

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

**RESISTENCIA EN HOSPEDANTES DE LA AVISPA
AGALLADORA DEL ENCINO *Andricus*
quercuslaurinus Melika & Pujade-Villar**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

AUSTREBERTO VELASCO GONZÁLEZ

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

Dr. DAVID CIBRIÁN TOVAR



DIRECCIÓN CENTRAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES COORDINACIÓN



Chapingo, Estado de México, Julio, 2019.

RESISTENCIA EN HOSPEDANTES DE LA AVISPA AGALLADORA
DEL ENCINO *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar

Tesis realizada por **AUSTREBERTO VELASCO GONZÁLEZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR



Dr. David Cibrián Tovar

ASESOR



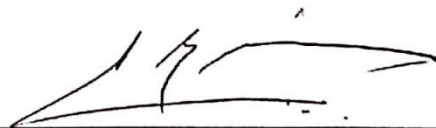
Dr. José Artemio Cadena Meneses

ASESOR



Dr. Víctor David Cibrián Llanderal

ASESOR



Dr. Enrique Guízar Nolasco

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DATOS BIOGRÁFICOS	xi
RESUMEN GENERAL	xiii
GENERAL ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	15
Objetivos generales.....	17
Objetivos particulares	17
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. Los Bosques de <i>Quercus</i> en México	18
2.2. El género <i>Quercus</i>	19
2.3. Secciones del género <i>Quercus</i>	20
2.4. La sección <i>Lobatae</i> (Encinos rojos)	21
2.5. Hibridación en la sección <i>Lobatae</i>	22
2.6. <i>Quercus affinis</i> Scheidw.	22
2.7. <i>Quercus laurina</i> Bonpl.	24
2.8. Problemas fitosanitarios en los bosques de <i>Quercus</i>	25
2.9. Avispas inductoras de agallas en los encinos	26
2.10. <i>Andricus quercuslaurinus</i> como problema de salud forestal	28
2.10.1. Descripción del grupo	28
2.10.2. Descripción de la especie	29
2.10.3. Ciclo biológico de la especie	29

2.10.4. Especies hospedantes	30
2.10.5. Resistencia y tolerancia en plantas hospedantes	30
CAPÍTULO 3. EVIDENCIA DE RESISTENCIA EN <i>Quercus affinis</i> Scheidw. AL AGALLADOR <i>Andricus quercuslaurinus</i> Melika & Pujade-Villar CONSIDERANDO INTENSIDAD DE DAÑO	33
EVIDENCE OF RESISTANCE IN <i>Quercus affinis</i> Scheidw. TO GALL WASP <i>Andricus quercuslaurinus</i> Melika & Pujade-Villar CONSIDERING INTENSITY OF DAMAGE.....	33
3.1. Resumen.	33
3.2. Abstract.	34
3.3. Introducción.	34
3.4. Materiales y Métodos.....	36
3.5. Resultados.	37
3.6 Discusión.	41
3.7. Referencias Citadas.	42
CAPÍTULO 4. DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DEL GÉNERO <i>QUERCUS</i> EN EL MUNICIPIO DE ACAXOCHITLÁN, HIDALGO, MÉXICO Y SU CONTEXTO CON <i>Andricus quercuslaurinus</i> Melika & Pujade-Villar	45
DISTRIBUTION AND DIVERSITY OF THE <i>QUERCUS</i> GENUS IN THE MUNICIPALITY OF ACAXOCHITLÁN, HIDALGO, MÉXICO AND ITS CONTEXT WITH <i>Andricus quercuslaurinus</i> Melika & Pujade-Villar	45
4.1. Resumen	46
4.2. Abstract	46
4.3. Introducción	47
4.4. Materiales y métodos.....	48
4.4.1. Descripción del área de estudio	48
4.4.2. Método	49

4.5. Resultados	51
4.6. Discusión.....	69
4.7. Agradecimientos.....	70
4.8. Literatura citada.....	70
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES	74
LITERATURA CITADA	76

ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

Tabla 1. Cantidad y promedios de los árboles contabilizados en cada parcela y por grupos	37
Tabla 2. Resumen de árboles considerados en el análisis para comparación de incidencia de daño por agallas de rama en la comparación entre parcelas.	38
Tabla 3. Comparación de medias entre parcelas para la incidencia de agallas en rama. Medias con letras diferentes en la columna “Comparación de medias” muestran diferencias significativas.	39
Tabla 4. Resumen de árboles considerados en el análisis para comparación de incidencia de daño por agallas de hoja en la comparación entre parcelas.	39
Tabla 5. Comparación múltiple de medias entre parcelas para agallas de hoja. Medias con letras diferentes en la columna “Comparación de medias” muestran diferencias significativas.	40
Tabla 6. Porcentajes observados de incidencia en resistentes (R) con respecto a la incidencia en vulnerables (V), en agallas de ramas y de hojas.	40
Cuadro 1. Matriz de presencia - ausencia de las especies recolectadas en los sitios muestreados.....	51
Cuadro 2. Estatus de conservación de las especies registradas.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agallas Inducidas por <i>Andricus quercuslaurinus</i> . A la izquierda: agalla en hoja inducida por la generación gámica, a la derecha, la inducida por la generación agámica en rama, ambas en <i>Quercus affinis</i> vulnerables. Fotografía: David Cibrián Tovar.	38
Figura 1. Área de estudio.	50
Figura 2. Dendrograma de similitudes entre sitios muestreados.	53
Figura 3. Agallas colectadas. En a) Agallas de rama en <i>Q. hirtifolia</i> ; en b) agallas de rama en <i>Q. acherdophylla</i> en c) agalla de hoja en <i>Q. laurina</i>	68

DEDICATORIA

*A todas las personas genuinamente interesadas en
conocer y conservar nuestros recursos naturales.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y la División de Ciencias Forestales por brindar sus instalaciones, laboratorios, aulas y otros recursos y servicios necesarios para la realización de esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Dirección General de Investigación y Posgrado (DGIP) de la Universidad Autónoma Chapingo por brindar parte del financiamiento necesario en la fase de campo y gabinete del presente trabajo.

Al Dr. David Cibrián Tovar, director de este trabajo, por los consejos, recomendaciones, y su amplio conocimiento en el tema que fueron fundamentales en la construcción del presente documento; así como por su constante y siempre oportuna atención.

Al Dr. Víctor David Cibrián Llanderal, por las atenciones y recomendaciones y su trabajo de gestión para la obtención de diversos recursos necesarios a lo largo de todo el proceso de la investigación, así como sus observaciones y aportes de conocimiento para la redacción de ambos artículos y el presente documento.

Al Dr. Enrique Guízar Nolasco, incansable botánico, por su participación muy activa en cuanto a la parte de su área de conocimiento tanto en la fase de campo como de gabinete, la determinación de la mayoría de los encinos y otras especies y las observaciones precisas y oportunas dentro del presente documento.

Al Dr. José A. Cadena Meneses por su atención en la parte estadística de este trabajo que representa uno de los ejes principales de la investigación.

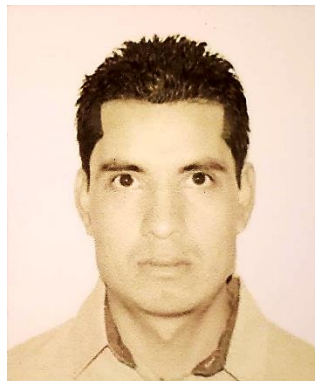
A la Dra. Silvia Romero Rangel, M.C. Liliana Elizabeth Rubio Licon y Dra. Susana Valencia Ávalos por la aportación de su amplio conocimiento sobre el

género *Quercus* para la determinación de ejemplares y la resolución de dudas sobre estos.

Se agradece de forma muy especial a los colegas Jorge Luís Núñez Peñaloza, Caleb Cruz García, Uriel Marcos Rivera, Araceli de Jesús Vicente, entre muchas más personas involucradas en los trabajos de campo, sin cuya participación no hubiera sido posible la obtención del presente documento y los resultados que en él se incluyen.

DATOS BIOGRÁFICOS

Austreberto Velasco González (16 de septiembre de 1992), estudió el nivel bachillerato de 2007-2010 en el Colegio de Bachilleres de Chiapas (COBACH), EMSaD 119, en el municipio de San Pablo Huacanó, Ocotepéc, Chiapas. En 2010 ingresa a la Universidad Autónoma Chapingo a nivel Propedéutico y de 2011-2015 cursa su nivel licenciatura en la División de Ciencias Forestales de esta universidad, obteniendo el título de Ingeniero Forestal el 21 de octubre de 2016 con la tesis titulada “Captura de carbono de las principales especies forestales del predio “Bosque de los Árboles de Navidad”, Amecameca, Estado de México”.



En el año 2015 fue capacitador del programa “Programa para el Mejoramiento de la Producción y Productividad Indígena (PROIN)” del CDI en coordinación con el Centro de Educación Continua de la UACH. En 2015 y 2016 participó como Técnico asesor en el Proyecto “Reincorporación y manejo sustentable de especies nativas como estrategia para la conservación de la flora y fauna nativas en las comunidades del municipio de Ixhuatlán del café” en el estado de Veracruz con la organización Productores de Alimentos para las Zonas Rurales de México (PROALIMEX. S.C.) en el 2016 también participó como asesor técnico en capacitaciones impartidas a productores de café del componente Fortalecimiento a Organizaciones Rurales del programa “Productividad Rural 2016” de la SAGARPA en la organización Red de Sociedades de Gestión del Desarrollo Sustentable A.C. (RESOGDES A.C.).

En el 2017 ocupó el puesto de Asesor Técnico en el Programa “Fortalecimiento de las Brigadas de Sanidad Forestal en el Estado de México” establecido por la

Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) y financiado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

Ingresa a la Maestría en Ciencias Forestales de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo en el mes de julio de 2017.

RESUMEN GENERAL
RESISTENCIA EN HOSPEDANTES DE LA AVISPA AGALLADORA DEL
ENCINO *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar¹

La avispa agalladora *Andricus quercuslaurinus* es una plaga muy seria en el municipio de Acaxochitlan, Hidalgo para la especie *Quercus affinis*, dentro de la cual se considera que existen árboles resistentes, además se supone que el género *Quercus* es altamente diverso en el área de estudio, donde unas especies pudieran ser vulnerables a esta plaga y otras no. Se realizó un muestreo de cuatro parcelas cuadradas de 100 m², en estas los árboles se clasificaron en vulnerables y resistentes, según presentaran agallas en el tallo principal o no, respectivamente, y se realizó comparación de medias entre grupos y entre parcelas para agallas de hoja y de rama de forma separada. Adicionalmente se realizó un barrido florístico para determinar el número de especies del género *Quercus* y cuantas de ellas mostraban síntomas similares a las presentes en *Q. affinis*, se determinó, además, las diferencias entre comunidades muestreadas según las especies presentes usando el Índice de Similitud de Jaccard. Las comparaciones de medias de intensidad de daño para agallas de hojas y ramas arrojaron diferencias significativas, siendo menor el daño en los árboles denominados resistentes, representando el 16.92 % y el 21.25 % de la incidencia en los vulnerables, respectivamente. Un 13 % del total de los árboles fueron clasificados como resistentes. Por otro lado, se determinó la presencia de 14 especies, de las cuales 9 pertenecen a la sección *Lobatae* y 5 a la sección *Quercus*, de éstas, tres se identificaron con las agallas de interés, todas de la sección *Lobatae*. De la aplicación del índice de Jaccard, se obtuvieron nueve asociaciones, un número alto en relación a la extensión del área estudiada. Se necesita enfocar estudios a los árboles resistentes para identificar los mecanismos de resistencia que emplean, así como para determinar si es el mismo agallador que se presenta en las especies diferentes a *Q. affinis*.

¹Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: Austreberto Velasco González.
Director: Dr. David Cibrián Tovar.

GENERAL ABSTRACT
RESISTANCE IN HOSTS OF THE GALL WASP OF THE OAK *Andricus*
***quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar¹**

The gall wasp *Andricus quercuslaurinus* is a very serious pest in the municipality of Acaxochitlán, Hidalgo for the species *Quercus affinis*, Within which it is considered that there are resistant trees, in addition it is assumed that the study area is highly rich as *Quercus* genus, where some species could be vulnerable to this plague and others not. A sampling of four square plots of 100 m² was carried out, in which the trees were classified as vulnerable and resistant, depending on whether they presented galls on the main stem or not, respectively, and comparisons of means between groups and between plots were made for leaf galls and branch, separately. Additionally, a floristic sweep was carried out to determine the number of species of the *Quercus* genus and how many of them showed symptoms similar to those present in *Q. affinis*, the differences between communities sampled according to the present species were also determined using the Similarity Index of Jaccard. Comparisons of injury intensity means for leaf and branch galls showed significant differences, with less damage in the so-called resistant trees, representing 16.92 % and 21.25 % of the incidence in the vulnerable, respectively. 13 % of the total trees were classified as resistant. For other side, the presence of 14 species was determined, of which 10 belong of the *Lobatae* section and 4 to the *Quercus* section, of these, three were identified with the galls of interest, all of the *Lobatae* section. From the application of the Jaccard Index, nine associations were obtained, a high number in relation to the extension of the studied area. It is necessary to focus studies on resistant trees to identify the mechanisms of resistance that they use, as well as to determine if it is the same gall wasp that occurs in species different than *Q. affinis*.

¹Thesis of Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Austreberto Velasco González.
Advisor: Dr. David Cibrián Tovar.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

México es considerado uno de los países con mayor riqueza natural y cultural del planeta, en su territorio se encuentran la mayoría de los ecosistemas terrestres con una enorme biodiversidad, incluyendo sus mares, gran cantidad de especies endémicas y compartidas con los países colindantes (González-Medrano, 2003; Rzedowski, 2006; Sarukhán *et al.*, 2009).

Como parte de esa diversidad se encuentra en el género *Quercus*, uno de los géneros de plantas leñosas más importantes a nivel, ecológico, económico, cultural e histórico (Denk, Grimm, Manos, Deng, & Hipp, 2017; Manos, Doyle, & Nixon, 1999a; Nixon, 1993; Tantray, Wani, & Hussain, 2017), en ese sentido México es uno de los dos centros diversificación de este clado, junto con la región central de Asia, con países como India y China, debido a la cantidad de especies que se encuentran presentes (Kappelle, 2006; Nixon, 2006; Valencia-Ávalos, 2004; Zavala-Chávez, 1989).

Existen diversos procesos que actualmente ponen a los ecosistemas aun relativamente conservados en grave riesgo debido a procesos relacionados principalmente a la actividad humana con consecuencias todavía no estimadas (Moore & Allard, 2008; Moreno-Sánchez, Buxton-Torres, Sinbernagel, & Moreno-Sánchez, 2014; Santos & Tellería, 2006), entre ellos, se encuentra el cambio climático y parte de las consecuencias de ello es que el comportamiento de plagas y enfermedades forestales y cultivos agrícolas se ha modificado, con una tendencia general a volverse más agresivas y a ampliar su área de distribución (Moore & Allard, 2008; Nikiforuk, 2011).

El estado de Hidalgo, donde se encuentra el área de interés del presente estudio, es el quinto estado con mayor riqueza de especies del género *Quercus* en el país (Valencia-Ávalos, Flores-Franco, Jiménez-Ramírez, & Mora-Jarvio, 2017), en los últimos años se han reportado plagas de importancia en los bosques de encinos entre los que destaca *Andricus quercuslaurinus* por su agresividad y el grado de

daño que ha causado a la fecha (Barrera-Ruiz, Cibrián-Tovar, Llanderal-Cázares, Cibrián-Llanderal, & Lagunes-Tejeda, 2016; Cibrián-Tovar, 2017; Melika, Cibrián-Tovar, Cibrián-Llanderal, Tormos, & Pujade-Villar, 2009; Pujade-Villar, 2017).

A. quercuslaurinus, es una avispa agalladora de la familia Cynipidae, Subfamilia Cynipinae, tribu Cynipini, dentro de la familia Cynipidae caracterizada por provocar agallas en hojas y ramas de la especie *Quercus affinis* principalmente, el mayor daño se presenta con el desarrollo de las agallas en ramas y tallo ya que el engrosamiento provoca la disminución del flujo de nutrientes y la posterior muerte de la rama o de árboles completos cuando la infestación es muy fuerte. Desde el año 2006 a la fecha se han presentado infestaciones severas en el Municipio de Acaxochitlán, estado de Hidalgo que provocaron la muerte de miles de árboles induciendo la regeneración del bosque por especies que no son hospedantes como *Pinus patula*, y reduciendo la frontera del área de distribución de *Q. affinis* (Barrera-Ruiz *et al.*, 2016; Melika *et al.*, 2009; Pujade-Villar, 2017). Una de las oportunidades para el control a largo plazo de esta plaga es la posibilidad de manejo de resistencia, según la observación en campo del comportamiento de la plaga (Pujade-Villar, 2017). Este estudio trata principalmente de detectar diferencias entre árboles supuestamente resistentes y vulnerables, y establecer los criterios que permitan definirlos como tal. Además, se hace una exploración del potencial de daño de la plaga con la determinación de especies presentes en las áreas afectadas, y de estas cuales presentan síntomas similares, debido a que la región muestra aparentemente una alta riqueza de especies del género *Quercus*, de las cuales no todas son hospedantes de la plaga en cuestión.

