellos. Otro tipo son las eriosinadas (figura 21), que presentan pelillos alrededor de ellas, la mayoría formadas por algunos ácaros.



Figura 20. *Quercus* con agalla globosa (Real del Monte)



Figura 21. *Quercus* con agallas eriosinadas (Real del Monte)

En el registro fósil para ST y SMA, no se encuentran hojas del género *Persea*; sin embargo, las recolectas en campo de este taxón deducir que las agallas presentes en los fósiles se originaron debido a la puesta y no a la

alimentación, ya que se observa el orificio de salida del insecto, como se aprecia en las figuras 22 y 23.



Figura 22. Hoja actual de *Persea* (Río de Sanctorum)



Figura 23. ST639 agalla de *Quercus*

Minas

Las minas de todos los géneros recolectados resultaron ser muy diferentes a la de ST. En la figura 24 se puede observar que la fósil es sencilla, en forma de serpentina, siguiendo la vena principal. La actual se dirige hacia el margen de la hoja, además de ser más elaborada (figura 25). Otros tipos de minas actuales corresponden a las de tipo manchón (figura 26) y las lineales (figura 27).



Figura 24. ST 1974 con mina



Figura 25. *Persea* con mina (Río de Sanctorum)



Figura 26. *Quercus* con mina en manchón (Real del Monte)



Figura 27. Mina de *Epilachna* sp en *Salix* (Río de Sanctorum)

Alimentación en el margen y hoyos

La alimentación en el margen y hoyos en los fósiles (figura 28), no se pueden atribuir a un insecto en específico, debido a la gran variedad de éstos con aparatos bucales del tipo masticador; además de que no hay los ejemplares suficientes como para observar algún patrón de la alimentación que sugiera que pertenecen a algún tipo de insecto en particular.

En la vegetación actual se encontraron algunos insectos sobre las hojas, ocasionando este tipo de daño de manera directa (figuras 29 a 31). Los insectos encontrados sobre las hojas estaban principalmente en las hojas jóvenes, ya que probablemente, el tejido de éstas es mucho más blando, lo que las hace más palatables para los insectos.

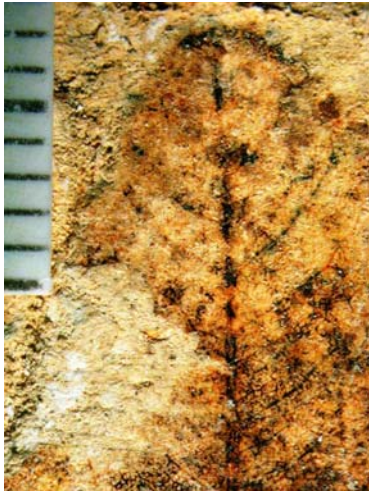


Figura 28. ST1672 con alimentación en el margen



Figura 29. *Juglans* con alimentación en margen (Río de Sanctorum)



Figura 30. *Juglans* con alimentación en el margen con un Hemíptero (Río de Sanctorum)



Figura 31. *Platanus* con hoyos de Coleóptero

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Material fósil

Se observó que las hojas que presentaron una alta preferencia de los herbívoros son las de *Populus* (22 hojas dañadas), lo cual puede deberse a la alta palatabilidad de estas plantas, tal como lo refieren Wilf y Labandeira (1999) para individuos de *Alnus* relacionando el alto índice de hojas fósiles dañadas de este género, con el elevado nivel de nitrógeno que éstas contienen (como se puede observar actualmente) y que pudiera presentarse un caso similar que para *Populus*.

En cuanto a los cuatro tipos de interacciones encontradas, las agallas fueron las más abundantes, lo que hace suponer una predominancia de los insectos gallícolas con respecto a otras asociaciones.