Objetivos generales

Evaluar la presencia de resistencia dentro de la especie hospedante *Quercus affinis* Schiedw. Mediante comparación de medias de intensidad de daño presente.

Determinar la diversidad del género *Quercus* y posibles nuevos hospedantes de *Andricus Quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar.

Objetivos particulares

Cuantificar y comparar la intensidad de daño en árboles resistentes y vulnerables, y determinar si existen diferencias significativas para la delimitación de ambos grupos de árboles.

Colectar y determinar ejemplares botánicos de especies del género *Quercus* resaltando aquellas con presencia de agallas con morfotipo similar a las inducidas por *A. quercuslaurinus*.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Los Bosques de *Quercus* en México

Los bosques de (o con dominancia de) *Quercus*, llamados bosques de encinos o encinares son característicos de las regiones montañosas de México, constituyendo con los bosques de pinos la mayor parte de la cobertura vegetal en las áreas de clima templado húmedo y semihúmedo. Sin embargo, algunas especies también pueden encontrarse dentro de climas calientes, muy húmedos y en condiciones semiáridas, encontrándose en estas últimas, especies con formas de matorrales y arbustivas (Rzedowski, 2006).

Se sabe de la existencia de bosques de encinos en todos los estados del país a excepción de Yucatán y Quintana Roo, en un intervalo altitudinal que va desde los 0 m hasta los 3 100 m, siendo mucho más frecuentes entre los 1 200 a 2 800 m, encontrándose más del 95% de la superficie total de los bosques de encino en este rango (Rzedowski, 2006). Valencia (2004) señala un rango altitudinal de presencia del género hasta los 3 500 m y de mayor frecuencia entre los 1 000 y 3 000 m.

Pueden encontrarse en suelos someros de terrenos rocosos e inclinados o en pedregales, que tienen su origen en rocas madres ígneas, sedimentarias o metamórficas. Generalmente se establecen en suelos moderadamente ácidos (pH entre 5.5 – 6.5), con abundante materia orgánica y hojarasca. aparentemente no muestran preferencia por cierta estructura del suelo, variando desde arcillas a arenas, la coloración más frecuente de los suelos es roja, pero puede ser amarilla, negra, café o gris (Rzedowski, 2006).

Los encinares se distribuyen en diferentes tipos de climas según la clasificación climática de Koeppen, siendo el más frecuente el Cw, pero también se extienden

hacia los tipos Cf, Cs, Cx', Af, Am, Aw y BS. La precipitación media anual preferencial varía desde los 350 mm hasta los 2 000 mm, encontrándose más frecuentemente entre las isoyetas de 600 – 1 200 mm. Las temperaturas medias van desde 10 a 26° C, y más frecuentemente entre 12 a 20° C, en muchas regiones son comunes las temperaturas por debajo de 0° C durante el mes más frío, a excepción de la Planicie Costera de Veracruz y de Tabasco y la región cercana al litoral de Jalisco y Nayarit, hasta donde también se presentan este tipo de bosques (Rzedowski, 2006).

2.2. El género *Quercus*

De la familia Fagaceae el género *Quercus* es el que presenta una mayor distribución en el todo el planeta, siendo muy frecuente en masas puras o compuestas de regiones montañosas con clima templado del hemisferio norte, así como en regiones tropicales, subtropicales y semiáridas del mismo. En América se les puede encontrar desde Canadá hasta Colombia, incluyendo Cuba (Valencia-Ávalos, 2004).

El género *Quercus* es uno de los grupos más importantes de angiospermas leñosas en términos de diversidad de especies, dominancia ecológica y valor económico (Nixon, 2006). La estimación más reciente del número de especies del género *Quercus* a nivel mundial es de 531 especies (Manos, Doyle, & Nixon, 1999b), mientras que para México Zavala-Chavez (1995) estimó que pueden encontrarse entre 125 y 150 especies, y Govaerts & Frodin, (1998) dan una aproximación de 251 especies.

En el mundo se reconocen dos centros de diversificación del género, siendo México el segundo, después del centro de Asia. La revisión más actual que se ha realizado sobre las especies del género que tienen distribución dentro del país arroja una lista preliminar de 161 especies registradas, lo que implica que la

diversidad de especies de encinos mexicanos representa entre 30.2 % y 40.2 % de las especies del género a nivel mundial (Valencia-Ávalos, 2004).

Los estados con mayor diversidad de encinos en el país son Oaxaca, Nuevo León, Jalisco, Chihuahua e Hidalgo, mientras que las especies del género con mayor distribución son *Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. laeta*, *Q. microphylla*, *Q. obtusata* y *Q. rugosa*. (Valencia-Ávalos, 2004; Valencia-Ávalos et al., 2017).

2.3. Secciones del género *Quercus*

En la clasificación más aceptada dentro del género *Quercus* se reconocen dos subgéneros: *Cyclobalanopsis* y *Quercus* (Nixon, 1993), recientemente se ha hecho una modificación basándose en diferentes caracteres para definir a *Cerris* y *Quercus* que reemplaza dicha clasificación. (Denk et al., 2017) cada uno con diferentes secciones, de esos en México se encuentra representado el subgénero *Quercus* con tres secciones: *Quercus* o encinos blancos con un total de 81 especies, *Labatae* llamados encinos rojos con 76 especies y la sección *Protobalanus* conocidos como encinos intermedios o de copa dorada, con cuatro de las cinco especies que la conforman (Valencia-Ávalos, 2004).

Algunas de estas especies se distribuyen tanto dentro como fuera de México por el límite sur como por el norte siendo más abundante la afinidad con Estados Unidos. Sin embargo, existen 109 especies de encinos mexicanos con áreas de distribución únicamente dentro del territorio nacional, de estas 61 pertenecen a la sección *Lobatae*, 47 a *Quercus* y una a *Protobalanus*, Destacando el número de endemismos de la sección *Lobatae* (Valencia-Ávalos, 2004).

2.4. La sección *Lobatae* (Encinos rojos)

La sección *Lobatae*, está integrada por árboles o arbustos perennifolios o caducifolios, con corteza gris o marrón oscuro o negro, lisa o surcada. Con lámina de la hoja lobulada o no lobulada, márgenes enteros o dentados, diente cuando los tiene, generalmente aristados. Flores estaminadas: cáliz 2-6 lobulado; las anteras son generalmente reticulares, rara vez apicales. Presenta flores de pistilo: cáliz libre de ovario, formando una falda o pestaña libre; estilos linear-espátulantes (Jensen, 2004).

Las siguientes se consideran características diagnósticas determinantes para los integrantes de esta sección: las bellotas son de maduración bienal, raramente anual; involucre con escamas distintas, planas y delgadas, raramente algo aquilladas o tuberculosas; nuez con pared interna sedosa-tomentosa, óvulos abortivos apicales, raramente en algunas especies, en posición sub-basal. Los tricomas de las semillas se adhieren a la semilla cuando ésta llega a la madurez. Cotiledones distintos, raramente parcialmente connatos. Actualmente existe un total de 195 especies registradas de esta sección en el continente que incluyen América del Norte, México, América central y Colombia como límite al Sur.(Jensen, 2004).

Torres-Miranda, Luna-Vega, & Oyama (2011) determinaron una riqueza de 75 especies de encinos rojos, en la región neotropical distribuidos desde el sur de Estados Unidos hasta Colombia con un mayor número y endemismo en México. los estados de la República Mexicana con mayor número de especies de encinos rojos son Jalisco con un total de 26 especies, Oaxaca con 22, Veracruz e Hidalgo con 19, Chiapas, Nuevo León y Puebla con 17 y Chihuahua y Durango con 16 especies. con 58 especies endémicas de México que representa 77.3 % de todas las especies de estos encinos en el continente.

2.5. Hibridación en la sección *Lobatae*

La hibridación natural es común en varios grupos de plantas y se reconoce como un proceso con un papel importante en la adaptación y distribución de especies. El género *Quercus* presenta una gran riqueza de especies y con hibridación frecuente entre diferentes taxa que comparten área de distribución. Se tiene evidencia de que la sección *Lobatae* es uno de los grupos que presenta mayores casos de hibridación entre sus especies, aunque es en el que menos número de estudios se han llevado a cabo (Moran, Willis, & Clark, 2012).

Se ha encontrado evidencia de que diferentes especies de la sección *Lobatae* que comparten áreas de distribución, presentan una baja diferenciación genética entre especies que puede indicar un flujo genético ocurrido en el pasado, dando evidencia de hibridación entre ambos, sin embargo, las medidas de caracteres genéticos suelen mostrar grandes diferencias en cuanto a la sensibilidad de frecuencia de alelos, por lo que es recomendable usar más de un método para la obtención de conclusiones más certeras en estudios de caracterización y determinación de híbridos (Moran *et al.*, 2012).

Los estudios de hibridación en encinos rojos son pocos, los que se han realizado dentro del país se pueden mencionar los análisis morfológicos y moleculares de hibridación entre *Q. affinis* y *Q. laurina* (González-Rodríguez, Arias, Valencia, & Oyama, 2004), la evaluación del flujo genético entre especies en zonas de hibridación (Peñaloza-Ramírez *et al.*, 2010), y los estudios sobre la hibridación natural y zonas de hibridación entre *Q. crassifolia* y *Q. crassipes* con criterios morfológicos y moleculares (Tovar-Sánchez & Oyama, 2004).

2.6. *Quercus affinis* Scheidw.

Las características diagnósticas más reconocibles son las siguientes según Romero Rangel, Rojas Zenteno, & Rubio Licona (2014).

Árbol pequeño que alcanza una altura de hasta 25 m de altura, caducifolio, con tronco hasta de 150 cm de diámetro, presenta corteza oscura, las ramillas de tonos oscuros grisáceos de 2-2.5 mm de diámetro, estas presentan indumento de tricomas fasciculados de estípites cortos, glabrescentes, con lenticelas pálidas de 0.9 a 1.7 mm de largo, las yemas son cónicas, de 2 a 4 mm de largo, de color castaño oscuro, las escamas son pubescentes en los márgenes, estípulas lineares oblanceoladas, de hasta 5 mm de largo. Los peciolo son de entre 1 a 20 mm de largo, glabros o con pocos tricomas fasciculados, aplanados en la base (Romero-Rangel *et al.*, 2014b).

Hojas jóvenes de color verde oscuro, con indumento de tricomas fasciculados y tricomas simples en la nervadura principal, además de otros glandulares vermiformes con color ámbar de forma dispersa en la superficie del envés, las hojas maduras son de forma elíptica o elíptico-lanceoladas, de hasta 3 a 11 cm de largo, raramente 0.7 cm o hasta 13 cm por 1 a 3 o hasta 4.5 cm de ancho, presentan ápice agudo a acuminado, aristado, con base atenuada, a veces redondeada, margen plano a ligeramente revuelto, cartilaginoso, ciliado, entero o dentado-serrado, con 1 hasta 4 diente cada lado que terminan en una arista, de textura semicoriacea, venación secundaria mixta de entre 5 a 8 o hasta 12 en cada lado, rectas o ligeramente curvadas, a veces inconspícuas, haz de color verde o grisáceo, totalmente glabro o con algunos tricomas fasciculados, nervaduras pálidas muy poco elevadas, envés casi del mismo color que el haz glabro, con tricomas fasciculados estipitados en las axilas de las nervaduras (Romero-Rangel *et al.*, 2014b).

Amentos masculinos con longitud entre 13 y 19 mm con 7 flores, perianto de 2.8 a 3.5 mm de diámetro, con abundante pubescencia, con cuatro estambres de hasta 1.8 mm de largo, anteras de 0.9 a 1.2 mm de largo. Los amento femeninos de 2 a 8 mm de largo, con una o dos flores, pubescentes; frutos anuales o bianuales, solitarios o en pares, pedúnculos de 3 a 15 mm de largo, las cúpulas hemisféricas de 10 hasta mm de largo (Romero-Rangel *et al.*, 2014b).

Se distribuye principalmente en las entidades comprendidas dentro de la Sierra Madre Oriental y del centro de México, en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (González-Rodríguez *et al.*, 2004; Romero-Rangel, Rojas-Zenteno, & Rubio-Licona, 2014a; Valencia-Ávalos, 2004).

2.7. *Quercus laurina* Bonpl.

Entre las características diagnósticas determinantes para la especie *Q. laurina* se pueden mencionar las siguientes según González-Villarreal (1986):

Árbol grande que alcanza hasta los 30 m de altura, más frecuentemente entre 15 a 20 m de alto, presenta tronco de 30 – 40 cm de alto, algunos ejemplares alcanzan hasta 150 m, corteza finamente agrietada de color gris oscuro; las ramillas cuando son jóvenes presentan un tomento fino y denso, persistente en una o más generaciones en las zonas del árbol que no están tan expuestas.

Corteza de color castaño-rojizo oscuro a negra, con numerosas lenticelas pálidas; las yemas foliares de 2-4 mm de largo, ovoides, agudas de color castaño con escamas ciliadas; estípulas de 4-7 mm de largo, escariosas, membranosas, o lanceoladas o sub-agudas, deciduas antes de que las hojas alcancen la mitad de su desarrollo; hojas cubiertas con un tomento denso de pelos, simples, cortos y con pubescencia de pelos estrellados esparcidos, desapareciendo la mayoría antes de que las hojas lleguen a la madurez completa (González-Villarreal, 1986).

Cuando las hojas están maduras son rígidas, coriáceas, verdes, lustrosas, y tardíamente deciduas, de forma elíptico-oblongadas de (2-) 6-8 (-15) cm de largo, de (1-) 2-3.5 (-6) cm de ancho, ápice agudo o atenuado y generalmente aristado, a veces acuminado, con la base un poco redondeada, ocasionalmente subcortada o un poco prolongada y subaguda; los bordes engrosados aunque pueden o no estar revolutos, frecuentemente están ondulados y fruncidos, enteros o con 1-4 aristas o dientes aristados. Nervaduras primarias de 5-9 en

cada lado, comúnmente arqueado-ascendentes, ramificándose hacia el margen. Haz verde lustroso, con las nervaduras primarias y secundarias elevadas que contrastan con los espacios verdes entre ellas; el envés es lustroso, cuando está seco es de un color amarillo luminoso característico. Casi glabras, pero con mechones de pelos pálidos estipitados en las axilas de las nervaduras primarias. Peciolos de (1-) 6-12 (-23) mm de largo, generalmente con tomento persistente (González-Villarreal, 1986).

Amentos masculinos de 8-12 cm de largo, finamente pilosos, con perianto acampanado ampliamente con lóbulos obtusos y ciliados, anteras elipsoidales, glabras, de 2.3 mm de largo; las flores femeninas de 1-3 laterales y terminales, sobre un pedúnculo grueso de 5-10 (20) mm de largo; frutos anuales o bianuales, solitarios, en pares o agrupados de tres en tres; cúpula hemisférica o prolongada hacia la base, de 10-15 mm de diámetro, con márgenes no enrollados, escamas del involucre leñosas, canescentes o casi glabras, más engrosadas hacia la base; Bellota corto-ovoide, de 13-16 (-20) mm de largo, de 10-12 mm de diámetro, la cúpula o involucre cubriendo 1/3 de su largo (González-Villarreal, 1986).

Es un componente frecuente de los bosques de encino de zonas templadas húmedas de la Sierra Madre del Sur y del Eje Neovolcánico Transmexicano y parte del occidente del país, en los estados de Distrito Federal (Ciudad de México), Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas (González-Rodríguez *et al.*, 2004; Romero-Rangel *et al.*, 2014a; Valencia-Ávalos, 2004; Valencia-Ávalos *et al.*, 2017; Zavala-Chavez, 1995; Závala-Chavez, 1989).

2.8. Problemas fitosanitarios en los bosques de *Quercus*

En Cibrián-Tovar (2017), diferentes autores refieren al menos 18 grupos de insectos fitófagos asociados al género, que atacan diferentes órganos de los árboles, otros están indirectamente relacionados siendo enemigos naturales de las especies que llegan a ser plagas de importancia en la salud de los bosques de encino:

- Insectos que afectan hojas:

-

Chupadores de savia como las familias Miridae, Tingidae, Aphrophoridae, Membracidae, Aleyrodidae, Aphididae, Phylloxeridae, Defoliadores: Chrysomelidae, Tettigoniidae, Inductores de agallas: algunas familias de la superfamilia Cynipoidea, principalmente la tribu Cynipini, Thripidae.

- Insectos que afectan tallo:

Escamas: Stigmacoccidae, Barrenadores de la madera: Buprestidae, Cerambycidae, Hymenoptera, Sessidae, Cossidae (Barrenador de tallos y raíces), Panthophtalmidae, inductores de agallas tribu Cynipini,

- Insectos que dañan semillas: barrenadores de las semillas: Curculionidae.

2.9. Avispas inductoras de agallas en los encinos

La familia Cynipidae, es una familia de insectos fitófagos que muestra una relación coevolutiva muy importante con la familia Fagaceae, principalmente con el Género *Quercus*. Diferentes tribus de esta familia son avispas inductoras de agallas en tallos y hojas de muchas especies de encinos, aunque muestran una muy marcada especificidad por sus hospedantes, es decir, una especie de avispa genera agallas en una sola especie de encinos), otras aunque no forman agallas, están estrechamente relacionadas con las primeras siendo inquilinos o competidores en las agallas ya formadas (Fernandes & Santos, 2014; Pujade-Villar, 2017; Pujade-Villar, Equihua-Martínez, Estrada-Venegas, & Chagoyán-García, 2009).

Existen diferentes organismos inductores de agallas, de importancia histórica que han sido estudiados desde principio del siglo XX, con diferentes formas de inducción de agallas (Fernandes & Santos, 2014). Las avispas de Cynipidae se caracterizan por la formación de agallas a partir de la ovipostura, todavía se desconoce el mecanismo por el cual el huevo modifica el comportamiento celular de la planta hospedante para generar que las células crezcan de forma

anormalmente grandes y, además, que se reproduzcan demasiado rápido (Pujade-Villar *et al.*, 2009).

Como se ha mencionado, en México se puede encontrar una gran riqueza de especies del género *Quercus* (Valencia-Ávalos, 2004) por lo que es de suponer también, una gran diversidad de avispa agalladoras, en los últimos años se han registrado en todas las áreas de distribución del género *Quercus* tanto en América como en Europa y Asia un gran número de especies nuevas, para México existen por los menos 33 especies validas de avispa agalladoras, 8 en la sección *Lobatae*, 23 en la sección *Quercus* y dos en la sección *Protobalanus*, siendo el 52% de estas especies de avispa de distribución endémica (Pujade-Villar *et al.*, 2009).

El conocimiento de los cynípidos es todavía muy reducido pues aunque se encuentran históricamente presentes en los encinos de todo el mundo y son reconocibles las agallas que forman, encontrando incluso diversos usos que se les han dado, estos insectos no han cobrado una importancia fitosanitaria que pudiera considerarse de importancia, el conocimiento de relación entre ellos y el género *Quercus* también ha sido estudiado de forma general, aunque hay gran variación en el comportamiento, ciclos biológicos y modos de vida de las especies y su hospedantes (Fernandes & Santos, 2014).

Este grupo de insectos forman agallas de diversas formas, colores y tamaños, cada especie tiene un morfotipo particular de agalla e incluso es fácil de reconocer la especie conociendo únicamente las características de la agalla en cuestión (Fernandes & Santos, 2014; Pujade-Villar *et al.*, 2009).

2.10. *Andricus quercuslaurinus* como problema de salud forestal

2.10.1. Descripción del grupo

La tribu Cynipini que forma parte de la familia Cynipidae es un grupo conformado por muchas especies que se caracterizan por la formación de agallas, presenta una alternancia obligada de una generación agámica que infesta el tallo de los hospedantes y una gámica que forma agallas en las hojas, en raros casos, el hospedante de cada generación suele ser una especie diferente de encino, en los últimos años han sido registradas gran cantidad de nuevas especies en todas las áreas de distribución del género *Quercus* (Pujade-Villar et al., 2009).

Para su identificación a nivel de familia, se usa un conjunto de caracteres morfológicos, de los cuales pueden presentarse algunos en otros grupos, pero nunca todos: la vena Rs + M de las alas está dirigida hacia la zona media de la vena basal, las carenas prenotales generalmente están ausentes, presenta pilosidad en el anillo de la base del metasoma, y las antenas son largas y sin clavas (Pujade-Villar, 2017).

Todos los géneros de Cynipini son formadores de agallas en los encinos, existen numerosas especies que no se han descrito, las últimas investigaciones arrojan descripciones de nuevos géneros en toda la región de distribución del género *Quercus* tanto en América como en Europa y Asia (Pujade-Villar et al., 2009).

Recientemente se han hecho descripciones de nuevas especies que han tenido explosiones poblacionales convirtiéndose en problemas fitosanitarios de importancia ya que llegan a causar una intensidad de daño en los hospedantes tan alta que lleva a la muerte de los árboles y posteriormente a un desequilibrio en el ecosistema, entre los que se encuentran *Andricus quercuslaurinus* en *Quercus affinis* (Melika et al., 2009), y *A. breviramuli* en *Q. laeta* (Pujade-Villar, Cibrián-Tovar, Barrera-Ruiz, & Melika, 2014) y *Callirhytis cornigera*

2.10.2. Descripción de la especie

La especie *Andricus Quercuslaurinus* fue registrada como nueva especie por (Melika *et al.*, 2009) es una especie con las características diagnósticas ya mencionadas, de distribución endémica en el Municipio de Acaxochitlán y regiones cercanas en el estado de Hidalgo que induce agallas en *Q. affinis* como principal hospedante, en menor medida en *Q. laurina*, entre los años 2003 a 2009 ha tenido brotes epidémicos causando la muerte de miles de árboles y provocando una reducción de la frontera del área de distribución de *Q. affinis*, considerándose una plaga de mucha importancia ambiental y social que se piensa seguirá aumentando su área de distribución (Barrera-Ruiz *et al.*, 2016; Melika *et al.*, 2009; Pujade-villar, Caicedo-Ramírez, Rodríguez, Fernández-Garzón, & Roca-Causachs, 2017).

2.10.3. Ciclo biológico de la especie

La avispa agalladora *A. Quercuslaurinus* presenta un ciclo biológico de dos años, la alternancia de generaciones agámica y gámica hace que esta avispa forme agallas tanto en follaje, como en tallo: la generación agámica coloca sus huevos sobre follaje, dando origen a una generación con individuos machos y hembras (gámica), esta ovopositará en los tallos donde formarán agallas durante un año, y al final emergerá la nueva generación integrada por puras hembras (Melika *et al.*, 2009).

Las agallas formadas por la ovipostura de la generación agámica en follaje pueden presentarse de una a varias en cada hoja, causando deformaciones en estas pues casi siempre se desarrolla sobre la nervadura principal; por otro lado, las agallas de ramas y tronco son abultamientos bastante conspicuos donde suelen desarrollarse muchas cápsulas de desarrollo y cada una de ellas dará origen a un nuevo individuo. Estas malformaciones limita el flujo de savia de las

raíces hacia la parte aérea causando paulatinamente la muerte de las ramas y en casos extremos la muerte total del árbol (Melika *et al.*, 2009).

2.10.4. Especies hospedantes

Actualmente se sabe que el principal hospedante y en que ha causado la muerte de gran cantidad de árboles es *Q. affinis* sin embargo la intensidad de daño es variable en el área de distribución de esta avispa, pudiéndose encontrar árboles vecinos en el cual uno se completamente infestado y el otro no presente ningún tipo de daño. *Q. laurina* también se consideraba un hospedante de esta avispa sin embargo se ha determinado que los ataques en esta especie son escasos, además de que esta es una región limítrofe de su distribución (Barrera-Ruiz *et al.*, 2016; Pujade-Villar, 2017).

2.10.5. Resistencia y tolerancia en plantas hospedantes

Se considera como resistencia a aquella propiedad o característica de algunos individuos o grupos de integrantes de una especie hospedante de una plaga o enfermedad de ser afectados en menor proporción o, en el menor de los casos, de forma nula por el agente causal (Gibson, Burley, & Spieght, 1980; Politowski & Browning, 1978), mientras que las plantas tolerantes son aquellas que siendo vulnerables pueden soportar la misma cantidad de infestación de un patógeno o plaga sin disminuir su rendimiento o desarrollo, o bien, tener el mismo rendimiento que las poblaciones vulnerables, pero bajo una presión mayor del agente dañino (Politowski & Browning, 1978).

El uso y conocimiento de la resistencia o tolerancia en plantaciones forestales, y aun en plantas cultivadas, es todavía deficiente, sin mencionar las poblaciones de bosques naturales donde pueden existir diversas especies cada una con un conjunto de plagas y enfermedades que pueden afectarlas y con dinámicas

poblacionales inexploradas. Las primeras aproximaciones a la resistencia y tolerancia a agentes dañinos en árboles forestales indican que una adecuada selección de linajes de resistencia y el manejo de heredabilidad de la misma para plagas y enfermedades prioritarias ayudaría a reducir considerablemente los costos de producción y los impactos ambientales de los planes de manejo de plantaciones forestales y bosques naturales (Guyot *et al.*, 2015; Heybroek, Stephan, & Weissenberg, 1980; Painter, 1951; Snieszko & Koch, 2017).

Principalmente en plantas cultivadas se ha sobrepuesto la selección de plantas o progenies por su alta productividad que generalmente son vulnerables a plagas o enfermedades, esta decisión inadecuada desencadena otros problemas, llevando a un mal manejo fitosanitario en el cultivo y degradando la interacción del cultivo con el medio ambiente, además de incrementar los costos por el control de los estos agentes (Heybroek, Stephan, & Weissenberg, 1980; Van Emden, 1991), sin embargo, se ha llegado a comprobar la existencia de linajes resistentes en poblaciones naturales y cultivadas a plagas reconocidas, relacionadas con diferentes factores de interacción entre el insecto plaga o enfermedad y la planta hospedante y que pueden en cierta medida ser inducidos y aprovechados (Louda & Collinge, 1992; Satchell, 1962; Van Emden, 1991; Worrall *et al.*, 2011)

En el área de mayor afectación de *A. quercuslaurinus*, se ha observado que algunos árboles presentan una intensidad de daño muy inferior, y que han sobrevivido a las diferentes infestaciones epidémicas de los últimos años, sin embargo no se ha logrado reconocer las diferencias entre los individuos más atacados y éstos (Pujade-Villar, 2017). Existen pocos estudios sobre resistencia de encinos a la incidencia o ataque de insectos plaga u organismos patógenos en árboles de bosques naturales. Se considera que la resistencia puede estar dada por relaciones coevolutivas entre la especie plaga y el hospedante o a la generación de metabolitos y otros compuestos en la estructura del hospedante que puede evitar la incidencia, se sabe además que los casos de resistencia son

más frecuentes entre plagas que atacan a una o pocas especies que las que no presentan una aparente preferencia de especies. (Kurth *et al.*, 2014; Louda & Collinge, 1992; Satchell, 1962).

CAPÍTULO 3

Evidencia de resistencia en *Quercus affinis* Scheidw. al agallador *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar considerando intensidad de daño

Evidence of resistance in *Quercus affinis* Scheidw. to gall wasp *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar considering intensity of damage

Austreberto Velasco González, David Cibrián Tovar, Cadena Meneses José Artemio, Víctor David Cibrián Llanderal, Enrique Guízar Nolzco.

División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, México.

Resumen.

Se llevó a cabo una cuantificación de intensidad de daño en ramas y porcentaje de afectación por agallas de hoja provocadas por *Andricus quercuslaurinus* en árboles de *Quercus affinis* clasificados en vulnerables y resistentes, según presentaran o no agallas en el tallo principal, respectivamente. Se detectó que un 13.62 % pudieron ser clasificados como resistentes con respecto al total de los árboles contabilizados. En cuanto a las agallas de rama se determinó que la incidencia media en árboles resistentes es 16.92 % de la de árboles vulnerables, mientras que en hoja fue de 2.59 % y 21.10 % en resistentes y vulnerables respectivamente, con una proporción de 12.25 % entre los grupos, se pudieron detectar árboles con incidencia nula al menos en agallas de rama. Los niveles de incidencia indican una marcada diferencia de daño entre grupos siendo más variable entre los vulnerables, esta diferencia en la intensidad de daño puede ser empleada para selección de líneas de resistencia que permita disminuir la afectación de la avispa agalladora en áreas vecinas, así como para la recuperación de la especie en las áreas previamente afectadas.

Palabras clave.

Agalla, Encino, Insecto Plaga, Avispa agalladora, Cynipido.

Abstract.

It was done quantification of damage intensity in branches and percentage of affectation by leaf galls caused by *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar in trees of *Quercus affinis* Scheidw. classified as vulnerable and resistant, according to whether or not they have galls on the main stem, respectively. It was detected that 13.62% could be classified as resistant with respect to the total of the trees counted. Regarding the branch galls, it was determined that the average incidence in resistant trees is 16.92% of that of vulnerable trees, while in leaf it was 2.59% and 21.0% in resistant and vulnerable respectively, with a proportion of 12.25% among the trees groups, it was possible to detect trees with zero incidence in at least branch galls. The levels of incidence indicate a marked difference of damage between groups being more variable among the vulnerable, this difference in the intensity of damage can be used for the selection of resistance lines that allow to reduce the affectation of the gall wasp in neighboring areas, as well as for the recovery of the species in previously affected areas.

Key words.

Gall, Oak, Pest Insect, Gall wasp, Cynipid.

Introducción.

El empleo de la resistencia genética en las especies hospedantes es una alternativa que parece aplicable para el manejo a largo plazo de enfermedades o de insectos plaga en ambientes naturales, los componentes de investigación, mejora de árboles y restauración y reforestación son necesarios para establecer programas de resistencia genética con cierto éxito (Snieszko & Koch, 2017). Aunque hasta ahora la mayoría de los esfuerzos para tales casos están encaminados a un monitoreo epidemiológico detallado y a la búsqueda de soluciones a corto plazo (Snieszko & Koch, 2017), casos recientes como el del barrenador esmeralda del fresno han obtenido ciertos indicadores de resistencia basados en árboles que sobreviven a la infestación (Koch, Carey, Mason, Poland, & Knight, 2015).

Los programas de evaluación de la salud forestal permite conocer el comportamiento de plagas y enfermedades desde los estados tempranos como epidemia

y deducir el potencial total posterior de la plaga, además de representar una oportunidad única para la evaluación de presencia de resistencia en la especie hospedante y construir planes de manejo o mitigación de los impactos de los patógenos o insectos basados en resistencia genética de forma exitosa (Snieszko & Koch, 2017).

En los encinos se ha avaluado resistencia y factores causales de esta característica al defoliador *Tortrix viridiana* siendo uno de los primeros trabajos el de Satchell (1962) y los estudios recientes de Kersten *et al.* (2013), (Ghirardo, Heller, Fladung, Schnitzler, & Schroeder, 2012) y Schroeder & Degen (2008), siendo uno de los casos de resistencia genética en bosque natural más estudiados.

Andricus quercuslaurinus Melika & Pujade-Villar, una avispa agalladora del encino es uno de los problemas más serios para *Quercus affinis* Scheidw. ya que desde el año 2006 ha provocado la mortalidad de miles de árboles en bosque de encino – pino de Acaxochitlán, Hidalgo (Barrera-Ruiz, Cibrián-Tovar, Llanderal-Cázares, Cibrián-Llanderal, & Lagunes-Tejeda, 2016; Melika, Cibrián-Tovar, Cibrián-Llanderal, Tormos, & Pujade-Villar, 2009; Pujade-Villar, 2017), en las áreas dañadas se ha observado diferentes intensidades de daño e incidencia entre árboles vecinos (Pujade-Villar, 2017) que permite presumir la presencia de caracteres de resistencia dentro de la especie hospedante (Heybroek, Stephan, & Weissenberg, 1980).

El grado de daño de una plaga o enfermedad puede influir en diferentes aspectos de la productividad de la planta, y puede estar reflejado en diferentes indicadores como la fisiología interna, la tasa de desarrollo, el porcentaje de sobrevivencia al final del ciclo de producción, entre otros (Anjorin, Jolaoso, & Golu, 2013; Lindow, 1983; Neves, Oliveira, & Parra, 2006; Teng, 1983)

El grado de incidencia dentro de la población hospedante es de suma importancia para determinar los umbrales económicos, fisiológicos y de otros aspectos dentro de un sistema de producción, pero además, representa un indicador de resistencia que podría ser empleado como base para análisis más profundos ante la plaga o enfermedad específica (Heybroek *et al.*, 1980; Painter, 1951).

Materiales y Métodos.

Las mediciones se llevaron a cabo en 4 parcelas de forma cuadrada con superficie de 100 m² ubicadas dentro del Rancho “La Victoria” en el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo, dentro de las cuales los árboles con un diámetro normal mínimo de 2 cm fueron clasificados en vulnerables y resistentes, los árboles que presentaban agallas en el tallo principal fueron considerados como vulnerables mientras que los resistentes fueron los que no mostraron daño en dicho tallo, Se contabilizaron todos los árboles de cada grupo. a continuación, se presenta el procedimiento empleado para las agallas de rama y de hojas.

Agallas de Rama

Se midió la longitud en cm de las agallas presentes en los todos los árboles resistentes y un número equivalente de árboles vulnerables. Se obtuvo la media de agallas presentes por árbol en cada parcela y por grupos.

Análisis

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) en el programa Statistical Analysis Software (SAS) Versión 9.4. para detectar diferencias significativas entre las medias, posteriormente se realizaron las comparaciones mediante la técnica Scheffé para verificar qué medias eran las que presentaban diferencias significativas.

Agallas de hoja

En los mismos árboles en los que se realizó la medición de agallas de rama se contabilizaron 100 hojas en cada árbol, seleccionadas de forma aleatoria, de las cuales se registró el número de agallas presentes en cada hoja.

Análisis

Mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el paquete Statistical Analysis Software (SAS) Versión 9.4 se determinó la presencia de diferencias significativas entre las medias del porcentaje de hojas con agallas presentes en cada árbol por parcelas y por grupos. Posteriormente se realizó una comparación de medias múltiples con la

técnica Scheffé para verificar cuales eran las medias que presentaban diferencias significativas.

Resultados.