Las agallas que se presentaron en *Populus*, tienen dimensiones similares entre sí (de 1 a 1.5mm de forma esférica para todos los casos), con lo que se propone que el insecto responsable de la interacción es el mismo y se atribuyen a insectos del Orden Hymenoptera, Familia Cynipidae o bien al Orden Diptera, Familia Cecidomyiidae, esto es porque estos insectos se relacionan con la formación de agallas ocasionadas por la puesta de huevecillos, y como se observó anteriormente en las figuras 22 y 23, los fósiles presentan el orificio de salida del(de los) insecto(s), además de que las agallas de estas familias son lo más parecido a nuestro registro fósil y a que actualmente los cinípidos son huéspedes comunes en *Quercus* y *Populus*, debido a su amplia distribución,

Las agallas de *Quercus* se atribuyen también a los mismos órdenes de insectos anteriores (Hymenoptera y Diptera), debido a que la morfología de las agallas es básicamente la misma que para las de *Populus*, ya que éstas sólo varían en tamaño. Sin embargo, probablemente se estaría hablando de especies agalleras diferentes y tal vez de familias distintas para cada género de plantas.

El inductor de la mina, en cuanto a tamaño y morfología que se propone es del orden Diptera, familia Agromyzidae, debido a que todas las demás familias de dípteros (al igual que otros órdenes) realizan minas mucho más elaboradas y más gruesas. Esto fue corroborado por Labandeira del Museo de Washington (com.pers.), quien menciona que el tipo de mina de Sanctorum es idéntica a las encontradas en *Platanus raynoldsi* del Paleoceno temprano del este de Montana y que pertenecen a los Agromyzidae.

La alimentación en el margen y hoyos no son atribuibles a un género de insectos en particular, ya que existen diversos grupos que poseen aparatos bucales especializados para originar este tipo de daño sobre las hojas; como ejemplos de ellos tenemos a los coleópteros, lepidópteros, himenópteros y dípteros, entre otros.

En los insectos fósiles para Sanctorum, tenemos organismos pertenecientes al orden Díptera, sin embargo la familia que ha sido identificada es la Tipulidae, que no están reportados en la literatura como agalleros importantes ni como minadores de hojas. No obstante, no se descarta que la familia Cecidomyiidae, y Agromyzidae (que son los que se señalan como responsables de las interacciones en este trabajo) estuvieran presentes en el paleolago. Recordemos que el registro fósil es incompleto, además de que la fosilización de los insectos es un proceso muy difícil debido a la carencia de estructuras rígidas en su cuerpo.

Material actual

En las recolectas del bosque de encinos se presentaron mezclas de las interacciones; sin embargo, las más frecuentes fueron las minas y con menor frecuencia se presentaron agallas del tipo vesiculares, globosas o eriosinadas. Lo que resultó ser lo contrario con lo visto en las hojas fósiles, aunque esto se debe a la diferencia de las especies vegetales muestreadas.

En la vegetación riparia, para el caso de los Juglandaceae no se presentaron minas ni agallas, sólo estuvo presente la alimentación en el margen y hoyos.

Persea, *Alnus* y *Quercus* presentaron minas que no resultaron tener parecido con la fósil, debido al tamaño y morfología de las mismas.

Con las recolectas de *Persea* se pudo inferir que las agallas dejan una marca muy particular de los insectos debido a la puesta de huevecillos y que las hace diferentes a las producidas por alimentación, por este motivo, descartamos a las que se producen debido a la alimentación del registro fósil para Sanctorum y Santa María Amajac, ya que éstas si presentan el orificio de salida del insecto.

Durante el muestreo de la vegetación se observó que el mes en el que se presenta el mayor número de hojas dañadas es marzo pero no se observan insectos en el tiempo de recolecta, mientras que en junio se observó la interacción directa de los insectos sobre las hojas más jóvenes.