La cantidad de árboles resistentes con respecto al total que fueron contabilizados en las cuatro parcelas es el 13.62 %. En la Tabla 1. Cantidad y promedios de los árboles contabilizados en cada parcela y por grupos se muestra un resumen de los porcentajes para cada una de las parcelas, observándose un mínimo de 9.74 % en la parcela 4 y un máximo de 17.24 % en la parcela 1.

Tabla 1. Cantidad y promedios de los árboles contabilizados en cada parcela y por grupos

Parcelas	Total de árboles	No. Árboles resistentes	No. Árboles vulnerables	Árboles resistentes (%)	Árboles vulnerables (%)
1	87	15	72	82.76	17.24
2	84	21	63	75.00	25.00
3	211	22	189	89.57	10.43
4	154	15	139	90.26	9.74
Total	536	73	463	86.38	13.62

Agallas de rama

La media de agallas del grupo de árboles resistentes representa el 16.92 % de la media de agallas de los clasificados como vulnerables, con un mínimo de 11.34 % en la parcela 1 y 21.19 % en la parcela 3 (Ver Tabla 6).

En la Tabla 2 se muestran los datos que describen los grupos de los árboles que fueron medidos para la comparación de intensidad de daño entre parcelas y en la última fila de esta los que fueron considerados para la comparación entre grupos. En los análisis de varianza se detectaron diferencias significativas entre grupos y entre parcelas, con P valores menores a 0.0001.



Figura 1. Agallas Inducidas por *Andricus quercuslaurinus*. A la izquierda: agalla en hoja inducida por la generación gámica, a la derecha, la inducida por la generación agámica en rama, ambas en *Quercus affinis* vulnerables. Fotografía: David Cibrián Tovar.

Tabla 2. Resumen de árboles considerados en el análisis para comparación de incidencia de daño por agallas de rama en la comparación entre parcelas.

Parcelas	Vulnerables					Resistentes				
	Árboles muestreados	Media		Mín	Máx	Árboles muestreados	Media		Mín	Máx
		de agallas (cm)	Desviación Estándar				de agallas (cm)	Desviación Estándar		
1	8 de 72	565.0	271.0	227.3	1151.6	8 de 15	64.1	83.6	8.0	228.0
2	23 de 63	213.8	145.7	53.4	640.3	19 de 21	45.3	27.5	0.0	95.2
3	20 de 189	254.5	89.2	123.3	412.7	19 de 22	42.1	57.4	0.0	210.7
4	12 de 139	358.7	145.1	120.9	600.0	12 de 15	64.9	88.8	0.0	259.0
Total	63 de 463	298.9	187.5	53.4	1151.6	58 de 73	50.6	61.3	0.0	259.0

En cuanto a las comparaciones múltiples de medias entre parcelas se obtuvo una marcada homogeneidad en la incidencia de daño de los árboles resistentes, mientras que

se detectó diferencias significativas entre las medias de los vulnerables, como se puede apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparación de medias entre parcelas para la incidencia de agallas en rama. Medias con letras diferentes en la columna “Comparación de medias” muestran diferencias significativas.

MEDIAS ORDENADAS DE MAYOR A MENOR	PARCELA	Número de árboles medidos	Tipo	Comparación de medias
565.01	5	8	Vulnerable	A
358.69	8	12	Vulnerable	B
254.51	7	20	Vulnerable	B
213.76	6	23	Vulnerable	BC
64.89	4	12	Resistente	C
64.08	1	8	Resistente	C
45.30	2	19	Resistente	C
41.13	3	19	Resistente	C

Agallas de hoja

Con respecto a los análisis de varianza para la comparación de intensidad de daño por agallas de hoja se obtuvieron diferencias significativas entre parcelas y entre grupos con P-valores menores a 0.0001. En la Tabla 4 se muestra un resumen de los datos recolectados por grupos para cada una de las parcelas. como se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 4. Resumen de árboles considerados en el análisis para comparación de incidencia de daño por agallas de hoja en la comparación entre parcelas.

Parcelas	Vulnerables					Resistentes				
	Media					Media				
	Árboles muestreados	de agallas (%)	Desviación Estándar	Mín	Máx	Árboles muestreados	de agallas (%)	Desviación Estándar	Mín	Máx
1	8 de 72	22.50	5.13	16.00	29.00	8 de 15	1.25	1.67	0.00	5.00
2	20 de 63	17.30	6.48	6.00	29.00	20 de 21	1.85	1.84	0.00	6.00
3	20 de 189	23.35	8.31	9.00	44.00	20 de 22	3.55	2.52	0.00	8.00

4	10 de 139	23.10	8.86	9.00	41.00	10 de 15	3.20	1.62	1.00	6.00
Total	63 de 463	21.10	7.77	6.00	44.00	58 de 73	2.59	2.20	0.00	8.00

La media de incidencia de agallas de hoja presentes en los árboles resistentes es el 12.25 % de la de los árboles vulnerables, con un mínimo de 6.56 % en la parcela 1 y un máximo de 25.20 % en la tres. (Ver Tabla 6).

Tabla 5. Comparación múltiple de medias entre parcelas para agallas de hoja. Medias con letras diferentes en la columna “Comparación de medias” muestran diferencias significativas.

MEDIAS ORDENADAS DE MAYOR A MENOR	Parcela	Número de árboles considerados	Tipo	Comparación de medias
23.35	7	20	Vulnerable	A
23.10	8	10	Vulnerable	A
22.50	5	8	Vulnerable	A
17.30	6	20	Vulnerable	A
3.55	3	20	Resistente	B
3.20	4	10	Resistente	B
1.85	2	20	Resistente	B
1.25	1	8	Resistente	B

Tabla 6. Porcentajes observados de incidencia en resistentes (R) con respecto a la incidencia en vulnerables (V), en agallas de ramas y de hojas.

Parcelas	Incidencia media de agallas de ramas (cm)		% Incidencia R/Incidencia V	Incidencia media de agallas de hoja (%)		% Incidencia R/Incidencia V
	V	R		V	R	
1	565.01	64.08	11.34	22.50	1.25	6.56
2	213.76	45.30	21.19	17.30	1.85	10.69
3	254.51	42.13	16.55	23.35	3.55	15.20
4	358.69	64.89	18.09	23.10	3.20	13.85
Total	298.90	50.58	16.92	21.10	2.59	12.25

Discusión.

La incidencia de daño presente en árboles resistentes es de 16.92 % y de 12.25 % con respecto a los vulnerables, para agalla de rama y de hoja respectivamente, para el caso de las agallas de hoja donde se consideró porcentajes de hojas con presencia de agallas se obtuvo un 21.10 % y 2.20 % para vulnerables y resistentes respectivamente, Louda & Collinge (1992) determinaron que las diferencias en la resistencia o vulnerabilidad hacia ciertos insectos fitófagos pueden estar determinadas por condiciones de estrés en las plantas, otro factor que parece tener relevancia en la resistencia a insectos plaga es la riqueza de especies en el ecosistema en el que se encuentran los árboles hospedantes, más frecuentemente ante insectos con hospedante específico que los que atacan a gran cantidad de hospedantes, llamados generalistas (Guyot *et al.*, 2015), aspectos abióticos como la altitud y exposición suelen jugar un papel importante en la resistencia de las localidades de la especie hospedante (Lehndal & Ågren, 2015).

La abundancia o escasez de agallas tanto de ramas como de hojas permite deducir la presencia de resistencia en aquellos individuos en los que es menor la incidencia con base a la definición de resistencia la cual se refiere a la presencia de menores índices de daño causado por un insecto plaga o una enfermedad sobre individuos de la especie hospedante (Painter, 1951; Snieszko & Koch, 2017), la resistencia de una especie también puede ser expresada en la frecuencia de incidencia del insecto plaga a través del tiempo Charles, Delplanque, Marpeau, Bernard-Dagan, & Arbez (1980) determinaron diferencias en incidencia desde 2 hasta 24 ataques entre resistentes y susceptibles, respectivamente, similar a los porcentajes que se encontraron para el caso las agallas de hoja.

El comportamiento fisiológico y los rasgos del genotipo, ambos mutuamente relacionados, pueden reflejar diferencias significativas entre árboles resistentes y vulnerables que posiblemente puedan predecir las causas internas que determinan la presencia de resistencia en algunos individuos en contraste con otros que se muestran susceptibles (Kersten *et al.*, 2013).

Con un 13.62 % con respecto a la población total de árboles que pueden ser clasificados como resistentes según el criterio de clasificación utilizado. Se puede concluir que se cuenta con un número considerable para la selección de líneas de resistencia a la avispa agalladora que permita una repoblación exitosa en áreas seriamente afectadas. Posteriores análisis deben estar enfocados en la detección de los caracteres de los árboles resistentes que permita un mayor control de la heredabilidad de la resistencia en las generaciones subsiguientes.

Referencias Citadas.

- Anjorin, S. T., Jolaoso, M. A., & Golu, M. T. (2013). A Survey of incidence and severity of pests and diseases of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) and egg plant (*Solanum melongena* L.) in Abuja, Nigeria. *American Journal of Research Communication*, 1(11), 333–349.
- Barrera-Ruiz, U. M., Cibrián-Tovar, D., Llanderal-Cázares, M. C. M., Cibrián-Llanderal, V. D., & Lagunes-Tejeda, Á. (2016). Chemical combat of gall wasps *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar (Cynipidae) in *Quercus affinis* Scheidw. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XXII(2), 115–123. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.05.020>
- Charles, P. J., Delplanque, A., Marpeau, A., Bernard-Dagan, C., & Arbez, M. (1980). Susceptibility of European black pine (*Pinus nigra*) to the European pine shoot moth (*Rhyacionia buoliana*): variations of susceptibility at the provenance and individual level of the pine and effect of terpene composition. In H. M. Heybroek, B. R. Stephan, & K. V. Weissenberg (Eds.), *Resistance to diseases and pest in forest trees* (pp. 206–212). Wageningen, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- Ghirardo, A., Heller, W., Fladung, M., Schnitzler, J. P., & Schroeder, H. (2012). Function of defensive volatiles in pedunculate oak (*Quercus robur*) is tricked by the moth *Tortrix viridana*. *Plant, Cell and Environment*. <https://doi.org/10.1111/j.1365->

- Guyot, V., Castagneyrol, B., Vialatte, A., Deconchat, M., Selvi, F., Bussotti, F., & Jactel, H. (2015). Tree diversity limits the impact of an invasive forest pest. *PLoS ONE*, 10(9), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136469>
- Heybroek, H. M., Stephan, B. R., & Weissenberg, K. V. (Eds.). (1980). *Resistance to diseases and pest in forest trees*. Wageningen, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation. <https://doi.org/10.1109/ICEAA.2015.7297312>
- Kersten, B., Ghirardo, A., Schnitzler, J. P., Kanawati, B., Schmitt-Kopplin, P., Fladung, M., & Schroeder, H. (2013). Integrated transcriptomics and metabolomics decipher differences in the resistance of pedunculate oak to the herbivore *Tortrix viridana* L. *BMC Genomics*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-737>
- Koch, J. L., Carey, D. W., Mason, M. E., Poland, T. M., & Knight, K. S. (2015). Intraspecific variation in *Fraxinus pennsylvanica* responses to emerald ash borer (*Agrilus planipennis*). *New Forests*. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9494-4>
- Lehndal, L., & Ågren, J. (2015). Latitudinal variation in resistance and tolerance to herbivory in the perennial herb *Lythrum salicaria* is related to intensity of herbivory and plant phenology. *Journal of Evolutionary Biology*, 28(3), 576–589. <https://doi.org/10.1111/jeb.12589>
- Lindow, S. E. (1983). Estimating disease severity of single plants. *Phytopathology*, 73(11), 1576–1581.
- Louda, S. M., & Collinge, S. K. (1992). Plant resistance to insect herbivores: A field test of the environmental stress hypothesis. *Ecology*, 73(1), 153–169. <https://doi.org/10.2307/1938728>
- Melika, G., Cibrián-Tovar, D., Cibrián-Llenderal, V. D., Tormos, J., & Pujade-Villar, J. (2009). New species of oak gallwasp from Mexico (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) – a serious pest of *Quercus laurina* (Fagaceae). *Dugesiana*, 16(2), 67–73.
- Neves, A. D., Oliveira, R. F., & Parra, J. R. P. (2006). A new concept for insect damage evaluation based on plant physiological variables. *Anais Da Academia Brasileira de*

- Ciencias*, 78(4), 821–835. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652006000400015>
- Painter, R. H. (1951). *Insect Resistance in Crop Plants*. *Agronomy Journal*. New York: The MacMillan Company. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72103-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72103-8)
- Pujade-Villar, J. (2017). Familia Cynipidae. In D. Cibrián-Tovar (Ed.), *Fundamentos de Entomología Forestal* (pp. 353–356). Texcoco, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Satchell, J. E. (1962). Resistance in oak (*Quercus spp.*) to defoliation by *Tortrix viridana* L. in Roudsea Wood National Nature Reserve. *Annals of Applied Biology*, 50, 431–442.
- Schroeder, H., & Degen, B. (2008). Spatial genetic structure in populations of the green oak leaf roller, *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera, Tortricidae). *European Journal of Forest Research*. <https://doi.org/10.1007/s10342-008-0228-4>
- Snieszko, R. A., & Koch, J. (2017). Breeding trees resistant to insects and diseases: putting theory into application. *Biological Invasions*, 19(11), 3377–3400. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1482-5>
- Teng, P. S. (1983). Estimating and interpreting disease intensity and loss in commercial fields. *Phytopathology*, 73(11), 1587–1590.

CAPÍTULO 4

Distribución y diversidad del género *Quercus* en el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo, México y su contexto con *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar

Distribution and diversity of the *Quercus* genus in the municipality of Acaxochitlán, Hidalgo, México and its context with *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar

Velasco-González Austreberto

Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230. Chapingo. Texcoco. Estado de México, México. Tel.: 595-1131-936. Email: austre_13@live.com.mx

Guízar-Nolazco Enrique

Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Km 38.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. Tel. 55-8550-7578. Email. tropsec@hotmail.com

Cibrián-Tovar David

Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Km 38.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. Tel. 595-9517-399. Email. dcibrian48@gmail.com

Cadena-Meneses José Artemio

Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Km 38.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. Email. cadena@correo.chapingo.mx

Cibrián-Llenderal Víctor David

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado en Ciencias Forestales. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. Tel. 595-1149-353. Email: vicillan@gmail.com

Resumen

Andricus quercuslaurinus representa un problema fitosanitario de gran relevancia para *Quercus affinis* en el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo, se supone que la zona es altamente rica en cuanto a especies del género *Quercus*, donde algunas podrían ser hospedantes de la plaga y otras no. Se recolectó ejemplares de las especies de interés usando el método de barrido florístico, se realizó la determinación de las mismas y se elaboró una clave dicotómica con sus correspondientes descripciones, se recolectó material de las que presentaban síntomas similares a las presentes en *Q. affinis*. Se realizó una comparación de comunidades usando el Índice de Similitud de Jaccard dentro del área de estudio basados en las especies recolectadas, se determinó el estatus de conservación de las especies, según literatura vigente. Se registraron 14 especies, 10 de la sección *Lobatae* y 4 de *Quercus*, una endémica, se encuentra en peligro crítico, otras tres se encuentran en la misma categoría, por el riesgo en que se encuentra su hábitat, tres especies presentaron las agallas similares a la inducidas por *A. quercuslaurinus*: *Quercus acherdophylla*, *Quercus hirtifolia*, y *Quercus laurina*, todas de la sección *Lobatae*. Se determinó la existencia de comunidades diferenciadas según la presencia de las especies determinadas. El área es una región de gran diversidad de especies del género *Quercus*, representa un reservorio de especies y comunidades cuya conservación de su composición es de vital importancia para mantener el área de distribución de determinadas especies.

Palabras clave

Encino, diversidad, Hidalgo, Fagaceae, avispa agalladora.

Abstract

Andricus quercuslaurinus represents a phytosanitary problema of great relevance for *Quercus affinis* in the municipality of Acaxochitlán, Hidalgo it is assumed that the area is highly rich in terms of *Quercus* genus species, where some may be host to the pest and others may not. Specimens of species of interest were collected using the floristic sweeping method, the determination of them was made and a dichotomous key was elaborated with their corresponding descriptions, material was collected from those that presented symptoms similar to those present in *Q. affinis*. A comparison of communities

was made using the Jaccard Index Similarity within the study area base on the species collected and determined, the conservation status of the species was determined, according to current literatura. There were 14 species, 10 of the *Lobatae* section and 4 of *Quercus*, one endemic, is in critical danger, another three are in the same category, due to the risk in which their habitat is found, 3 species presented the galls similar to the one induced by *A. quercuslaurinus*: *Quercus acherdophylla*, *Quercus hirtifolia* y *Quercus laurina*, all of the *Lobatae* section. The existence of differentiated communities was determined according to the presence of the determined species. The area is a region of great diversity of *Quercus* species, represents a reservoir of species and communities whose conservation of its compositions is of vital importance to maintain the distribution area of certain species.

Key words

Oak, diversity, Hidalgo, Fagaceae, gall wasp.

Introducción

La rápida fragmentación de ecosistemas es un problema a nivel global y México no es la excepción, influye directamente sobre la estabilidad de poblaciones animales, ampliamente estudiadas, pero también lleva a la pérdida y extinción local de especies vegetales de las comunidades ecológicas afectadas (Moreno-Sánchez *et al.*, 2006), así como los impactos del cambio climático que incrementan las zonas de afectación de plagas y enfermedades en los ecosistemas forestales (Moore & Allard, 2008), estos problemas obligan a acelerar el conocimiento actual de la biodiversidad en regiones en riesgo para implementar estrategias de rescate y conservación de especies clave para el equilibrio ecológico.

El género *Quercus* es uno de los clados de plantas leñosas más importantes en el Hemisferio Norte, en términos de diversidad de especies, dominio ecológico y valor económico (Nixon, 2006). En México se reportan un total de 161 especies de este género (Valencia-Ávalos, 2004; Valencia-Ávalos *et al.*, 2017), de las cuales 43 especies han sido registradas en el estado de Hidalgo (Valencia-Ávalos *et al.*, 2017), no obstante, la

construcción de claves dicotómicas y descripciones locales ayudaría a conocer la distribución más precisa así como las variantes morfológicas y ambientales de las especies reportadas.

En este estudio se presentan las características diagnósticas de las especies recolectadas en las zonas con bosques de encino del municipio de Acaxochitlán, Hidalgo, próximo a los estados de Veracruz y Puebla con el objetivo de determinar la diversidad del género *Quercus* a nivel local, también se incluye una clave dicotómica para la correcta determinación de los diferentes taxa encontrados, debido a que es una región poco explorada y cuya composición y estructura se encuentra bajo una fuerte presión ecológica y antropogénica por la presencia de problemas fitosanitarios recientes como lo es *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar un tipo de avispa inductora de agallas en hojas y ramas de *Quercus affinis* la especie dominante de la región, que ha provocado la mortalidad de gran parte de la población de dicha especie, considerándose una plaga muy seria a nivel regional (Barrera-Ruiz *et al.*, 2016; Melika *et al.*, 2009; Pujade-Villar, 2017), además de otros factores como la fragmentación y producción forestal de una o muy pocas especies como *Pinus patula* Schltdl. & Cham.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El área de estudio comprende la región de bosque de encino de Acaxochitlán Hidalgo, entre las coordenadas 98°7'37'' O, 20°5'19'' N y 98°06'00' O, 20°04'00''N como se muestra en la Figura 1, corresponde a un bosque templado húmedo de encino o *Quercus*, comunmente conocido como encinar (González-Medrano, 2003; Miranda & Hernández-X., 1963; Rzedowski, 2006) es región limítrofe entre este tipo de ecosistema y los bosques mesófilos de montaña que se pueden encontrar en los municipios colindantes de los estados de Puebla y Veracruz al norte y este del municipio; con dominancia de especies del género *Quercus*, y presencia de *Pinus*, *Alnus* y otras especies arbóreas; el tipo de suelo predominante es acrisol húmico, seguido de luvisol crómico y cambisol húmico (INIFAP - CONABIO, 1995); con clima tipo C(m)(f), y C(m) según la clasificación de García

(2004) (CONABIO, 2001; García, 2004). Forma parte central de la Sierra Madre Oriental una de las regiones con mayor riqueza de especies del género *Quercus* en México (Valencia-Ávalos, 2004; Valencia-Ávalos *et al.*, 2017).

Método

Se realizó un barrido florístico para la recolección y herborización de ejemplares representativos del componente arbóreo dentro del área de estudio, haciendo énfasis en las especies del género *Quercus*. Se identificaron los ejemplares mediante la utilización de claves dicotómicas existentes, fuentes en línea, literatura regional sobre el género y comparación de ejemplares con material del herbario CHAP, así como la asistencia de especialistas de la Facultad de Estudios Superiores (FES) Iztacala y del Departamento de Biología Comparada de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); el juego completo de las especies encontradas fue depositada en la colección del Herbario CHAP de la Universidad Autónoma Chapingo.

Una vez realizada la identificación de las especies se elaboró una clave dicotómica para la determinación de las especies presentes, basada principalmente en características diagnósticas foliares.

Con la base de datos de las especies identificadas en cada uno de los sitios de muestreo se construyó una matriz binaria de Presencia-Ausencia y se aplicó el Índice de Similitud Binaria de Jaccard descrito por Rocha-Ramírez *et al.* (2006) con el que se generó un dendrograma de similitud que refleja el grado de relación o cercanía entre los diferentes sitios, según las especies presentes evaluadas en cada uno de ellos.

También durante el recorrido de muestreo para el barrido florístico se colectó material de agallas con morfotipo similar a las agallas inducidas por *A. quercuslaurinus* en especies diferentes a *Q. affinis* y se hizo un registro de las mismas, así como la intensidad de daño presente, basándose en las descripciones de Melika *et al.*, (2009) y Pujade-Villar, (2017) sobre este insecto plaga.

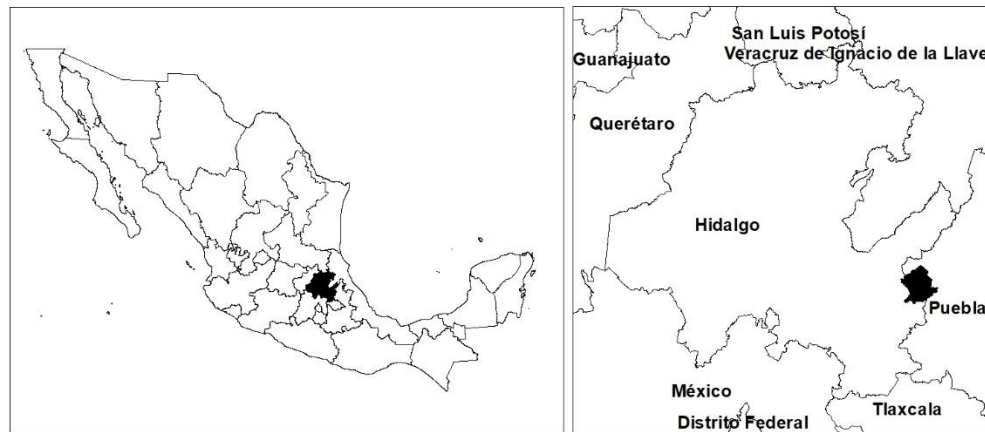
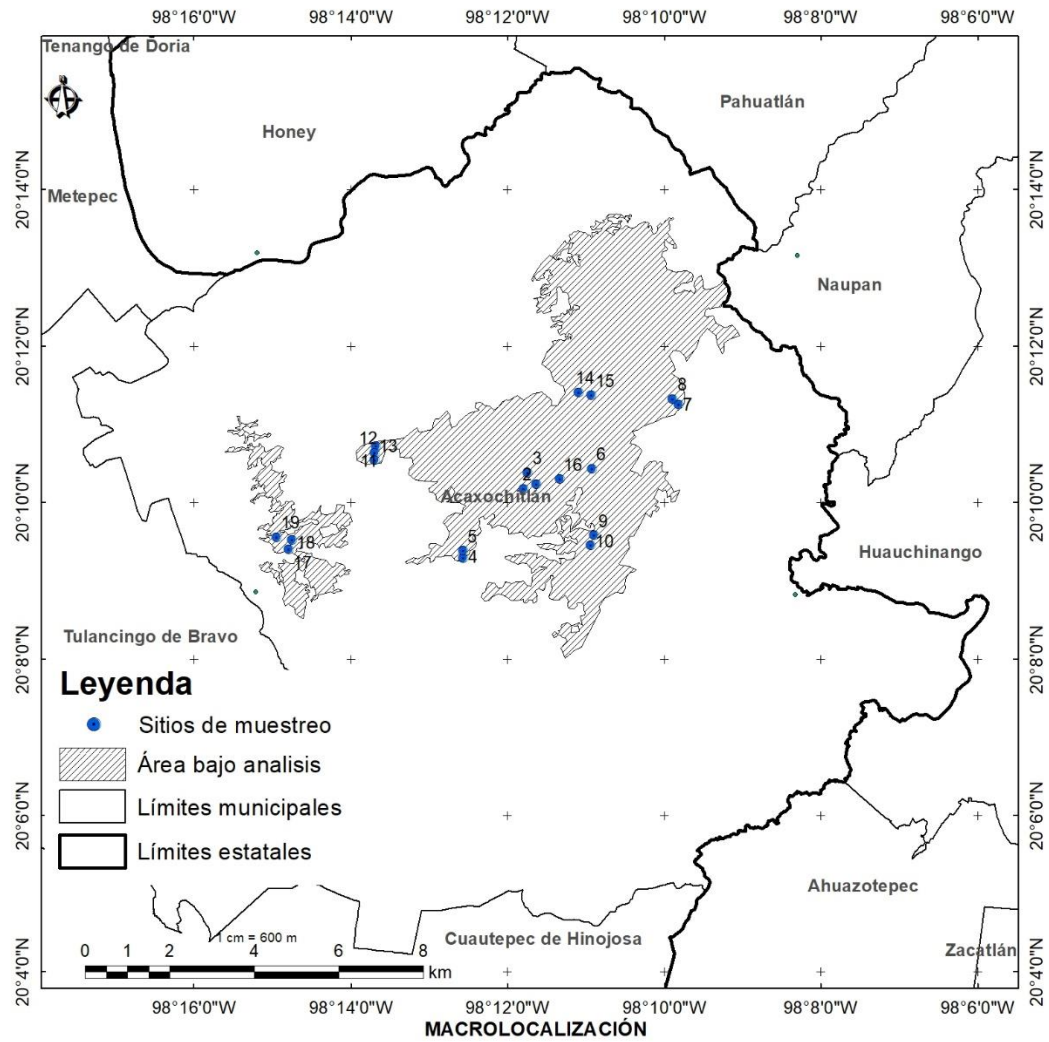


Figura 1. Área de estudio.

Resultados

En el Cuadro 1. Matriz de presencia - ausencia de las especies recolectadas en los sitios muestreados. se presentan las especies que fueron recolectadas, y la presencia o ausencia en los sitios muestreados. Se colectaron un total de 14 especies, de las cuales 9 pertenecen a la sección *Lobatae* y 5 a la sección *Quercus*; las especies más frecuentes fueron *Quercus affinis*, *Q. crassifolia*, *Q. candicans*, con 12, 12 y 10 sitios con la presencia de estas especies, respectivamente, sin embargo, *Q. affinis*, *Q. acherdophylla* y *Q. crassifolia*, representan el componente arbóreo predominante en los sitios en los que se encuentran presentes.

Cuadro 1. Matriz de presencia - ausencia de las especies recolectadas en los sitios muestreados.

Especies	Sitios																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>Quercus acherdophylla</i>	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Quercus affinis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Quercus candicans</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
<i>Quercus crassifolia</i>	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
<i>Quercus deserticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Quercus dysophylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Quercus glabrescens</i>	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
<i>Quercus hirtifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus laeta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Quercus lancifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Quercus laurina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus mexicana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Quercus obtusata</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
<i>Quercus xalapensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

El número 1 representa la presencia de la especie en el sitio, el número 0 su ausencia.

Mediante el análisis de Índice de Similitud de Jaccard (Rocha-Ramirez *et al.*, 2006), según los datos de la matriz mostrada en el Cuadro 1. Matriz de presencia - ausencia de las especies recolectadas en los sitios muestreados., se elaboró el dendrograma de relación entre las localidades muestreadas el cual se muestra en la Figura 2, se observa que al nivel de similitud de 0.5 existen un total de 9 grupos diferenciados, lo que indica una gran diversidad de comunidades o sistemas ecológicos en una superficie relativamente pequeña.

Los grupos o clusters se conforman por la presencia de especies determinantes en su composición, siendo sitios claramente diferenciados el I y IV por la presencia de *Q. laurina*, VI por *Q. hirtifolia* y IX por la dominancia de *Q. acherdophylla*. Los grupos conformados por varios sitios, por su parte, presentan los grados de similitud suficientes para asociarse debido a la presencia de una o varias especies comunes como lo son el grupo II con sitios que comparten *Q. dysophylla*, el grupo III cuyos sitios muestran la presencia *Q. mexicana* y *Q. obtusata*, el grupo V con *Q. affinis*, y *Q. crassifolia*, el VII con *Q. glabrescens* y el grupo VIII por la presencia de *Q. acherdophylla*. Así también, se puede decir que comunidades con similitudes de 1 se trataron de sitios altamente alterados, en los que probablemente se ha realizado selección del arbolado y no refleja directamente la diversidad original del ecosistema.

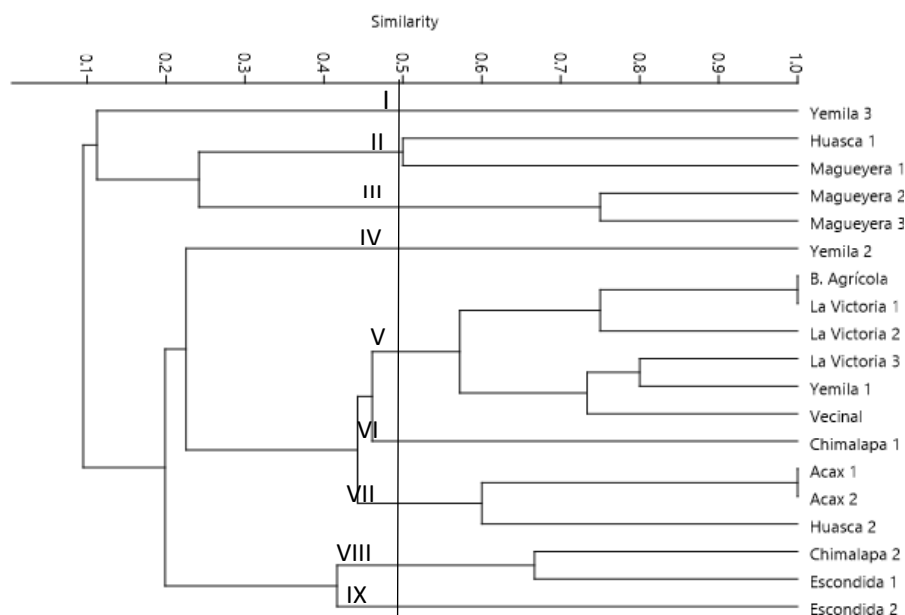


Figura 2. Dendrograma de similitudes entre sitios muestreados.

A continuación, se presenta la clave dicotómica para la determinación de las especies presentes en la región de interés, seguida de la descripción correspondiente a cada especie.

Clave de identificación de especies del género *Quercus* en Acaxochitlán, Hgo.

1. Hojas con margen entero, algunas veces con el ápice mucronado o aristado, pero sin dientes o aristas laterales.
2. Envés glabro lustroso, o con pubescencia ligera principalmente sobre la nervadura principal acentuándose cerca de la base y en las axilas, borde delgado, ligeramente revoluto.

Quercus acherdophylla

2. Envés con pubescencia, hojas coriáceas a subcoriáceas, margen grueso revoluto a ligeramente revoluto.
3. Envés con pubescencia dispersa formada por pelos estrellados que permite ver la epidermis.

Q. mexicana

3. Envés con tomento denso de color amarillento que no deja ver la epidermis.

Q. x dysophylla

1. Hojas con margen dentado u ondulado, con aristas o mucrones laterales.
4. Margen con aristas laterales, rara vez entero o dentado, nunca mucronado.
5. Envés con pubescencia densa persistente.
6. Envés con tomento adpreso blanquecino, amarillento cuando la hoja está seca. Hojas delgadas y correosas de 10 a 20 cm de largo por 5-12 cm de ancho. Haz verde lustroso.

Q. candicans

6. Envés con tomento no adpreso ni blanquecino.
7. Hojas gruesas, con borde revuelto y cartilaginoso, haz verde amarillento de textura áspera, envés con tomento denso, lanoso de color amarillento.

Q. crassifolia

7. Hojas subcoriáceas, con borde plano o ligeramente revuelto, tomento no lanoso acentuándose en las axilas de la vena principal.

Q. hirtifolia

5. Envés glabro a glabrescente o con pubescencia o indumento no persistente.
8. Envés glabro o con pelos dispersos, con mechones de pelos en las axilas de la vena principal de no más de 15 cm de largo por 5 cm de ancho.
9. Envés con mechones finos de tricomas en la menor parte de las axilas de la vena principal, venas secundarias no levantadas, hojas de 2-9 cm de largo x 1-3 cm de ancho, envés casi indistinguible del haz.

Q. affinis

9. Envés de la hoja con mechones de tricomas en la mayoría de las axilas de la vena principal, venas secundarias prominentemente levantadas en el envés, borde revuelto hacia el envés.

Q. laurina

8. Hojas con pubescencia uniforme no persistente de 10-20 cm de longitud por 4-9 cm de ancho, borde generalmente entero, con aristas hacia la mitad apical, a veces más cerca de la base.

Quercus xalapensis.

4. Margen entero o dentado a veces mucronado, pero nunca aristado.

10. Ápice agudo y dientes de la hoja generalmente agudos.

11. Envés con pubescencia densa amarillenta.

Q. deserticola

11. Envés glabro o glabrescente.

12. Envés glabrescente, con numerosos pelos estrellados dispersos sobre las venas y el resto de la superficie de envés.

Q. glabrescens

12. Envés glabro con algunos pelos estrellados únicamente sobre la nervadura principal, venas principales y secundarias amarillentas elevadas en el envés.

Q. lancifolia

10. Ápice obtuso o redondeado, dientes redondeados, a veces agudos.