En todos los meses se encontraban minas o agallas, lo cual puede deberse a que las comunidades vegetales muestreadas son caducifolias y constantemente renuevan sus hojas, lo cual es benéfico para los insectos. Smith (2000), menciona en su trabajo que durante los meses calurosos encontraba un mayor grado de herbivorismo sobre las hojas, sobre todo en las caducifolias debido a que tienen muy pocas toxinas para los insectos, como también se observa en este trabajo; sin embargo, para el caso de los fósiles si bien no se pueden relacionar con un mes en específico, si se deduce que las interacciones que encontramos fosilizadas se vieron favorecidas por el paleoclima, ya que según Aguilar y Velasco (2002), éste corresponde al tipo templado subhúmedo, con una temperatura media anual entre $16.7 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$, con la fórmula $\text{Ca}(w)(w_0)(e')$ y una precipitación de $650 \pm 120\text{mm}$. Actualmente el clima en la zona de estudio es $\text{BS}_1\text{kw}''(\text{i})\text{g}$, con una temperatura media de 16.9°C con una precipitación de 458.5 mm.

La composición florística de la paleocomunidad estaba representada por la familia Platanaceae con el género *Platanus*, de las familias Salicaceae y Rosaceae y la familia Fagaceae con el género *Quercus* y hoy en día la vegetación es del tipo matorral xerófilo, por lo que algunas especies actuales recolectadas para este estudio son diferentes a las fósiles.

CONCLUSIONES

- El nivel de herbivoría encontrado en las hojas del paleolago de Sanctorum y Santa María Amajac no es grande en comparación con otras Formaciones.
- La fosilización de las interacciones planta-insecto, es muy baja (1.7% del total de hojas).
- Existió una baja incidencia de alimentación y de puesta de insectos.
- Las interacciones planta-insecto del paleolago que predominaron fueron las agallas.
- La diversidad de insectos agalleros no fue muy grande y/o la especificidad fue muy alta.
- Se presentaron agallas en los géneros: *Quercus*, *Juglans*, indeterminadas y *Populus*. En este último la incidencia fue mayor
- Se estableció la relación de las agallas fósiles con los órdenes de insectos Hymenoptera y Diptera de la Colección de la FES-Z
- La mina se atribuye también a Himenópteros o Dípteros, debido a la forma de la misma.
- Las recolectas actuales permiten rescatar información valiosa acerca de la morfología de los diversos tipos de interacciones.
- Para este trabajo la vegetación actual, permitió la identificación de las interacciones que se encuentran en los fósiles, así como para inferir si el daño pertenece a un solo tipo de insecto o a varios.

- Debido a lo anterior, se propone que para trabajos posteriores, se recolecte vegetación actual parecida a la fósil (Bosques de encinos, comunidades riparias que contengan *Populus* y *Platanus*), para poder observar cómo va cambiando la herbivoría dependiendo de la estación del año, así como identificar y comparar el daño con los fósiles para poder asociarlo con el insecto inductor.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar F., J. y Velasco L.M.P. 2002. El clima durante el Plioceno en la región de Santa María Amajac, Hidalgo, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 71:71-79.
- Arellano G.J., Velasco L.M.P., Silvia P.A., Salvador F.R. y Beltrán R.F., 2005, Origen y características geológicas del paleo-lago de Amajac, Hidalgo, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 22(2): 199-211.
- Becerra M.C.A., 2003, Estudio anatómico de las aletas impares de los Goodeidos fósiles procedentes de Sanctorum (Formación Atotonilco El Grande), Hidalgo, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Borror D.J., De Long D.M., Triplehorn Ch.A. 1976, An Introduction to the study of insects. Fourth Edition.
- Coulson, N.R. y A.J. Witter. 1990. Entomología forestal. Ecología y control. Editorial Limusa, México.
- Flores C.D., Naranjo E., y Velasco L.M.P., 2004, Micro gasterópodos del paleolago de Amajac, Hidalgo, Resúmenes: IX Congreso Nacional de Paleontología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Fuentes G.E.P. y Velasco L.M.P., 2002, Anuros de la Formación Atotonilco El Grande, México. Resúmenes: VIII Congreso Nacional de Paleontología, Guadalajara, Jal., México.