13. Largo de las hojas más de 2 veces el ancho. Envés con pubescencia ligera, presencia de algunos pelos glandulares con escasas secreciones amarillentas sobre las venas.

Q. laeta

13. Largo de las hojas menos de 2 veces el ancho. Envés con numerosos pelos glandulares color ámbar a rojizos con abundante secreción glandular.

Q. obtusata

Descripción de las especies del género *Quercus* de Acaxochitlán, Hidalgo

1. *Quercus acherdophylla* Trel.

Árbol de hasta 25-30 m de altura, 80 – 100 cm de diámetro normal con corteza escamosa en placas rectangulares, cohabita comunmente con *Q. affinis* y *Q. crassifolia*.

Hojas de 6-7 cm de largo por 2-3 cm de ancho; deciduas; lanceoladas a oblongo-elípticas, a veces oblanceoladas; ápice agudo, a veces aristado; base redondeada a veces atenuada, margen entero, delgado, ligeramente revuelto y ondulado, sin dientes o aristas; de color verde oscuro lustroso, sin pubescencia en el haz, generalmente sin pubescencia o, de presentarse, concentrada en las axilas de la vena principal, especialmente en la base, 10 a 12 pares de venas, a veces ligeramente levantadas en el envés, peciolo de 3-5 mm de largo, glabro.

Fruto. Bellota subglobosa de 0.6-1 cm de diámetro, mucronado, glabro, solitaria o en pares sobre un pedúnculo corto; involucro delgado, que abarca 1/3 de la bellota, con escamas aplastadas, glabrescentes, anuales.

Distribución. Hidalgo, Puebla y Veracruz, entre los 1 500 y 2 000 msnm.

2. *Quercus affinis* Scheidw.

Árbol de tallo recto y copa definida de hasta 35 m de altura y 1.2 m de diámetro normal, corteza escamosa, forma parte de bosques templados en los que llega a dominar el estrato arbóreo, siendo más frecuente en ambientes templados con frecuencia de abundante humedad y precipitación.

Hojas de 2-9 cm de largo por 1-3 cm de ancho; perennifolio; coriáceas; elípticas a lanceoladas; ápice atenuado a acuminado, presentando arista terminal; base aguda o redondeada; margen no revuelto, entero a veces con algunos dientes, menos de 5 pares pero siempre aristado generalmente hacia la mitad apical aunque ocasionalmente puede presentarse más cerca de la base de la hoja; de color oxidado cuando jóvenes y verde oscuro cuando maduras, brillantes, glabro o con algunos tricomas estrellados cerca de la base; 5-9 pares de venas secundarias, no levantadas, a veces inconspícuas; epidermis lisa; peciolo glabro.

Fruto. Bellota de 1-1.5 cm de longitud; ovoide a subglobosa; 1 o 2 juntas en un pedúnculo corto, involucre semiesférico, que abarca de 1/3 a 1/2 de la nuez, escamas triangulares ciliadas en el margen; madurando cada dos años en los meses de julio a septiembre.

Distribución. Noreste, Centro y SE de México; Sierra Madre Oriental y Este de la Faja Volcánica Transmexicana que incluye los estados de Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz; entre los 1 200 a 2 600 msnm.

3. *Quercus candicans* Neé

Árbol de hasta 25 m de altura, 90-100 cm de diámetro normal, corteza finamente escamosa, forma parte del bosque de encino presentándose de forma escasa a regular.

Hojas de 10-20 cm de largo por 5-12 cm de ancho; obovadas o elípticas; delgada y correa; ápice aristado, agudo; base subcordada o truncada; margen engrosado, cartilaginoso, dentado apicalmente presentando de 5-8 pares de dientes en el 1/4 - 1/2 apical; a veces entero pero siempre con aristas; haz verde lustroso; ligeramente áspera, generalmente glabra, a veces con pelos estrellados cerca de la base y sobre la nervadura principal; envés con tomento blanquecino, amarillento en hojas sobremaduras, formado de pelos estrellados, adpresos y algunos simples glandulares; 8-15 pares de venas secundarias rectas prominentes en el envés; peciolo de 1.3-2 cm, pubescente.

Fruto. 1.5-2 cm de longitud, 1.5 cm de diámetro; ovoide, color café claro, solitario o en pares sobre un pedúnculo de 0.5-15 mm de longitud; involucre semiesférico que cubre hasta 1/3 de la nuez; escamas estrechas glabras; madurando en 1 o 2 años.

Distribución. Michoacán, Jalisco, Guerrero, Durango, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Nayarit, Puebla, Oaxaca, Guatemala; entre los 1 200 a 2 700 msnm.

4. *Quercus crassifolia* Bonpl.

Árbol de porte medio de hasta 22 m de altura, hasta 60 cm de diámetro normal, corteza escamosa, es un componente común de los bosques de encino, altamente flexible en cuanto a los requerimientos ambientales para su presencia, así como variable en sus características morfológicas foliares y de porte del árbol.

Hojas de 4-12 cm de largo por 3-7 cm de ancho; deciduas; gruesas y rígidas, obovadas a oblongo-obovadas o elípticas; ápice agudo u obtuso; aristado; base redondeada o cordada; margen cartilaginoso, revuelto y ondulado, con 3-8 pares de dientes agudos y aristados, principalmente en las 2/3 partes apicales; haz color verde amarillento, brillante, áspero y glabro con algunos tricomas fasciculados en la región cercana a la nervadura central; envés con tomento lanoso amarillento a café claro, formado por pelos fasciculados de 1-1.5 mm de longitud, con tallo de 0.2 mm de longitud, que se remueven fácilmente; 7-9 pares de venas impresas en el haz y prominentes abaxialmente, epidermis papilosa; peciolo tomentoso de 0.6-1.5 cm de longitud; cuando jóvenes las hojas presentan tricomas glandulares conspicuos de color rojo oscuro.

Fruto. Bellota ovoide de 1-1.5 cm; individuales o en pares sobre un pedúnculo corto de 3-9 mm de longitud; glabras, color café claro; cubiertas en 1/3 por un involucre semiesférico con escamas delgadas, pubescentes, apicalmente redondeadas; madurando en 2 años.

Distribución. Chiapas, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz, Guatemala; entre los 1 300 a 2 800 msnm.

5. *Quercus deserticola* Trel.

Árbol de porte medio de entre 12-16 m de altura, hasta 35-40 cm de diámetro normal, corteza escamosa, común en ambientes templados poco húmedos.

Hojas de 5-9 (-11) cm de longitud por 2-4 (-5) cm de ancho; deciduas; correasas, ásperas; oblongas, obovadas o más o menos largamente elípticas; ápice redondeado; mucronado; base redondeada a veces cordada; margen revuelto, entero u ondulado a crenado-dentado, con 4-7 (10) pares de dientes mucronados; haz verde oscuro con algunos pelos estrellados con 7-9 rayos, especialmente sobre la vena media; envés más pálido, glauco, con pubescencia densa formada por pelos estrellados, pediculados y algunos pelos glandulares; epidermis papilosa, ligeramente ampulosa; 6-11 pares de venas, ligeramente curvada, impresas en el haz y prominente en el envés; peciolo tomentoso de 4-8 (11) mm de largo, engrosado en la base.

Frutos. Bellota de 1.5 cm de longitud, ovoides; de 1-3 sobre un pedúnculo grueso, corto y tomentoso de 2-9 mm de largo, involucro de 1.4-2 de diámetro cubriendo 1/3 de la bellota, anuales, madurando en los meses de julio a diciembre.

Distribución. Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Puebla, Querétaro.

6. *Quercus dysophylla* Benth.

Es considerado como híbrido entre *Q. crassipes* y *Q. crassifolia* por lo que puede ser mencionado como *Quercus x dysophylla*, indicando dicha condición (Tovar-Sánchez & Oyama, 2004; Valencia-Ávalos *et al.*, 2017).

Árbol de hasta 20-22 m de altura y hasta 80 cm de diámetro normal, corteza escamosa, crece en climas templados, generalmente con escasa precipitación. Es una especie endémica de México, en los estados comprendidos en la Faja Volcánica Transmexicana.

Hojas de 4-14 cm de largo por 2-5 cm de ancho; deciduas, gruesas, correosas; ovadas, lanceoladas o elípticas; base redondeada a cordada; ápice agudo, aristado; margen engrosado, a veces ondulado, revoluto, entero o ligeramente crenado; a veces con un par de dientes laterales aristados; haz suave, brillante, color verde oscuro con algunos pelos estrellados dispersos en el limbo y mayormente sobre la nervadura central; envés con tomento denso amarillento formado de pelos estrellados entrelazados de 0.5 mm de longitud y algunos pelos glandulares; 9-14 pares de venas, rectas a ligeramente curvadas, prominentes en el envés; epidermis ampulosa; peciolo pubescente, generalmente color café oscuro, 3-8 mm de longitud.

Fruto. Bellota ovoide de 1.5 cm de longitud, café grisáceo, solitarios o en pares, sésiles o sobre un pedúnculo muy corto; involucro con escamas redondeadas y delgadas, a veces con el borde enrollado hacia abajo, cubriendo ½ de la nuez; madurando en un año en los meses de septiembre y octubre.

Distribución. Guanajuato, Michoacán, Hidalgo, Estado de México, Veracruz, San Luís Potosí, Tlaxcala; entre los 2 000 a 2 800 msnm.

7. *Quercus glabrescens* Benth.

Árbol de hasta 20 m de altura, y 70-80 cm de diámetro normal, corteza escamosa, representa un componente frecuente en los bosques de encino junto con *Q. affinis* y *Q. crassifolia*.

Hojas de 4-11 cm de longitud por 1.5-5 cm de ancho; deciduas, rígidas, correasas, oblanceoladas, elípticas, obovadas; ápice agudo; base obtusa a veces cordada; margen grueso, cartilaginoso, ligeramente revoluto hacia abajo, crenado o dentado con 3-5 pares de dientes mucronados en la parte apical de la hoja; haz verde oscuro brillante, áspero y glabrescente, con algunos pelos glandulares cerca de la nervadura principal, raramente con pelos estrellados sésiles; envés más pálido que el haz, glabro o con algunos pelos estrellados sésiles o cortamente pediculados; 10-14 pares de venas rectas, epidermis lustrosa, lisa a papilosa, a veces apenas ampulosa, con venas prominentemente levantadas; peciolo de 3-10 mm de longitud, cubierto con pelos sésiles estrellados.

Fruto. Bellota mucronada, ovoide, de 1.6 cm de diámetro; solitarios o agrupados de 2 a 3 sésiles o sobre un pedúnculo corto de 4-5 mm glabro, involucro tomentoso cubriendo 1/3 de la nuez; anuales, madurando hacia el mes de septiembre.

Distribución. Oaxaca, San Luis Potosí, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Veracruz; entre los (2 070) 2 500 – 3 400 msnm.

8. *Quercus hirtifolia* M.L. Vázquez, S. Valencia & Nixon

Árbol de hasta 15 m de altura y 50 cm de diámetro normal con corteza escamosa, en la región se encuentra de forma escasa, es endémica de los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz, el área donde fue colectada representa los límites de su distribución, debido a los ambientes en los ha sido reportada la especie, se encuentra catalogada como en Peligro de Extinción (EN) en The Red List of Threatened Species de la International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) (Jerome, 2018) y en Peligro Crítico (CR) por González-espinosa *et al.* (2011) en The Red List of Mexican Cloud Forest Trees.

Hojas de 2.8-12 cm de longitud por 1.6-7 cm de ancho, obovadas a elípticas, subcoriáceas; ápice agudo, aristado o mucronado; base cordada, a veces redondeada

oblicua; margen sinuoso, con 1-6 (-10) dientes aristados cerca del ápice, a veces cerca de la base, en el haz cuando jóvenes las hojas presentan algunos tricomas estrellados, cuando maduras ligeramente pubescentes, con algunos tricomas no glandulares cerca de la nervadura central; pubescencia persistente en el envés con pelos fasciculados y estrellados con 8-12 rayos que se extienden desde el eje del tricoma, y escasos tricomas glandulares de color café rojizo; indumento persistente o caedizo en pequeñas capas; epidermis superior usualmente suave, a veces ampulosa; 6-12 pares de venas secundarias, levantadas en el envés; peciolo con 2.5-8 de longitud, densamente pubescente cuando joven, volviéndose glabrescente con pelos fasciculados sésiles no glandulares.

Fruto. Bellota de 0.7-0.9 cm de longitud por 0.4-1.3 cm de diámetro, sobre un pedúnculo delgado de 2.5 cm de largo; involucro con escamas ovadas, ligeramente pubescentes, ciliadas en el margen. Madurando en un año en los meses de agosto y septiembre.

Distribución. Parte sur de la Sierra Madre Oriental en los estados de Hidalgo y Puebla; entre los 1 600 a 2 400 msnm.

9. *Quercus laeta* Liebm.

Árbol de hasta 22 m de altura, hasta 70 cm de diámetro, corteza en escamas delgadas, con presencia escasa en la región.

Hojas de 5-15 cm de largo por 2-5 cm de ancho; gruesa, correa, rígida; oblonga u obovada, a veces elíptica; ápice obtuso, redondeado o agudo mucronado; base redondeada o cordada; margen engrosado, ligeramente revoluto; entero o con 3-6 pares de dientes mucronados; haz verde olivo lustroso, brillante; casi glabro o con tricomas estrellados con 9 rayos sobre toda la superficie y tricomas glandulares simples a lo largo de la nervadura principal; especialmente en la base; envés más pálido, glabrescente; con un indumento formado por pelos fasciculados con 9 rayos, con o sin un pedicelo corto, a veces mostrando algunos pelos glandulares sobre las venas; 6-9 pares de venas secundarias impresas hacia el haz y prominentes en el envés; epidermis papilosa; a veces ligeramente ampulosa; peciolo pubescente de 2-10 mm de largo.

Fruto. Bellota ovoide, 0.8-1.8 cm de largo. 0.6-1.4 cm de diámetro; de 1 a 4 sésiles o sobre un pedúnculo corto de hasta 5 cm de longitud; ápice obtuso mucronado; involucro

de 1-1.5 cm cubriendo entre 1/3 a 1/2 de la bellota con escamas compactas en el ápice y engrosadas en la base; madurando anualmente, en los meses de agosto a noviembre.

Distribución. Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, San Luis potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas, de los 1 000 a 2 700 msnm.

10. *Quercus lancifolia* Schltdl. & Cham.

Árbol de hasta 25 m de altura, hasta 60 cm de diámetro, corteza escamosa, con presencia escasa en bosque de encino con dominancia de *Q. affinis*.

Hojas de 7-5 cm de longitud por 3-6 cm de ancho, elípticas a obovadas u oblanceoladas; ápice ampliamente acuminado, mucronado; base cuneada, a veces aguda; margen generalmente plano, a ligeramente engrosado; cartilaginoso; crenado o serrado-dentado hacia los 3/4 apicales; con 8-0 pares de dientes agudos, a veces curvados hacia el ápice foliar, generalmente mucronado; haz verde claro, verde grisáceo o verde amarillento, lustroso, glabro o con algunos pelos simples adpresos hacia la nervadura principal, envés idéntico a la cara superior, con 12-6 pares de venas delgadas, prominentes, de color amarillento; peciolo glabro de 3-10 mm de longitud.

Fruto. Bellota de 1.8-3.5 cm de longitud por 1.2-2 cm de diámetro; mucronado, café pálido; 1-2 sobre un pedúnculo corto; involucro semiesférico o menos profundo de 1.5-2.2 cm de diámetro cubriendo de 1/3 – 1/2; madurando en un año.

Distribución. En México en los estados de Veracruz, Chiapas; 700-2400 msnm.

11. *Quercus laurina* Bonpl.

Árbol de hasta 30 m de altura, de 70-100 cm de diámetro, corteza escamosa, con presencia escasa en la región, en los sitios extremos al oeste, los sitios en los que se colectó representan el límite distribucional de la especie en el estado de Hidalgo en su extremo oriental (González-Rodríguez, Arias, *et al.*, 2004).

Hojas de 4-15 cm de longitud por 1-5 cm de ancho; oblongo lanceoladas a elípticas oblanceoladas; gruesas, correa, rígidas; ápices agudo o acuminado, usualmente aristado,

base variable usualmente redondeada o atenuada, a veces obtusa, cuneada, o subcordada; margen grueso, generalmente entero, a veces con 1 a 5 pares de dientes delgados aristados en el tercio apical; haz de color verde lustroso, glabro o con algunos tricomas estrellados cerca de la base; envés lustroso verde amarillento, sin pelos aunque con mechones de tricomas glandulares en las axilas de la vena principal; 6-10 pares de venas secundarias generalmente levantadas en el envés, planas o ligeramente levantadas en el haz; epidermis papilosa; peciolo de 0.5-3 cm de longitud con tomento amarillento.

Fruto. Bellota de 1.5-2 cm de longitud; individuales o en pares sobre un pedúnculo de 3-8 mm de largo; involucro semiesférico que cubre $\frac{1}{2}$ de la nuez no enrollado en el borde, con escamas leñosas; bianuales.

Distribución. Sierra Madre del Sur y Faja Volcánica Transmexicana que incluye los estados de Guerrero, Veracruz, Michoacán, Oaxaca, Jalisco, Hidalgo, Guatemala; entre 1 600 a 3 600 msnm.

12. *Quercus mexicana* Bonpl.

Árbol de hasta 15 m de altura, a veces arbustivo, de hasta 60 cm de diámetro normal, presencia regular en la zona, en bosque de encino con dominancia de *Q. crassifolia*, con baja precipitación.

Hojas de 3-10 cm de longitud por 1-4 cm de ancho; deciduas; oblongas, elípticas u oblongo-obovadas; ápice agudo o subagudo, a veces redondeado, aristado; base redondeada o cordada; margen grueso, ligeramente revuelto, cartilaginoso, generalmente ondulado, entero; haz color verde oscuro, lustroso, sin pelos, excepto por algunos pelos estrellados sobre la nervadura principal y cerca de la base; envés con pelos fasciculados dispersos de color pardo pálido, parecidos a puntos sobre la epidermis, y mechones en las axilas de la nervadura principal; 7-12 pares de venas planas en el haz y ligeramente levantadas en el envés, a veces muy elevadas, rectas pero bifurcadas antes de alcanzar el margen; epidermis lisa a papilosa; peciolo de 2-8 mm de largo, vellosos al principio; luego glabrescente.

Fruto. Bellota de 1-1.5 cm de longitud, subglobosa, glabra excepto sobre el ápice mucronado; individuales o en grupos de 2-3 sobre un pedúnculo de menos de 0.5 cm de

longitud; involucro con el borde no enrollado cubriendo 1/3 a 1/2 de la nuez, con escamas con el ápice redondeado; madurando en dos años en los meses de agosto a enero.

Esta especie es comúnmente confundida con *Q. crassipes*, con la que guarda grandes similitudes morfológicas, estas especies se diferencian por el borde el cual es cartilaginoso y notoriamente revoluto en *Q. crassipes* y el ángulo de las nervaduras secundarias es generalmente casi perpendicular a la vena principal, mientras que en *Q. mexicana* es un ángulo más agudo, menor de 90°. También puede confundirse con *Q. eduardii*, sin embargo, esta presenta generalmente el margen dentado cerca del ápice, y de 5-8 pares de venas secundarias.

Distribución. Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis potosí, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz; entre 1 600 y 3 050 msnm.

13. *Quercus obtusata* Bonpl.

Árbol de hasta 25 m de altura y hasta 75 cm de diámetro, corteza escamosa, con presencia regular bosque de encino con dominancia de *Q. crassifolia*.

Hojas de 8-16 cm de longitud por 4-12 cm de ancho; deciduas; ampliamente obovadas u oblongo-obovadas; gruesa, poco áspera y coriáceas, a veces convexas; ápice redondeado u obtuso y mucronado; base redondeada a cordada, a menudo asimétrica; margen no revoluto, dentado o crenado, si es así, con 5-9 pares de dientes terminados en un pequeño mucrón, inclinado hacia el envés, nunca entero; haz de color verde olivo, a veces lustroso, con pelos estrellados fasciculados y algunos simples glandulares cerca de la base de la nervadura principal, el resto glabrescente; envés verde pálido, opaco, tomentoso sobre las venas, tomento formado con pelos fasciculados de 5-8 rayos, que pueden ser sésiles o no, y numerosos pelos glandulares color ámbar a rojizos con abundante secreción glandular; 9-12 pares de venas impresas en el haz; epidermis blanquecina y papilosa; peciolo pubescente de 5-15 mm de largo.

Fruto. Bellota de 1.6 cm de longitud, globosa, a veces ovoide; ápice redondeado o mucronado; individuales o en grupos de 2-3 juntas; pedúnculo delgado, pubescente, de 2-5 cm de largo; involucro semiesférico cubriendo 1/3 a 1/2 de la nuez de 1.5-2 cm de

diámetro, con escamas sueltas, adpresas tomentosas de color grisáceo; anuales, madurando de agosto a noviembre; comestibles.

Distribución. Aguascalientes, Guerrero, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas; entre 620 a 2 800 msnm.

14. *Quercus xalapensis* Humb. & Bonpl.

Esta especie forma parte del complejo *Acutifoliae*, por lo que puede confundirse con *Q. acutifolia* Neé, también puede ser considerado como sinonimia de *Q. sartorii* Liebm (Romero-Rangel, 2006). Se reporta para el estado de Hidalgo por Valencia-Ávalos (2004), sin embargo, no es reportado en Valencia-Ávalos *et al.* (2017) en el que se evalúa la diversidad de la familia Fagaceae en el estado de Hidalgo, representa el límite oeste en el estado y altitudinal, debido a que Valencia-Ávalos (2004) los reporta para una altitud de 1 800 msnm, mientras que Romero-Rangel (2006) para altitudes de entre 1 000 – 2 200 m.

Árbol de 20 m de altura, 60-70 cm de diámetro normal, con corteza escamosa. Se presenta de forma escasa en la zona, hacia el extremo oeste, donde la precipitación es menor.

Hojas de 10-20 cm de largo por 6-10 cm de ancho, obovadas a elípticas, delgada, flexible; ápice agudo a obtuso, aristado o mucronado; base variable pudiendo ser subcordada a cordada, truncada o redondeada; borde engrosado pero no revoluto; generalmente entero a ligeramente dentado pero siempre aristado; 5-8 pares de aristas laterales de 2-3 mm de largo; haz de color verde oscuro glabro con algunos pelos estrellados y fasciculados sobre la vena principal y a veces sobre las secundarias más gruesas; envés más claro que el haz, con pubescencia uniforme formada por pelos fasciculados sésiles que deja ver la epidermis y se desprende con facilidad; 10-13 pares de venas laterales generalmente distribuidas de forma alternada en la lámina foliar, impresas en el haz, y prominentes en el envés; venas primarias, secundarias y terciarias de color amarillento a blanquecino, levantadas, claramente distinguibles en el envés; pedúnculo con tomento fácilmente removible de 8-15 mm de largo.

De las especies identificadas se obtuvo que al menos una se encuentra catalogada como en Peligro de Extinción (EN) por la Lista Roja de la IUCN (Jerome, 2018) y como En Peligro Crítico (CR) por la Lista Roja para árboles de bosque mesófilo de montaña de México de González-Espinosa *et al.* (2011) como se muestra en el Cuadro 2. Estatus de conservación de las especies registradas., se trata de *Q. hirtifolia*, la cual es una especie endémica de la zona central de la Sierra Madre Oriental de México, distribuyéndose únicamente en los estados de Puebla, Hidalgo y Veracruz, su protección en esta región es de suma importancia para la conservación del área de distribución de esta especie; *Q. acherdophylla* y *Q. xalapensis* son especies comunes en regiones de bosque mesófilo de montaña y límites de bosques templados, también se registran como en categoría CR por González-Espinosa *et al.* (2011) debido a la constante fragmentación y presión antropogénica a las que se encuentra sometido actualmente este tipo de bosque.

Cuadro 2. Estatus de conservación de las especies registradas.

Especie	Status de conservación	
	González-Espinosa, <i>et al.</i> (2011)	IUCN (2018)
<i>Quercus acherdophylla</i> Trel.	CR	DD
<i>Quercus affinis</i> Scheidw.	VU	LC
<i>Quercus candicans</i> Neé	VU	---
<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	LC	---
<i>Quercus deserticola</i> Trel.	---	LC
<i>Quercus dysophylla</i> Benth.	---	---
<i>Quercus glabrescens</i> Benth.	VU	LC
<i>Quercus hirtifolia</i> M.L. Vázquez, S. Valencia & Nixon	CR	EN
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	---	LC
<i>Quercus lancifolia</i> Schltdl. & Cham.	NT	LC
<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	LC	LC
<i>Quercus mexicana</i> Bonpl.	---	LC
<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	---	LC

VU (Vulnerable), CR (En Peligro crítico), NT (Casi en peligro), LC (Baja preocupación), ---(No registrada) EN (En peligro de extinción).

Otras de las especies con estatus de conservación no tan favorables según la lista roja de González-Espinosa *et al.* (2011) son *Q. affinis*, *Q. candicans* y *Q. glabrescens*, las cuales se les cataloga como Vulnerables (VU) y aunque representan componentes arbóreos a veces dominantes en bosques de encino y encino – pino de climas templados, se encuentran en riesgo en la vegetación transicional como los bosques de niebla, debido a grado de riesgo bajo el que se encuentran estos tipos de ecosistemas, y al deterioro que han tenido en los últimos años debido a la alteración y fragmentación de la acción humana (Ruiz-Jiménez, Télles-Valdés, & Luna-Vega, 2012).

Acaxochitlán representa una zona de transición entre el bosque de templado y el bosque de montaña dentro de la Sierra Madre Oriental de México, implica que su componente arbóreo suele estar representado por especies del género *Quercus* y coníferas asociadas como *Pinus patula*, *Cupressus lusitánica* var. *bentharii* y otras latifoliadas como *Alnus jorullensis*, *Prunus capuli*, entre otras, todas ellas representan especies de clima templado pero dentro de un contexto de condiciones especiales debido a la región fronteriza hacia condiciones de mayor precipitación y humedad relativa que tiende a diversificar la riqueza de especies, regiones cuya conservación y recuperación es de preocupación mayor para los especialistas en el tema (M. González-Espinosa *et al.*, 2012; González-Espinosa, *et al.*, 2011; Ortega-Escalona & Castillo-Campos, 1996).

Para la parte de este estudio en la que se colectó material, para determinar, de manera tentativa, la presencia de *A. quercuslaurinus* en especies diferentes a *Q. affinis*, el hospedante principal, se determinó a *Q. acherdophylla*, *Q. hirtifolia* y *Q. laurina* con los síntomas buscados Figura . Siendo *Q. acherdophylla* la segunda especie más frecuente en la zona de estudio después de *Q. affinis* y también la segunda con mayor frecuencia de las agallas de interés, cabe señalar que dichos árboles son muy similares en campo a primera vista, sin embargo, la intensidad de daño por la avispa agalladora es mucho menor, y es necesario confirmar si se trata de la misma especie. Lo mismo ocurre para *Q. laurina*, la cual es una especie estrechamente relacionada a *Q. affinis*, pudiendo incluso ocurrir flujo

génico entre ambas especies (González-Rodríguez *et al*, 2004) en la que se encontraron agallas de hoja y de rama. Mientras que para *Q. hirtifolia*, se encontraron escasas agallas en los árboles presentes, pero además la presencia de dicha especie en la zona es discontinua y poco común.

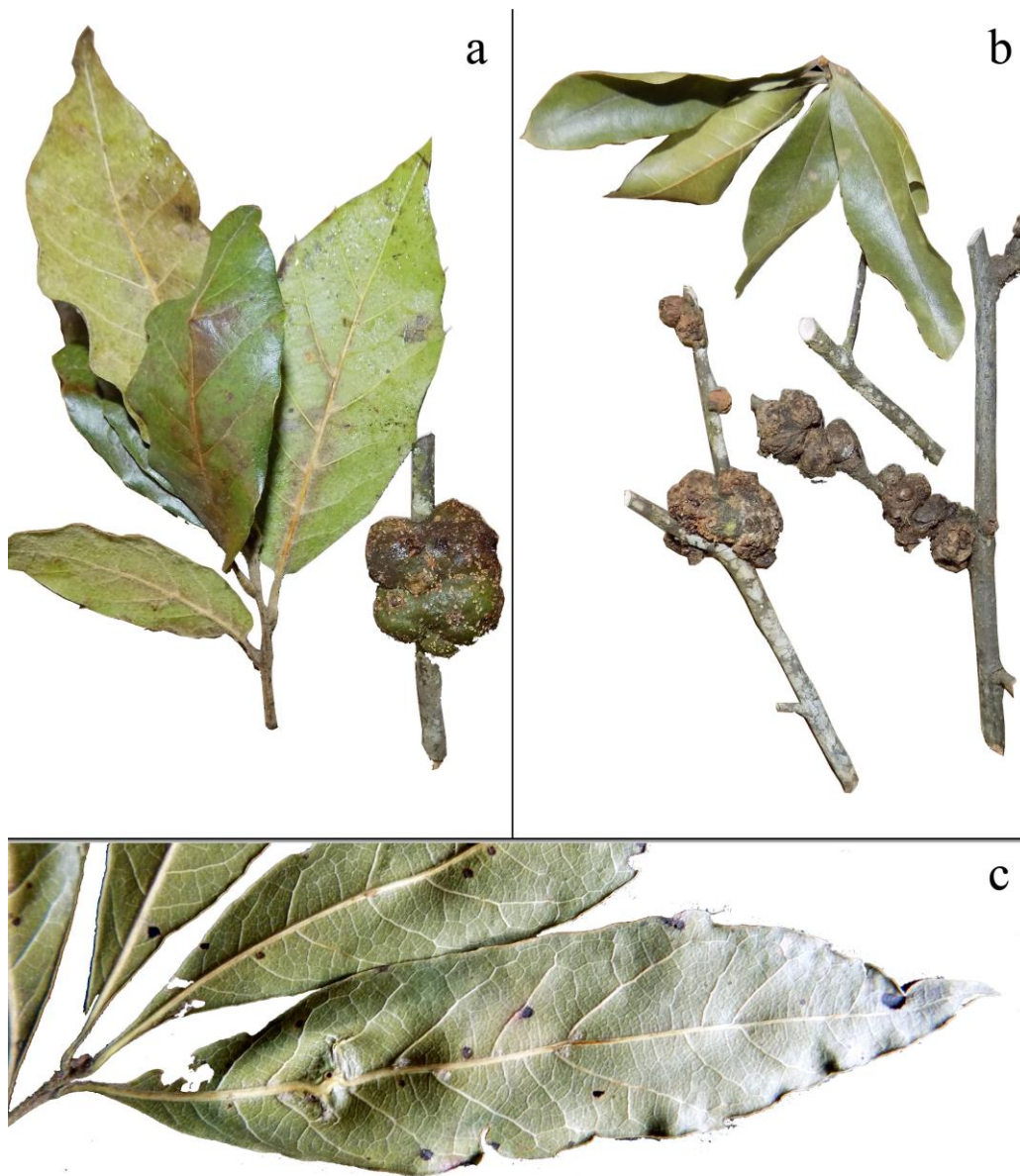


Figura 3. Agallas colectadas. En a) Agallas de rama en *Q. hirtifolia*; en b) agallas de rama en *Q. acherdophylla* en c) agalla de hoja en *Q. laurina*.

Discusión

Para la zona de estudio se reportan un total de 14 especies, de las cuales 9 pertenecen a la sección *Lobatae* (encinos rojos) y 5 a la sección *Quercus* (encinos blancos), representan el 32.56 % del total de especies reportadas por Valencia-Ávalos *et al.* (2017) para el estado de Hidalgo, lo que implica una alta riqueza de especies de este género, debido a la extensión de la superficie muestreada. El área es una región crítica de conservación y diversidad del género y de otras especies arbóreas debido a su composición ecológica y las variantes que guardan las comunidades presentes, ya que representa una zona transicional entre bosque templado y bosque de niebla, uno de los ecosistemas más restringidos y amenazados en México y el mundo (González-Espinosa, *et al.*, 2011a; González-Espinosa, *et al.*, 2011b).

La presencia de especies indicadas como en peligro crítico o en peligro de extinción según la literatura de referencia resalta la importancia de la conservación y mayor estudio en el área analizada.

Las avispa agalladoras de los encinos, forman parte de la tribu Cynipini, en la familia Cynipidae, se caracterizan por tener hospedantes muy restringidos, generalmente forman agallas en una sola especie, aunque una especie de *Quercus* puede tener múltiples especies de avispa asociadas (Pujade-Villar, Equihua- Martínez, Estrada-Venegas, Chagoyán-García, 2009), por lo que es necesario confirmar si las agallas colectadas fueron inducidas por *A. quercuslaurinus* u otra especie del mismo grupo, lo que contribuiría a aumentar el conocimiento de la plaga o las especies relacionadas a ella.

El reconocimiento de agallas similares a las que forma la avispa agalladora *A. quercuslaurinus* en otras especies es importante debido a que puede contribuir en una mejor selección de árboles a derribar al momento de establecer planes de saneamiento basados en la eliminación de árboles afectados, debido a que se desconoce todavía que las agallas sean inducidas por la plaga de interés y además, que el nivel de daño en estas especies no llega a ser tan intenso como en *Q. affinis*.

La determinación de las especies del género *Quercus* y una aproximación a su patrón de distribución, pueden contribuir al manejo forestal del bosque ya que de basados en esta información se pueden determinar áreas prioritarias en los planes fitosanitarios a emplear, siendo las áreas con presencia dominante de *Q. affinis* las de mayor urgencia en su atención.

Agradecimientos

Se agradece de forma especial a la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por parte del financiamiento necesario para la realización de esta investigación, a la División de Ciencias Forestales y la Universidad Autónoma Chapingo por brindar las condiciones e instalaciones para trabajos de análisis y de gabinete. A la Dra. Silvia Romero Rangel y la M.C. Liliana Elizabeth Rubio Licona de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM, y a la Dra. Susana Valencia Ávalos de la Facultad de Ciencias de la UNAM por su apoyo en la determinación de los ejemplares que fueron recolectados.