- Galdámez E.E.I., y Velasco L.M.P., 2004, Relación planta-insecto en fósiles del Plioceno del Estado de Hidalgo, Resúmenes: IX Congreso Nacional de Paleontología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- García, P., F. Sour, y M. Montellano., 2003, Paleontología. Las Prensas de Ciencias. México. 246p.
- Greulach A.V. y Adams E.J., 1989, Manual de botánica y ecología. Volumen 3. Ediciones Ciencia y Técnica. México.
- Kowallis, B.J., Carl, C.S., Carranza Castañeda, O., Millar, W.E. Tingey, D.G., 1998, Fisión-track and single-crystal Ar/Ar laser-fusion ages from volcanic ash layers in fossil-bearing Pliocene sediments in Central México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15 (2), 157-160.
- Labandeira C.C, Dilcher D.L., Davis D.R. and Wagner D.L., 1994, Ninety-seven million years of angiosperm-insect association: Paleobiological insights into the meaning of evolution. *Proc Natl. Acad. Sci. USA*. Vol. 91:12278-12282.
- Labandeira, C.C., 2002, Paleobiology of middle Eocene plant-insect associations from the Pacific Northwest. A preliminary report. *GeoScienceWorld* 37(1):31-59.
- Labandeira, C.C. Johnson, K.R.y Wilf, P., 2002, Impact of the terminal Cretaceous event on plant-insect associations. *Proc Natl. Acad. Sci. USA* 99(4):2061-2066.
- Larew H.G., 1986, The fossil gall record: a brief summary, *Proc. Entomol. Soc. Wash* 88(2), pp 385-388

- Meyer, W.H. 2003. The fossils of Florissant. Smithsonian Books. Washington. 258p
- Nieves, J.L., 1998, Insectos que inducen la formación de agallas en las plantas: Una fascinante interacción ecológica y evolutiva. Boletín SEA, 23: 3-12.
- Raman, A., W.C. Schaefer, M.T. Withers. 2005. Biology, Ecology, and Evolution of Gall Inducing Arthropods. Vol. I. Science Publishers, Inc. USA.
- Reyes T.A. y Vázquez R.S.D., 2003, Determinación taxonómica y geoquímica de la concha de ostrácodos fósiles pertenecientes al Plioceno presentes en Sanctorum, Hidalgo, México. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rodríguez, B.R., 2004, Estudio tafonómico de los peces del paleolago de Amajac, Hidalgo, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Salvador, F. R., 2001, Origen, sedimentología y estratigrafía del Paleolago de Amajac, Hidalgo. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Smith M. D., 2000, The Evolution of plant-insect interactions: insights from the Tertiary fossil record. For the degree of Doctor of Philosophy. Department of Geosciences. University of Arizona.
- Solórzano A.A., Velasco L.M.P. y Reynoso V.H., 2004, Primer reporte de esqueletos articulados de salamandras fósiles del Plioceno del Estado de Hidalgo, Resúmenes: IX Congreso Nacional de Paleontología, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

- Wilf, P. and C.C. Labandeira., 1999, Response of plant insect-associations to Paleocene-Eocene Warming. *Science*. 284(5423):2153-2156.
- Wilf, P., C.C. Labandeira, K.R. Johnson, P.D. Coley and A.D.Cutter. 2001. Insect herbivory, plant defense, and early Cenozoic climate change. *Proc Natl. Acad. Sci. USA* 98(6):221-226
- Zaragoza C.S. y Velasco L.M.P., 2003, “Una especie nueva de *Epicauta* (Coleoptera: Meloidae) del Plioceno del Estado de Hidalgo, México”. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 20 (2):154-159

ANEXO

RIO DE SANCTORUM

Cuadro 4. 4 y 5-marzo-04

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
1. <i>Persea</i>	s/ápice 18cm(L) y 8.2cm (A)	46 agallas en vena 1ª y 2ªs vesiculares de 7mm(L) y 4mm(A)	En forma de serpentina, café oscuro de 14.3cm(L) y <1 a 1mm(A)	
2. <i>Persea</i>	19.6cm(L) y 8.3cm(A)	NP	De forma sinuosa de 18cm(L) y de 1-2mm(A)	

Cuadro 5. 22-mayo-04

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
1. <i>Persea</i>	s/ápice. 23cm(L) y 12cm(A)	≈21 agallas vesiculares de 6mm a 8mm(L) y 4mm(A), dejando una marca al caer de 5cm. Sobre venas 2ª y 3ª	Una mina que termina en manchón a lo largo de una vena 2ª de 6.2cm(L) y de 1-6cm(A)	
2. <i>Persea</i>	9.2cm(L)y 4.2cm(A)	NP	Blanquecina y recta siguiendo la vena 1ª de 12cm(L) y <1 a 1mm(A)	
3. <i>Persea</i>	14.8cm(L) y 6.7cm(A)	NP	Dos minas blanquecinas de 4.6cm y 2.2cm(L) y <1 a 1mm(A)	Seis hoyos alargados de 2mm(A)
4. <i>Fraxinus o alnus</i>	7.4cm(L) y 4cm(A)	NP	NP	Hoyos alargados y pegados a las venas 2ªs.

Cuadro 6. 18-noviembre-04

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
1. <i>Persea</i>	18.7cm(L) y 11.4cm(A)	Dos agallas vesiculares en el haz 7mm(L) y 3mm(A). El hueco al caer es de 3mmØ	En el haz de tipo manchón 3.8(L) y 2.5cm(A) y minas tipo esqueleto	En el envés se encontró un insecto (Hemíptero, Fam. Tingidae) y otros en estados ninfales, (Fam. Aradidae)
2. <i>Persea</i>	16.5cm(L) y 7.6cm(A)	NP	De color blanco en la vena 1ª y se desplaza hacia las 2ª, 3ª y hacia el margen de 1mm(A) Lineal y sinuosa	Se encontraron hongos? Acompañando a la mina
3. <i>Persea</i>	s/ápice 21.8cm(L) y 8.5cm(A)	11 agallas vesiculares en vena 1ª, 2ª y sólo 1 en 3ª de 7mm(L) y 3mm(A). El hueco al caer es de 5mmØ	Una(sinuosa) en la vena 2ª de 6cm(L) y <1 a 1mm(A) de color blanca, otra en el ápice (lineal) de 8.5cm(L) y <1 a 1mm(A)	
4. <i>Persea</i>	17.5cm(L) y 9cm(A)	NP	Sinuosa en la parte basal pegada al margen y finaliza hacia la vena 2ª de color obscuro de 11cm(L) y 1mm(A)	Presenta alim. en el margen hacia la vena 1ª
5. <i>Persea</i>	18cm(L) y 6cm(A)	Nueve vesiculares y muy constreñidas de 1mm de grosor	Con minas blancas rodeando las agallas de 1mm(A)	
6. <i>Persea</i>	21.5cm(L) y 10cm(A)	NP	Dos minas, una pegada al margen y la otra siguiendo a la vena 1ª de 12.5cm y 6.5cm(L) respectivamente y 1mm(A). Ambas sinuosas	Se encuentra acompañada con hongos?
7. <i>Fraxinus o Alnus</i>	9.6cm(L) y 3.9cm(A)	NP	Con minas pequeñas de 5cm tipo esqueleto	
8. <i>Fraxinus o Alnus</i>	7.9cm(L) y 5cm(A)	NP	NP	Hoyos alargadas entre las venas 2ª
9. <i>Fraxinus o Alnus</i>	8.3cm(L) y 3.8cm(A)	NP	En la parte media de la hoja muy pequeña en forma de serpentina de 12cm(L) y <1mm(A)	

Cuadro 7. 17 y 18-febrero-05

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
18. <i>Platanus</i>	18.7cm(L) y 18.6cm(A)	NP	De tipo esqueleto pegadas a las venas	En el haz insecto en pupa de 5mm(L)
19. <i>Persea</i>	s/ápice 14.8cm(L) y 7.8cm(A)	NP	Siguiendo la vena principal y 2ª de color blanca 15.9cm(L). minas en manchones pegadas a las venas 2ª en el ápice	Asociada con hongos?
20. <i>Platanus</i>	15.5cm(L) e incompleto(A)	NP	NP	En el envés se encuentran seis huevecillos de color blanco, ovalados y pegados al margen de la hoja 49mm(L) y 25mm(A)
21. <i>Juglans</i>	12cm(L) y 4.5cm(A)	NP	En forma de manchones pegadas al margen	

Cuadro 8. 29-junio-05

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
Salix	6.2cm(L) y 6cm(A)	NP		Con hoyos Familia: Melolonthidae <i>Euphoria sp</i>
Salix	6.3cm(L) y 2.5cm(A)		En forma de camino, rectas	Insecto: Fam. Coccinellidae Subfamilia: Coccinellini Tribu: Epilachnini Género: <i>Epilachna sp</i>
Juglans	6.9cm(L) y 2.7cm(A)	NP	En serpentina de 1.2cm(L) y - 1mm(A)	Alm. en el margen con Hemíptero
Salix	10.4cm(L) y 1.3(A)	NP	NP	Hoyos e insecto Fam. Curculionidae Sub.f. Entiminae Género: <i>Pandaletius sp</i>

REAL DEL MONTE

Cuadro 9.24-abril-04

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
1. <i>Quercus</i>	7.5cm(L) y 4.2cm(A)	NP	Cuatro de color oscuro en el haz y el envés 7,6.5,4 y 3cm(L) 1mm(A)	
1.1 <i>Quercus</i>	5.2cm(L) y 3cm(A)	NP	De color oscuro de 3cm(L) y 1mm(A)	
2. <i>Quercus</i>	11cm(L) y 6.5cm(A)	NP	Tipo esqueleto de 3 a 5mm y rectas	Presentó 16 hoyos dirigidos a la vena principal desde 1 a 5mm Ø
3. <i>Quercus</i>	8.2cm(L) y 3.2cm(A)	NP	Tipo esqueleto como manchón de 2.1cm(L) y 6mm(A) en la base de la hoja	(L) (A)
4. <i>Quercus</i>	9.4cm(L) y 5.7cm(A)	NP	Tipo esqueleto siguiendo todo el margen de la hoja, de 24cm(L) y 1-3mm(A)	

Cuadro 10. 6 Y 7-octubre-04

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
1. <i>Quercus</i>	11cm(L) y 3.7(A)	Eriosinadas en grupos de 3 ó 4 en la vena principal de 3mm Ø de color naranja-rojo	NP	Presenta hoyos y una larva con pelillos de 5mm(L) y color café
2. Indeterminada	8cm(L) y 3cm(A). Hoja dentada	NP	De color café oscuro 2mm(A) y 1.5mm(L)	Tiene una tela blanca de 6mm(L) y 5mm(A) en la vena principal de la cual salió un insecto

Cuadro 11. 19-noviembre-04

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
14. <i>Quercus</i>	Hoja muy constreñida	Cuatro Agallas vesiculares muy constreñidas de 1.35cm(L) y 1.1cm(A)	Minas circulares de 6mm(A) y 8mm(L)	
15. <i>Quercus</i>		Eriosinadas en grupos de 2 de color blanco. 7mm Ø	NP	

Cuadro 12. 30-junio-05

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
<i>Quercus</i>	12cm(L) y 7.5cm(A)	Eriosinadas de color amarillento y grises de 1 a 2	NP	Alimentación en el margen
<i>Quercus</i>	4.8cm(L) y 3.1cm(A)			Con larvas y huevecillos blancos. Con Coleoptero del Genero <i>Lobometopon</i>
<i>Quercus</i>	5.4cm(L) y 2.7cm(A)	NP	Lineal de 5cm(L) y de 1-4mm(A) en la vena principal y se va hacia el margen	
<i>Quercus</i>	5cm(L) y 3.5cm(A)	Globosa de 1.6mm Ø	NP	
<i>Quercus</i>	6.7cm(L) y 3.2cm(A)	Agallas circulares y rojas de 3mm Ø en el envés	NP	
<i>Quercus</i>	Sin ápice 6.3cm(L) y 3.4cm(A)	NP	Mina en el envés	Con pupa en la mina de 4mm
<i>Quercus</i>	7.9cm(L) y 2.8cm(A)		Mina	Pupa de 5mm(L)
<i>Quercus</i>	8.5cm(L) y 3.8cm(A)	Globosa de 6mm Ø	Minas de 5mm y 4mm	

ZACUALTIPAN

Cuadro 13. 18-noviembre-04

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
10. <i>Quercus</i>	11.6cm(L) y 4.8cm(A)	Eriosinadas en grupos de dos de 5mm Ø	De tipo manchón	
11. <i>Quercus</i>	5.5cm(L) y 2.1cm(A)	Globosas de color café de 1.25cm(L) y 1.2cm(A) en la rama	En esqueleto	
12. indeterminada	6.5cm(L) y 2.5cm(A)	NP	Siguiendo el margen de la hoja de 12cm(L) y de 1-4mm(A)	

RIO AMAJAC

Cuadro 14. 19 Y 20-mayo-05

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
Arb 2	6.5cm(L) y 2.9cm(A)	Posibles agallas en formación y una agalla globosa en el ápice de 5mm Ø	NP	
3. <i>Fraxinus o Alnus</i>	9cm(L) y 3.5cm(A)	NP	NP	Alimentación en el margen
10. <i>Sáliz</i>	9.2cm(L) y 1.2cm(A)		En esqueleto	Alimentación en el margen

CARRETERA A MOLANGO

Cuadro 15. 19-noviembre-05

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
16. <i>Quercus</i>		Agalla globosa en el ápice	NP	
17. <i>Fraxinus o Alnus</i>		NP	NP	Con hoyos y Alimentación en el matgen

SAN AGUSTÍN METZTITLÁN

Cuadro 16. 29-junio-05

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
<i>Platanus</i>	20.5cm(L) y 16.9cm(A)	NP	En manchones y en esqueleto	Insecto: Chrysomelidae Subf: Eumolpinae Tribu: Eumolpini Genero: <i>Brachypnoea</i>
<i>Persea</i>	sin 11.2cm(L) y 6.9cm(A)	Vesiculares de 6mm(L) y 3mm(A)	NP	Con insecto dentro de las agallas
<i>Platanus</i>	9.8cm(L) y 11.7cm(A)	NP	Mina en esqueleto	

MEZQUITITLÁN

Cuadro 17. 29-junio-05

Hoja	Medidas de la hoja	Agallas	Minas	Otros
<i>Platanus</i>	10.5cm(L) y 9cm(A)	NP	Tipo manchón	
<i>Platanus</i>	19.8cm(L) y 22cm(A)	NP	Tipo esqueleto	Con hoyos circulares, alargados

En lo que se refiere a los insectos, se identificaron nueve ordenes diferentes, se resaltan a los Dípteros e Himenópteros como los posibles responsables de las interacciones (cuadro 18) Cabe mencionar que las impresiones de los insectos no son muy buenas, debido a esto, sólo para algunos casos se pudo llegar a la Familia.

Cuadro 18. Insectos fósiles encontrados en la zona de estudio

Zigoptera	Isoptera	Hemiptera	Thysanoptera	Lepidoptera	Orthoptera	Coleoptera	Diptera	Hymenoptera
ST1098	ST 169	s/n	ST866	ST 863	ST159 Mantispidae	ST214 Staphylinidae	ST139 Tipulidae	ST865
s/n	ST 182			ST1499 Pyralidae		ST789 Carabidae	ST867	
						ST972 Cyncinellidae	ST970	
						ST1214 Tenebrionidae	ST971	
						ST1497 Lampiridae	ST973 Tipulidae	
						ST864 Hydrophilidae		