Literatura citada

- Barrera-Ruiz, U. M., Cibrián-Tovar, D., Llanderal-Cázares, M. C. M., Cibrián-Llanderal, V. D., & Lagunes-Tejeda, Á. 2016. Chemical combat of gall wasps *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar (Cynipidae) in *Quercus affinis* Scheidw. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*. **XXII**: 115–123. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.05.020>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad (CONABIO). 2001. *Climas*. Ciudad de México, D.F.
- García, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. (5ta. Ed.). Ciudad de México, D.F.: Instituto de Geografía (UNAM).
- González-Espinosa, M., Meave, J. A., Ramírez-Marcial, N., Toledo-Eceves, T., Loera-Hernández, F. G., & Ibarra-Manríquez, G. 2012. Los bosques de niebla de México :

conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas* **2**: 36–52.

González-Espinosa, Mario, Meave, J. A., Lorea-Hernández, F. G., Ibarra-Manríquez, G., & Newton, A. C. (Eds.). 2011a. *The red list of mexican cloud forest trees*. Cambridge, UK: Fauna & Flora International.

González-Espinosa, Mario, Meave, J. A., Lorea-Hernández, F. G., Ibarra-Martínez, G., & Newton, A. C. 2011b. La neblina se levanta : los árboles del bosque mesófilo de montaña de montaña de México, claramente amenazados (Reseña de Libro). *Boletín de La Sociedad Botánica de México* **137**: 135–137.

González-Medrano, F. 2003. *Las comunidades vegetales de México* (Primera Ed). México, D.F., México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).

González-Rodríguez, A., Arias, D. M., Valencia, S., & Oyama, K. 2004. Morphological and RAPD analysis of hybridization between *Quercus affinis* and *Q. laurina* (Fagaceae), two mexican red oaks. *American Journal of Botany* **91**: 401–409.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias (INIFAP) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad (CONABIO). 1995. *Edafología*. Ciudad de México, D.F.

Jerome, A. 2018. *Quercus hirtifolia*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. DOI: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T194138A2302405.en>.

Downloaded on 26 May 2019.

Melika, G., Cibrián-Tovar, D., Cibrián-Llanderal, V. D., Tormos, J., & Pujade-Villar, J. 2009. New species of oak gallwasp from Mexico (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) – a serious pest of *Quercus laurina* (Fagaceae). *Dugesiana* **16**: 67–73.

Miranda, F., & Hernández-X., E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences* **28**: 29–179. <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>

Moore, B., & Allard, G. 2008. *Los impactos del cambio climático en la sanidad forestal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-k3837s.pdf>

- Moreno-Sánchez, R., Buxton-Torres, T., Sinbernagel, K., & Moreno-Sánchez, F. 2014. Fragmentation of the forests in Mexico: national level assessments for 1993, 2002 and 2008. *Revista Internacional de Estadística y Geografía* **5**: 4–17.
- Nixon, K. C. 2006. Global and neotropical distribution and diversity of oak (genus *Quercus*) and oak forests. In M. Kappelle (Ed.), *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests*: 3–13. Germany: Springer.
- Ortega-Escalona, F., & Castillo-Capós, G. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *CIENCIA* **1**: 32–39.
- Pujade-Villar, J., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E. G., Chagoyán-García. 2009. Estado del conocimiento de los Cynipini (Hymenoptera: Cynipidae) en México: Perspectivas de estudio. *Neotropical Entomology* **38**: 809–821.
- Pujade-Villar, J. 2017. Familia Cynipidae. In D. Cibrián-Tovar (Ed.), *Fundamentos de Entomología Forestal*: 353–356. Texcoco, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Rocha-Ramírez, A., Chávez-López, R., Ramírez-Rojas, A., & Cházaro-Olvera, S. 2006. Comunidades. *Métodos de estudio* (F. de E. S. Iztacala, ed.). Iztacala, Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Romero-Rangel, S. 2006. Revisión taxonómica del complejo acutifoliae de *Quercus* (Fagaceae) con énfasis en su representación en México. *Acta Botánica Mexicana* **76**: 1–45.
- Ruiz-Jiménez, C. A., Télles-Valdés, O., & Luna-Vega, I. 2012. Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México : afinidades de la flora. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **83**: 1110–1144. <https://doi.org/10.7550/rmb.29383>
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México* (1ra. Ed. digital). <https://doi.org/10.2307/1219727>
- Santos, T., & Tellería, J. L. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat. *Ecosistemas* **15**: 3–12. [https://doi.org/10.1016/0167-4889\(86\)90154-0](https://doi.org/10.1016/0167-4889(86)90154-0)

Tovar-Sánchez, E., & Oyama, K. 2004. Natural hybridization and hybrid zones between *Quercus crassifolia* and *Quercus crassipes* (Fagaceae) in Mexico: Morphological and molecular evidence. *American Journal of Botany* **91**: 1352–1363. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.9.1352>

Valencia-Ávalos, S. 2004. Diversidad del Género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México* **75**: 33–53.

Valencia-Ávalos, S., Flores-Franco, G., Jiménez-Ramírez, J., & Mora-Jarvio, M. 2017. Distribution and diversity of Fagaceae in Hidalgo, Mexico. *Botanical Sciences* **95**: 660–721 <https://doi.org/10.17129/botsci.1020>

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES GENERALES

La diferencia en la intensidad de daño es definitoria para determinar la presencia de resistencia, según el concepto de resistencia a plagas y enfermedades de Heybroek, Stephan, & Von Weissenberg (1980), Painter (1951) y Politowski & Browning (1978), además, según los caracteres de la especie y de especies cercanas según sus características, se puede afirmar que esta resistencia es intraespecífica, es decir, que dentro de individuos de la misma especie existe un porcentaje minoritario que suele presentarla, esto al menos bajo los criterios morfológicos de identificación.

La lista preliminar de especies posiblemente hospedantes de *A. quercuslaurinus* según el morfotipo de la agalla, que es un rasgo aproximado para la determinación de la tribu Cynipini (Fernandes & Santos, 2014; Ozaki, Yukawa, Ohgushi, & Price, 2006) es de gran interés debido a que la mayoría de las avispas fitoparásitas de este grupo se reportan para una sola especie (Pujade-Villar et al., 2009), por lo que de confirmarse nuevas especies hospedantes, se expandirían los límites potenciales de distribución y afectación de la avispa agalladora como plaga, así también se contribuiría considerablemente al estado del conocimiento de los Cynipini con más de un hospedante en el país, por lo que es necesario el procedimiento de investigación enfocado en ese sentido.

La diversidad del género *Quercus* en el área de estudio muestra una resiliencia en la comunidad ecológica a *A. quercuslaurinus* en su condición de plaga, representa además una zona importante con amplio potencial de exploración de especies de la familia Cynipidae, debido al todavía reducido conocimiento de este grupo de insectos en cuanto a su diversidad y ecología, que se corresponde de forma proporcional a la diversidad de los hospedantes (género *Quercus*) en México según Pujade-Villar et al., 2009.

Por otra parte, también en cuanto al Capítulo 5 cabe señalar que el área de estudio representa extremos del área de distribución de especies de bosque

templado como *Q. laurina* y de bosque mesófilo de montaña como *Q. xalapensis*, y de especies endémicas en México que se encuentran en estados críticos como lo es *Q. hirtifolia*, por lo que la conservación de los encinares en el área de estudio toma gran relevancia, toda vez que se pretenda la conservación de estas especies.

LITERATURA CITADA

- Barrera-Ruiz, U. M., Cibrián-Tovar, D., Llanderal-Cázares, M. C. M., Cibrián-Llanderal, V. D., & Lagunes-Tejeda, Á. (2016). Chemical combat of gall wasps *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar (Cynipidae) in *Quercus affinis* Scheidw. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XXII(2), 115–123. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.05.020>
- Cibrián-Tovar, D. (Ed.). (2017). *Fundamentos de Entomología Forestal*. Texcoco, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Denk, T., Grimm, G. W., Manos, P. S., Deng, M., & Hipp, A. (2017). An updated infrageneric classification of the oaks: review of previous taxonomic schemes and synthesis of evolutionary patterns. *BioRxiv*, 1, 13–38. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5_2
- Fernandes, G. W., & Santos, J. C. (2014). *Neotropical Insect Galls* (G. W. Fernandes & J. C. Santos, Eds.). <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8783-3>
- Gibson, I. A. S., Burley, J., & Spieght, M. R. (1980). The adoption of agricultural practices for the development of heritable resistance to pest and pathogens in forest crops. In H. M. Heybroek, B. R. Stephan, & K. Von Weissenberg (Eds.), *Resistance to diseases and pest in forest trees* (pp. 9–21). Wageningen, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- González-Medrano, F. (2003). *Las comunidades vegetales de México* (Primera Ed). México, D.F., México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- González-Rodríguez, A., Arias, D. M., Valencia, S., & Oyama, K. (2004). Morphological and RAPD analysis of hybridization between *Quercus affinis* and *Q. laurina* (Fagaceae), two mexican red oaks. *American Journal of Botany*, 91(3), 401–409.
- González-Villarreal, L. M. (1986). *Contribución al conocimiento del género Quercus (Fagaceae) en el estado de Jalisco* (1ra. Edici). Guadalajara,

Jalisco, México: Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara.

- Govaerts, R., & Frodin, D. G. (1998). *World checklist and bibliography of Fagales : Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae and Ticodendraceae*. Retrieved from <http://press.uchicago.edu/ucp/books/book/distributed/W/bo9857115.html>
- Guyot, V., Castagneyrol, B., Vialatte, A., Deconchat, M., Selvi, F., Bussotti, F., & Jactel, H. (2015). Tree diversity limits the impact of an invasive forest pest. *PLoS ONE*, 10(9), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136469>
- Heybroek, H. M., Stephan, B. R., & Weissenberg, K. V. (Eds.). (1980). *Resistance to diseases and pest in forest trees*. <https://doi.org/10.1109/ICEAA.2015.7297312>
- Jensen, R. J. (2004). Flora of North America. Retrieved from http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=302020
- Kappelle, M. (Ed.). (2006). *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests* (Vol. 185). <https://doi.org/10.1007/3-540-28909-7>
- Kurth, F., Mailänder, S., Bönn, M., Feldhahn, L., Herrmann, S., Grobe, I., ... Tarkka, M. T. (2014). *Streptomyces* -induced resistance against oak powdery mildew involves host plant responses in defense, photosynthesis, and secondary metabolism pathways. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 27(9), 891–900. <https://doi.org/10.1094/MPMI-10-13-0296-R>
- Louda, S. M., & Collinge, S. K. (1992). Plant resistance to insect herbivores: A field test of the environmental stress hypothesis. *Ecology*, 73(1), 153–169. <https://doi.org/10.2307/1938728>
- Manos, P. S., Doyle, J. J., & Nixon, K. C. (1999b). Phylogeny, biogeography, and processes of molecular differentiation in *Quercus* Subgenus *Quercus* (Fagaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 12(3), 333–349. <https://doi.org/10.1006/mpev.1999.0614>
- Melika, G., Cibrián-Tovar, D., Cibrián-Llenderal, V. D., Tormos, J., & Pujade-Villar, J. (2009). New species of oak gallwasp from Mexico (Hymenoptera:

- Cynipidae: Cynipini) – a serious pest of *Quercus laurina* (Fagaceae). *Dugesiana*, 16(2), 67–73.
- Moore, B., & Allard, G. (2008). *Los impactos del cambio climático en la sanidad forestal*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-k3837s.pdf>
- Moran, E. V., Willis, J., & Clark, J. S. (2012). Genetic evidence for hybridization in red oaks (*Quercus* sect. *Lobatae*, Fagaceae). *American Journal of Botany*, 99(1), 92–100. <https://doi.org/10.3732/ajb.1100023>
- Moreno-Sánchez, R., Buxton-Torres, T., Sinbernagel, K., & Moreno-Sánchez, F. (2014). Fragmentation of the forests in Mexico: national level assessments for 1993, 2002 and 2008. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 5(2), 4–17.
- Nikiforuk, A. (2011). *Beetle: Empire of the beetle: how human folly and a tiny bug are killing North America's great forests*. Vancouver, B.C., Canadá: D&M Publishers.
- Nixon, K. C. (1993). Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Ann Sci For*, 50(1), 25–34.
- Nixon, K. C. (2006). Global and neotropical distribution and diversity of oak (genus *Quercus*) and oak forests. In M. Kappelle (Ed.), *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests* (pp. 3–13). Germany: Springer.
- Ozaki, K., Yukawa, J., Ohgushi, T., & Price, P. W. (Eds.). (2006). *Galling arthropods and their associates. Ecology and evolution*. Tokyo, Japan: Springer-Verlag Tokyo.
- Painter, R. H. (1951). Insect Resistance in Crop Plants. In *Agronomy Journal*. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72103-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72103-8)
- Peñaloza-Ramírez, J. M., González-Rodríguez, A., Mendoza-Cuenca, L., Caron, H., Kremer, A., & Oyama, K. (2010). Interspecific gene flow in a multispecies oak hybrid zone in the Sierra Tarahumara of Mexico. *Annals of Botany*, 105(3), 389–399. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp301>

- Politowski, K., & Browning, J. A. (1978). Tolerance and resistance to plant disease : An epidemiological study. *Phytopathology*, 68, 1177–1185.
- Pujade-Villar, J. (2017). Familia Cynipidae. In D. Cibrián-Tovar (Ed.), *Fundamentos de Entomología Forestal* (pp. 353–356). Texcoco, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Pujade-villar, J., Caicedo-Ramírez, G., Rodríguez, P. A., Fernández-Garzón, S., & Roca-Causachs, M. (2017). Primer reporte de una especie de cinípido dañina para *Q. humboldtii* en Colombia: *Zapatella petiolata* n. sp. Pujade-Villar & Caicedo (Hym., Cynipidae). *Buletí de La Institució Catalana d'Historia Natural*, 81, 37–46.
- Pujade-Villar, J., Cibrián-Tovar, D., Barrera-Ruiz, U. M., & Melika, G. (2014). *Andricus breviramuli* Pujade-Villar n. sp. (Hymenoptera : Cynipidae : Cynipini): new pest of oaks in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 39(1), 96–106.
- Pujade-Villar, J., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E. G., & Chagoyán-García, C. (2009). Estado del Conocimiento de los Cynipini (Hymenoptera: Cynipidae) en México: Perspectivas de Estudio. *Neotropical Entomology*, 38(6), 809–821.
- Romero-Rangel, S., Rojas-Zenteno, E. C., & Rubio-Licon, L. E. (2014a). *Encinos de México (Quercus, Fagaceae). 100 Especies* (U. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Ed.). Tlalnepantla, Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Romero-Rangel, S., Rojas-Zenteno, E. C., & Rubio-Licon, L. E. (2014b). Fagaceae. *Flora Del Bajío Y De Regiones Adyacentes*, 181(2), 173.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1ra. Edici). <https://doi.org/10.2307/1219727>
- Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat. *Ecosistemas*, 15(2), 3–12. [https://doi.org/10.1016/0167-4889\(86\)90154-0](https://doi.org/10.1016/0167-4889(86)90154-0)
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberon, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets,

- J., ... De la Maza, J. (2009). *Capital natural de México. Síntesis: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. México, D.F., México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Satchell, J. E. (1962). Resistance in oak (*Quercus* spp.) to defoliation by *Tortrix viridana* L. in Roudsea Wood National Nature Reserve. *Annals of Applied Biology*, 50, 431–442.
- Snieszko, R. A., & Koch, J. (2017). Breeding trees resistant to insects and diseases: putting theory into application. *Biological Invasions*, 19(11), 3377–3400. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1482-5>
- Tantray, Y. R., Wani, M. S., & Hussain, A. (2017). Genus *Quercus*: an overview. *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*, 6(8), 1880–1886.
- Torres-Miranda, A., Luna-Vega, I., & Oyama, K. (2011). Conservation biogeography of red oaks (*Quercus*, Section Lobatae) in Mexico and Central America. *American Journal of Botany*, 98(2), 290–305. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000218>
- Tovar-Sánchez, E., & Oyama, K. (2004). Natural hybridization and hybrid zones between *Quercus crassifolia* and *Quercus crassipes* (Fagaceae) in Mexico: Morphological and molecular evidence. *American Journal of Botany*, 91(9), 1352–1363. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.9.1352>
- Valencia-Ávalos, S. (2004). Diversidad del Género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, (75), 33–53.
- Valencia-Ávalos, S., Flores-Franco, G., Jiménez-Ramírez, J., & Mora-Jarvio, M. (2017). Distribution and diversity of Fagaceae in Hidalgo, Mexico. *Botanical Sciences*, 95(4), 660–721. <https://doi.org/10.17129/botsci.1020>
- Van Emden, H. F. (1991). The role of host plant resistance in insect pest mismanagement. *Bulletin of Entomological Research*, 81(02), 123.

<https://doi.org/10.1017/s0007485300051166>

Worrall, D., Holroyd, G. H., Moore, J. P., Glowacz, M., Croft, P., Taylor, J. E., ... Roberts, M. R. (2011). Treating seeds with activators of plant defence generates long-lasting priming of resistance to pests and pathogens. *New Phytologist*, 193(3), 770–778. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03987.x>

Zavala-Chavez, F. (1995). *Encinos Hidalguenses*. Chapingo, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo.

Závala-Chavez, F. (1989). *Identificación de encinos de México*. Texcoco, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo.