



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS

**INSECTOS Y HONGOS ASOCIADOS A LAS AMPOLLAS FOLIARES
DE ENCINOS (*Quercus eduardii*), EN LA SIERRA FRÍA DE
AGUASCALIENTES, MÉXICO**

PRESENTA

LCA. Iris Selene Montoya Silva

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS

Tutor

DR. JOSÉ DE JESÚS LUNA RUÍZ

Co-tutor

DR. GUILLERMO SÁNCHEZ MARTÍNEZ

Comité Tutorial

DR. ONÉSIMO MORENO RICO

Aguascalientes, Ags., Junio de 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

DR. RAUL ORTIZ MARTINEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por este conducto tengo a bien informarle que IRIS SELENE MONTOYA SILVA, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada "INSECTOS Y HONGOS ASOCIADOS A LAS AMPOLLAS FOLIARES DE ENCINOS (*Quercus eduardii*), EN LA SIERRA FRÍA DE AGUASCALIENTES, MEXICO".

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi *VOTO APROBATORIO* para la impresión del documento y continuar con el proceso de titulación y programación del examen de grado.

ATENTAMENTE

Aguascalientes, Ags. a 8 de junio de 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jose de Jesus Luna Ruiz', written over a horizontal line.

DR. JOSE DE JESUS LUNA RUIZ
TUTOR



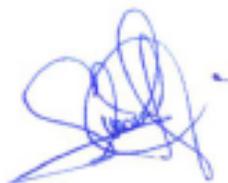
Aguascalientes, Ags., 09 de junio de 2020.

DR. RAUL ORTIZ MARTINEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Me dirijo a Usted para informarle que **IRIS SELENE MONTOYA SILVA**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, ha cumplido satisfactoriamente el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis intitulada **"INSECTOS Y HONGOS ASOCIADOS A LAS AMPOLLAS FOLIARES DE ENCINOS (*Quercus eduardii*), EN LA SIERRA FRÍA DE AGUASCALIENTES, MÉXICO"**.

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi *VOTO APROBATORIO* para la impresión del documento y continuar con el proceso de titulación y programación del examen de grado.

A T E N T A M E N T E



DR. GUILLERMO SÁNCHEZ MARTÍNEZ
CO-TUTOR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

DR. RAUL ORTIZ MARTINEZ
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por este conducto tengo a bien informarle que **IRIS SELENE MONTOYA SILVA**, estudiante de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ha cumplido de manera satisfactoria el proceso de redacción, revisión y correcciones de su tesis titulada **“INSECTOS Y HONGOS ASOCIADOS A LAS AMPOLLAS FOLIARES DE ENCINOS (Quercus eduardii), EN LA SIERRA FRÍA DE AGUASCALIENTES, MEXICO”**.

Por lo anterior no tengo inconveniente en otorgar mi **VOTO APROBATORIO** para la impresión del documento y continuar con el proceso de titulación y programación del examen de grado.

A T E N T A M E N T E

Aguascalientes, Ags. a 8 de junio de 2020


DR. ONÉSIMO MORENO RICO
COMITÉ TUTORAL

DICTAMEN DE LIBERACION ACADÉMICA PARA INICIAR LOS TRÁMITES DEL EXAMEN DE GRADO

Fecha de dictaminación dd/mm/aa: 04/06/2020

NOMBRE: Iris Selene Montoya Silva **ID** 101508
PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS CON OPCIÓN A: AGRONÓMICAS Y VETERINARIAS **LGAC (del posgrado):** Manejo de Agro-ecosistemas y Recursos Naturales
TIPO DE TRABAJO: () Tesis () Trabajo práctico
TÍTULO: "INSECTOS Y HONGOS ASOCIADOS A LAS AMPOLLAS FOLIARES DE ENCINOS (Quercus eduardii), EN LA SIERRA FRÍA DE AGUASCALIENTES, MÉXICO"
IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): Se contará con información útil para apoyar a los poseedores de los bosques para su protección

INDICAR SI/NO SEGÚN CORRESPONDA SI

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:

SI El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
SI La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
SI Generó transferencia del conocimiento o tecnológica

El egresado cumple con lo siguiente:

SI Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
SI Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
NA Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
SI Coincide con el título y objetivo registrado
SI Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI Tiene el CVU del Conacyt actualizado
NA Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)

En caso de Tesis por artículos científicos publicados

NA Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
NA El estudiante es el primer autor
NA El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
NA En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
NA Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
NA La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado

Sí X

No _____

FIRMAS

Elaboró:

* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGUN LA LGAC DE
ADSCRIPCIÓN:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:



DR. ANTONIO DE JESÚS MERAZ JIMÉNEZ

* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutorial, asignado por el Decano

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:



DR. ANTONIO DE JESÚS MERAZ JIMÉNEZ

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:



DR. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: ... Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes por la oportunidad de realizar la maestría, especialmente al Centro de Ciencias Agropecuarias. Así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgarme la beca para poder realizar dicho posgrado.

Al Dr. José de Jesús Luna Ruíz por su apoyo y paciencia para la realización del trabajo.

Al Dr. Onésimo Moreno Rico por sus consejos, paciencia para enseñarme un poco de todo su conocimiento acerca de los hongos, así como su apoyo incondicional para la realización del trabajo.

Al Dr. Guillermo Sánchez Martínez por ampliar mi idea acerca de los insectos, su paciencia para explicarme sobre ellos y su apoyo en la realización de la tesis.

A todos mis profesores de la maestría y personal del Centro de Ciencias Agronómicas y Veterinarias.

Al M.C. Ernesto González Gaona por sus consejos y comentarios durante los seminarios.

Al Dr. Juli Pujade Villar por su apoyo para la realización de la estancia en Barcelona, por su enorme paciencia hacia mí y su incansable ánimo para ayudarme a cumplir los objetivos de dicha estancia, a pesar de que el tiempo era poco.

A mis amigos que comenzaron esta aventura conmigo y permanecieron a pesar de todo: Irma Georgina Sánchez Macías, Ana Gabriela Martínez Valeriano, Ivonne Peugnet González y Luis Fernando Pérez González. Gracias por las risas, las

pláticas, la complicidad, por el apoyo en TODO, porque comenzamos siendo solamente compañeros y terminamos convirtiéndonos en mucho más. Millones de éxitos a todos.

A mi pechocha que desde el primer día que nos conocimos hicimos clic, porque ya estaba escrito que debíamos estar juntas en esta aventura y ser las mejores amigas, por estar siempre para mí incondicionalmente y más.

A Lilix por siempre creer en mí.

A Angels y Daniel por hacer de mi estancia en Barcelona una experiencia muy bonita, por toda su hospitalidad, amabilidad y cariño al grado de hacerme sentir en casa a pesar de la distancia. Por convertirse en mis amigos.

A mis Glorias por todo su apoyo en Barcelona, aunque no nos conociamos, por todas las risas en el laboratorio y siempre estar de acuerdo, por llevarme a conocer tantos lugares.

A todos mis amigos que desde que supieron que estaba en esta nueva etapa siempre estuvieron dándome ánimos.

DEDICATORIAS

A mi esposo Oned porque fue quien me motivó hasta el cansancio para que realizara la maestría, por creer en mi incluso cuando yo no lo hago. Vamos a seguir siendo amigos jajaja.

A Sofi y Sam por ser las hijas más maravillosas.

A mis suegros por el apoyo incondicional siempre en todos los aspectos, sin importar las circunstancias.

A mi cuñada Celeste por todo el apoyo y ánimos, a su esposo Gregg por su ayuda en el laboratorio de microbiología y ánimos.

A mis padres, hermanos, tías, tíos, primas, primos y abuelita por siempre estar orgullosos de mí.

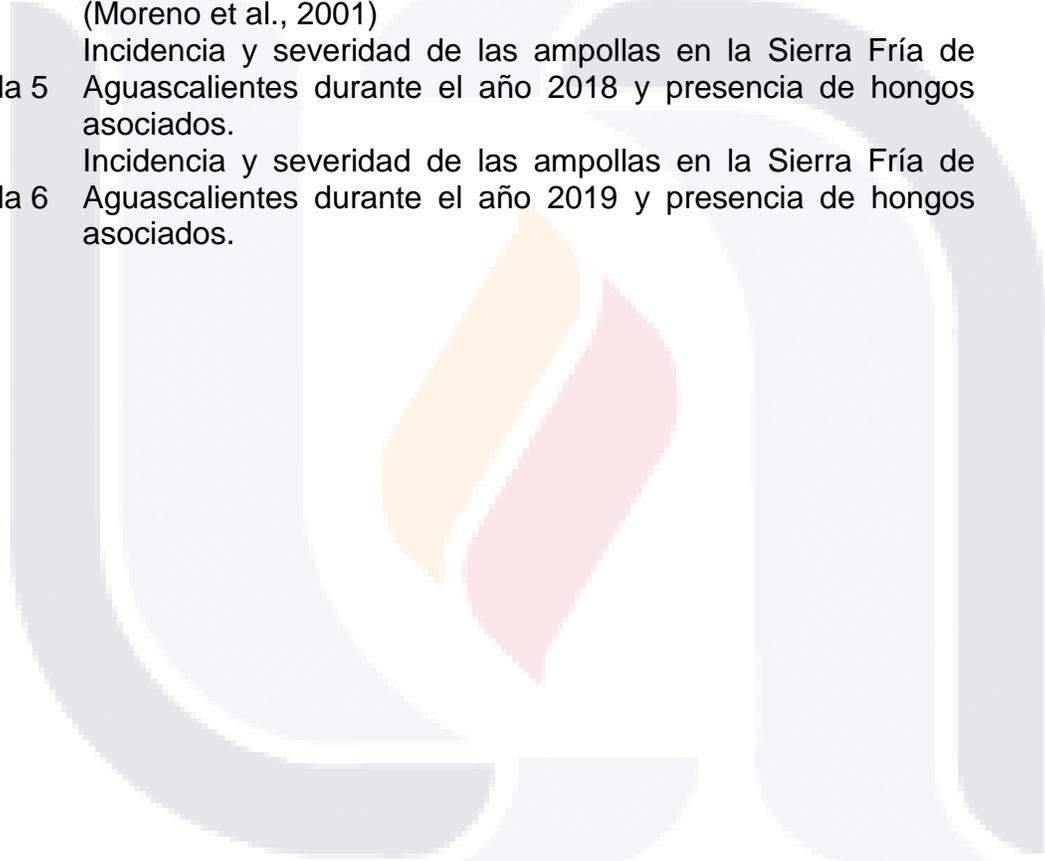
ÍNDICE GENERAL

No.	Contenido	Página
	ÍNDICE GENERAL	1
	ÍNDICE DE TABLAS	3
	ÍNDICE DE FIGURAS	4
	RESUMEN	7
	ABSTRACT	9
1	INTRODUCCIÓN	11
2	MARCO TEÓRICO	14
2.1	Encinos (<i>Quercus</i> spp.)	14
2.1.1	Descripción de los encinos	14
2.1.2	Distribución geográfica de los encinos	15
2.1.2.1	Encinos en el mundo	15
2.1.2.2	Los encinos en México	18
2.1.2.3	Los encinos en Aguascalientes	21
2.2	Usos de los encinos	21
2.3	Amenazas de los Encinos	23
2.3.1	Enfermedades por hongos	23
2.3.2	Plagas por insectos	26
2.3.2.1	Familia Cynipidae	29
2.3.2.2	Familia Eulophidae	32
2.3.3	Asociación hongos-insectos-planta	35
2.3.4	Ampollas foliares y agallas	40
2.4	Epidemiología y métodos para estimar incidencia y severidad de los problemas fitosanitarios en bosques	41
2.4.1	Métodos para detección	42
3	JUSTIFICACIÓN	45
4	HIPOTESIS Y OBJETIVOS	46
4.1	HIPOTESIS	46
4.2	OBJETIVOS	46
4.2.1	OBJETIVO GENERAL	46
4.2.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	46
5	MATERIALES Y MÉTODOS	47
5.1	Área de estudio	47
5.2	Captura e Identificación de los insectos asociados a las ampollas.	47
5.2.1	Recolección de muestras foliares	47
5.2.2.	Identificación de los insectos	49
5.3	Aislamiento e identificación de los hongos asociados a las ampollas	51
5.3.1	Aislamiento monospórico de hongos.	51
5.3.2	Identificación de hongos mediante la elaboración de preparaciones semipermanentes	52
5.4	Distribución y epidemiología de las ampollas y hongos asociados	54

5.4.1	Epidemiología	54
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
6.1	Ampollas foliares. Descripción de las lesiones	56
6.2	Insectos encontrados en el interior de las ampollas de hojas de <i>Q. eduardii</i>	57
6.2.1	Larvas de la Familia Coleophoridae	57
6.2.2	<i>Torymus</i> Dalman 1820 (Hymenoptera: Torymidae)	59
6.2.3	<i>Eurytoma</i> Illiger, 1807 (Hymenoptera: Eurytomidae)	63
6.2.4	<i>Closterocerus</i> Westwood, 1833 (Hymenoptera: Eurytomidae)	66
6.2.5	<i>Aprostocetus</i> Westwood, 1883 (Hymenoptera: Eulophidae)	69
6.3	Identificación de los hongos asociados a las ampollas	72
6.3.1	<i>Phoma</i> Desm.	72
6.3.2	<i>Tubakia</i> B. Sutton	77
6.3.3	<i>Ascochyta</i> Lib.	80
6.3.4	<i>Seimatosporium</i> Corda.	83
6.4	Distribución y epidemiología de las ampollas y hongos asociados	85
7	CONCLUSIONES	93
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1	Algunas de las especies de encinos (<i>Quercus</i>) presentes en el mundo. (Tabla modificada de RED LIST, 2019). 16
Tabla 2	Algunas especies de encinos en México según Valencia et al., (2006). 19
Tabla 3	Especies de encino (<i>Quercus</i>) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México, según Martínez-Calderón et al., (2017). 22
Tabla 4	Clave descriptiva para la evaluación de <i>Leptosphaeria maculans</i> (= <i>Phoma lingam</i>) en plántulas de brócoli y coliflor (Moreno et al., 2001) 43
Tabla 5	Incidencia y severidad de las ampollas en la Sierra Fría de Aguascalientes durante el año 2018 y presencia de hongos asociados. 86
Tabla 6	Incidencia y severidad de las ampollas en la Sierra Fría de Aguascalientes durante el año 2019 y presencia de hongos asociados. 89



ÍNDICE DE FIGURAS

	Página	
Figura 1	Mapa de México con la distribución de encinos. Tomado de Pérez y Dávalos (2008).	19
Figura 2	Ubicación de la Sierra Fría en el estado de Aguascalientes, lugar donde crecen alrededor de 20 especies de los encinos.	22
Figura 3	Ala de insecto indicando la celda radial (CR) característica de los Cynipoidea. Fotografía: J. Pujade-Villar (Cibrían, 2017).	30
Figura 4	Habitus de una hembra del género <i>Andricus</i> como ejemplo de Cynipidae. (Fotografía de Pujade-Villar) (Cibrían, 2017).	31
Figura 5	Adultos de Eulophidae. A) Vista dorsal y B) Vista lateral. (Fotografías: E. Llanderal, tomadas de Cibrían, (2017).	33
Figura 6	Adulto de <i>Prigalio</i> . A) Vista dorsal y B) Vista lateral. (Fotografías: E. Llanderal, tomadas de Cibrían, 2017).	33
Figura 7	Dibujo que muestra la antena característica de los eulófidos. (https://faculty.ucr.edu/~heraty/Eulophidae/index.html , 2019)	34
Figura 8	Dibujo de una pata característica de un Eulófido que muestra 4 segmentos en el tarso y un espolón corto y recto. (https://faculty.ucr.edu/~heraty/Eulophidae/index.html , 2019).	34
Figura 9	Ejemplo de una escala diagramática usada para evaluar la severidad de la mancha foliar del hongo <i>Curvularia eragrostidis</i> (Michereff,1998).	43
Figura 10	Síntomas (ampollas) que presentan las hojas de <i>Quercus eduardii</i> , en la Sierra Fría de Aguascalientes.	48
Figura 11	Fotografía de una trampa con hojarasca de <i>Quercus eduardii</i> recolectada en Laguna Seca, San José de Gracia, Ags.	48
Figura 12	Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) que se utilizo en este trabajo.	50
Figura 13	Porta muestras usados en el MEB. A) Insectos fijados al portamuestras. B) Los mismos insectos cubiertos de oro.	50
Figura 14	Metodología para realizar el aislamiento monospórico de hongos.	52
Figura 15	Se esquematiza la metodología de elaboración de preparaciones semipermanentes e identificación de hongos con ayuda del microscopio estereoscópico.	53
Figura 16	Clave pictórica usada para determinar el porcentaje de tejido dañado por la roya en manzano (Kelman et al., 1967).	55
Figura 17	Ampollas en hojas de <i>Quercus eduardii</i> vistas por el haz. En algunas de las ampollas se puede observar orificios de emergencia.	56

Figura 18	Larvas de la Familia Coleophoridae en el interior de ampollas en hojas de <i>Q. eduardii</i> colectadas en Peñon Blanco, San José de Gracia, Ags. A) Reglilla micrométrica = 10 mm. B) Larva (10 X). C) Ampliación de las manchas del dorso de la larva (40 X). D) Ampliación de la cabeza de la larva (40 X).	58
Figura 19	<i>Torymus</i> spp. A) Hembra, observe al ovipositor alargado. B) Macho. Estos ejemplares se encontraron en muestras de hojas de <i>Quercus eduardii</i> en Peñon Blanco, San José de Gracia, Ags.	60
Figura 20	Fotografías de <i>Torymus</i> tomadas con el MEB. A) y B) Cabeza de una hembra donde podemos distinguir partes de las antenas. C) Antena de un macho. D) Detalle de la clava del macho. E) Abdomen de una hembra. F) Cabeza de un macho.	61
Figura 21	<i>Eurytoma</i> spp. Observe algunas características del género: Cuerpo menudo, grueso robusto, color negro, mesoscutum con notaulus cumplidos, tarsos normalmente con 5 segmentos. Esta avispa se encontró en muestra de hojas de <i>Quercus eduardii</i> recolectadas en Las Manzanillas, San José de Gracia, Ags.	64
Figura 22	<i>Closterocerus</i> . A) Ejemplar vista dorsal. B) Ejemplar vista ventral. Estas avispas fueron localizadas en el interior de ampollas de muestras de hojas de <i>Quercus eduardii</i> recolectadas en Laguna Seca, San José de Gracia, Ags.	67
Figura 23	<i>Aprostocetus</i> sp. Ejemplar, vista ventral, encontrado en muestras de hojas de <i>Quercus eduardii</i> recolectadas en Laguna Seca, San José de Gracia, Ags.	70
Figura 24	Picnidios de <i>Phoma</i> spp., sobre las ampollas en hoja de <i>Quercus eduardii</i> .	73
Figura 25	<i>Phoma</i> spp. A) Ilustración tomada de Barnett y Hunter, (1998). B) se observan dos picnidios, formados con tejido pseudoparenquimático, que emergieron de la epidermis de las ampollas en hoja de <i>Quercus eduardii</i> (20 X).	73
Figura 26	<i>Phoma</i> spp. A) sección longitudinal que muestra el interior del picnidio (40 X). B) Se observa un picnidio abierto con su base tapizada con conidióforos y algunos conidios (40 X).	74
Figura 27	Colonia de <i>Phoma</i> spp., en desarrollo. A) Vista superior. B) Vista inferior.	75
Figura 28	<i>Tubakia</i> spp. A) Ampolla con dos orificios de emergencia de insectos. Al rededor se observa una mancha oscura que corresponde a cientos de picnotirios del hongo B) Se observa un picnotirio grande y uno pequeño en desarrollo y, en la periferia, del grande se observan los conidios hialinos. C) y D) Ejemplos de dos picnotirios (40 X).	77

Figura 29	Colonia de <i>Tubakia</i> spp. A) Anverso de la colonia. B) Reverso de la misma colonia.	79
Figura 30	Picnidios de <i>Ascochyta</i> spp. sobre la ampolla del haz de hojas de <i>Quercus eduardii</i> . Las flechas señalan una masa de conidios color blanco que se acumula en el ostiolo del picnidio.	81
Figura 31	<i>Aschocyta</i> spp. A) Picnidios errumpentes que sobresalen del tejido de la ampolla. B) se observan las esporas del hongo y se señala (flecha) el septo que separa las dos células (40x).	82
Figura 32	<i>Seimatosporium</i> spp. A) Acérvulos sobre una ampolla. B) Los mismos acérvulos (algunos señalados con una flecha) a los que se le colocó una gota de agua para que estos se hidraten, aumenten de tamaño y liberen sus conidios. C) Corte histológico de un acérvulo (10 X). D-F) Conidios característicos de este genero.	84
Figura 33	Incidencia (I) y severidad (S) de las ampollas foliares en <i>Quercus eduardii</i> relacionados a la precipitación pluvial (PP) y temperatura (T) en el año 2018. Precipitación pluvial y Temperatura media tomados de la estación metereológica Los Alamitos, del Servicio Metereológico Nacional, San José de Gracia, Ags.	88
Figura 34	Incidencia (I) y severidad (S) de las ampollas foliares en <i>Quercus eduardii</i> relacionados a la precipitación pluvial (PP) y temperatura (T) en el año 2019. Precipitación pluvial y Temperatura media tomados de la estación metereológica de Rancho Piletas, de la Red Climática del INIFAP, San José de Gracia, Ags.	91

RESUMEN

Los árboles de encinos (*Quercus* spp.) son un recurso forestal importante para el ser humano por los recursos maderables y servicios ambientales que le proporcionan. Estos árboles son afectados por diferentes agentes bióticos que los pueden destruir. Recientemente, se ha observado la presencia de ampollas en hojas de *Quercus eduardii*, en la Sierra Fría de Aguascalientes, México, que no se sabe quién las ocasiona. Los objetivos específicos de este trabajo fueron: 1) Identificar a nivel de género y/o especie los insectos asociados en las ampollas en hojas de *Quercus eduardii* en la Sierra Fría de Aguascalientes, México, 2) Identificar a nivel de género y/o especie los hongos asociados en las ampollas en hojas de *Quercus eduardii* en la Sierra Fría de Aguascalientes, México y 3) Determinar la distribución geográfica, y estimar la incidencia y severidad de las ampollas en *Quercus eduardii* en la Sierra Fría de Aguascalientes, México. De enero de 2018 a diciembre de 2019, se realizaron visitas periódicas a diferentes sitios de la Sierra Fría para tomar muestras de hojas y estudiar la incidencia y severidad de las ampollas y hongos relacionados. En el laboratorio de microbiología, Centro de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, las muestras fueron procesadas para obtener los insectos de su interior e identificarlos y para observar, aislar e identificar a los hongos asociados. Los insectos encontrados en el interior de las ampollas fueron: Larvas de la Familia Coleophoridae y avispas adultas de los géneros *Torymus*, *Eurytoma*, *Closterocerus* y *Aprostocetus*. Los hongos que se desarrollaron sobre los tejidos de las ampollas fueron: *Phoma*, *Tubakia*, *Ascochyta* y *Seimatosporium*. De acuerdo con lo observado es factible que las ampollas en las hojas de *Q. eduardii* sean causadas por las larvas de la Familia Coleophoridae y que las avispitas encontradas en el interior de las mismas ampollas sean parasitoides de estas larvas. Durante este trabajo las ampollas foliares se encontraron en todos los sitios visitados en la Sierra Fría de Aguascalientes. Estas ampollas se presentaron, principalmente, entre los

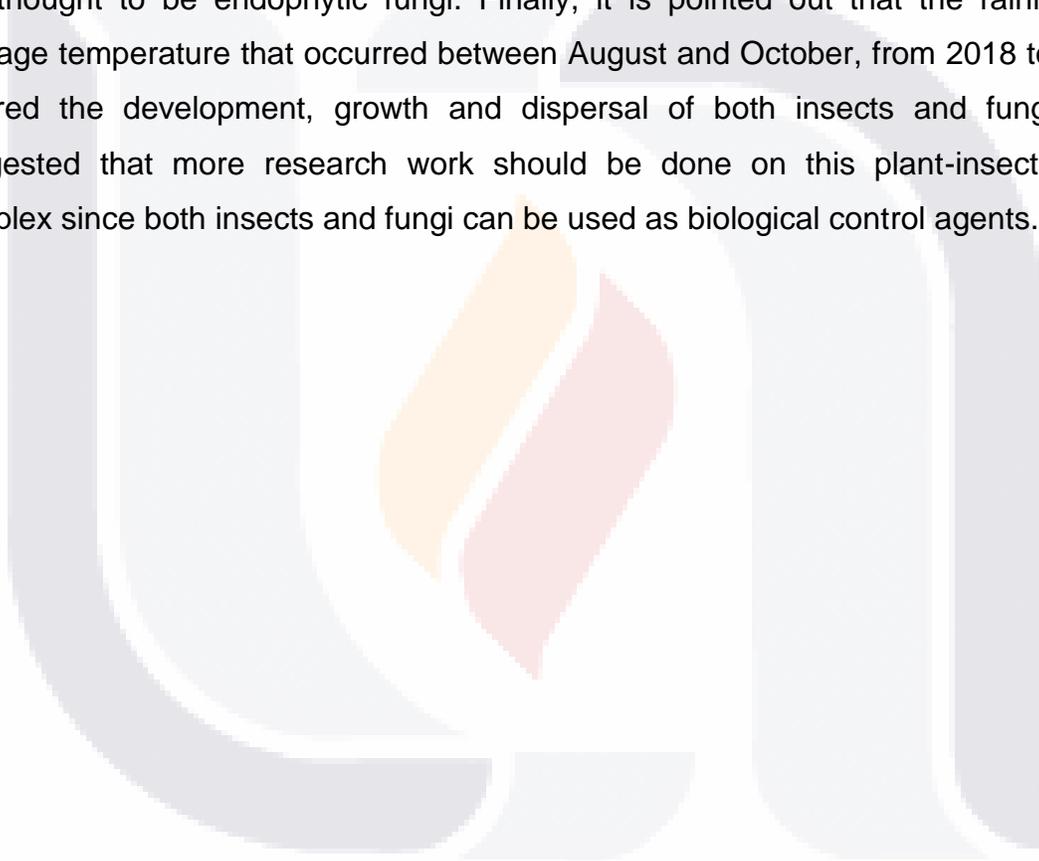
meses octubre a marzo que es donde se encontró la mayor incidencia (60 %) y severidad (4 %). La incidencia (10 a 0 %) y severidad (4 a 0 %) de las ampollas foliares disminuyó de marzo a septiembre. Pensamos que esto último está influenciado por la caída de las hojas de *Q. eduardii* previa sequía de los meses anteriores. En 2018 y 2019 la presencia de ampollas y hongos asociados se inició en octubre previa precipitación pluvial (405 mm de agosto a octubre de 2018 y 350 mm, en el mismo período, en 2019) en agosto y septiembre y temperatura (17 °C a 13 °C de agosto a octubre en 2018 y 16 °C a 13 °C, en el mismo período, en 2019) favorable para insectos y hongos. En conclusión, se piensa que larvas de la Familia coleophoridae son las causantes de las ampollas de las hojas de *Q. eduardii* y que las avispidas *Torymus*, *Eurytoma*, *Closterocerus* y *Aprostocetus* son sus parasitoides. Además, se piensa que los hongos *Phoma*, *Tubakia*, *Ascochyta* y *Seimatosporium*, que se desarrollan en las ampollas, son hongos endófitos. Finalmente se señala que la precipitación pluvial y temperatura media que se presentaron entre agosto y octubre, de 2018 y 2019, favorecieron al desarrollo, crecimiento y dispersión tanto de insectos como de hongos. Se sugiere que deben realizarse más trabajo de investigación en este complejo planta-insectos-hongos ya que tanto insectos como hongos pueden ser utilizados como agentes de control biológico.

ABSTRACT

Oak trees (*Quercus* spp.) are an important forest resource for humans due to the wood products and environmental services they provide. These trees are affected by different biotic agents that can destroy them. Recently, the presence of blisters on *Quercus eduardii* leaves has been observed in the Sierra Fria range of Aguascalientes, Mexico, and it is unknown who causes them. The specific objectives of this work were: 1) Identify at the genus and / or species level the insects associated in the blisters on leaves of *Quercus eduardii* in the Sierra Fría range of Aguascalientes, Mexico, 2) Identify at the genus and / or species level the fungi associated in the blisters on leaves of *Quercus eduardii* in the Sierra Fría range of Aguascalientes, Mexico and 3) Determine the geographical distribution, and estimate the incidence and severity of blisters in *Quercus eduardii* in the Sierra Fría range of Aguascalientes, Mexico. From January 2018 to December 2019, periodic visits were made to different sites in the Sierra Fría range to take leaf samples and study the incidence and severity of blisters and related fungi. In the microbiology laboratory, Basic Sciences Center of the Autonomous University of Aguascalientes, the samples were processed to obtain the insects inside and identify them, and to observe, isolate and identify the associated fungi. The insects found inside the blisters were: Larvae of the Coleophoridae Family and adult wasps of the genera *Torymus*, *Eurytoma*, *Closterocerus* and *Aprostocetus*. The fungi that developed on the tissues of the blisters were: *Phoma*, *Tubakia*, *Ascochyta* and *Seimatosporium*. According to what has been observed, it is feasible that the blisters on the leaves of *Q. eduardii* are caused by the larvae of the Coleophoridae Family and that the wasps found inside the same blisters are parasitoids of these larvae. During this work, leaf blisters were found in all the sites visited in the Sierra Fría of Aguascalientes. These blisters appeared, mainly, between the months of October to March, which is where the highest incidence (60%) and severity (4%) were found. The incidence (10 to 0%) and severity (4 to 0%) of foliar blisters decreased from March to September. We believe that the latter is influenced by the fall of the leaves of *Q. eduardii* after drought in the previous months. In 2018 and 2019 the presence of blisters and associated fungi

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

began in October after rainfall (405 mm from August to October 2018 and 350 mm, in the same period, in 2019) in August and September and temperature (17 °C to 13 °C from August to October in 2018 and 16 °C to 13 °C, in the same period, in 2019) favorable for insects and fungi. In conclusion, larvae of the Coleophoridae Family are thought to be the cause of the leaf blisters of *Q. eduardii* and that the *Torymus*, *Eurytoma*, *Closterocerus* and *Aprostocetus* wasps are their parasitoids. Additionally, *Phoma*, *Tubakia*, *Ascochyta*, and *Seimatosporium* fungi, which develop in blisters, are thought to be endophytic fungi. Finally, it is pointed out that the rainfall and average temperature that occurred between August and October, from 2018 to 2019, favored the development, growth and dispersal of both insects and fungi. It is suggested that more research work should be done on this plant-insect-fungus complex since both insects and fungi can be used as biological control agents.



1. INTRODUCCIÓN

En el género *Quercus* (encinos) podemos encontrar entre 400-600 especies de árboles y arbustos, las cuales se encuentran distribuidas por el mundo: en Europa, Asia, Norteamérica y Sudamérica. Lo anterior significa que podemos encontrarlos en la mayoría de los bosques templados, inclusive en algunas zonas tropicales y subtropicales. Dicho género constituye parte importante del conjunto de vegetación arbórea de las regiones montañosas, siendo una de las principales plantas leñosas a nivel mundial. Este grupo alberga especies que poseen gran importancia en el hemisferio norte, debido a la enorme diversidad de servicios ecosistémicos que proporciona, además de su amplia distribución y relevancia ecológica en los ecosistemas a los que pertenece, también es uno de los géneros más utilizados por el hombre (Marañón et al., 2012).

Nuestro país se encuentra cubierto significativamente por este tipo de árboles ya que podemos tenerlo en bosques con vegetación variada o siendo la especie dominante junto con otros encinos. En México se encuentran 161 especies de dicho género, de las cuales 109 son denominadas como endémicas (Valencia 2004).

En Aguascalientes los encinos se desarrollan a lo largo de la Sierra Fría, la cual se localiza al noroeste del estado y abarca los municipios de San José de Gracia, Calvillo, Rincón de Romos, Jesús María y Pabellón de Arteaga. La Sierra Fría, está decretada como Área Natural Protegida desde el año de 1994, y cuenta con una extensión de 106,614.76 ha. La Sierra Fría posee una enorme importancia para nuestro estado en razón a que nos brinda servicios ecosistémicos como ser una de las principales fuentes de captación de agua para los mantos acuíferos, absorción de bióxido de carbono, conservación del suelo, hogar de diferentes especies de flora (varias especies de pino, encino, cedro, madroño, fresno y fauna (venado cola blanca, puma, jabalí de collar, gato montés, cacomixtle, zorro gris, águila real, halcón peregrino, codorniz moctezuma, camaleón y varias especies de serpientes), entre otras; esto sin mencionar a la incontable cantidad de insectos que interactúan entre

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

sí en este territorio. Además, es un espacio significativo para el ecoturismo (La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado, 2008).

Los encinos, como muchas otras plantas cultivadas y silvestres, pueden ser afectados por diferentes agentes bióticos y abióticos. Entre los agentes bióticos, las plagas por insectos y enfermedades causadas por hongos son importantes por los daños que pueden causar a los árboles. También, los insectos y hongos se han relacionado desde hace millones de años, siendo esta relación tan estrecha que, inclusive, los insectos han desarrollado estructuras especiales, llamadas micangia, para transportar esporas de hongos (Agrios, 2005; Cibrián et al., 2017). Entre los ejemplos importantes de estas interacciones señalaremos la que tienen el hongo *Ophiostoma ulmi*, que causa la marchitez del olmo Holandés en Europa, Asia y EEUU, asociado a los coleópteros *Scolytus multistriatus* y *Hylurgopinus rufipes*; *Ceratocystis fimbriata* es el hongo causante de la enfermedad conocida como “mal de machete” del cacao y es transportado por escarabajos de ambrosia; *Ceratocystis fagacearum* es otro hongo que causa la marchitez de encinos en varios países del mundo, inclusive México, y que se encuentra asociado a coleópteros, de la familia Nitidulidae, que se alimentan de la savia (Agrios, 2005).

En México y, particularmente en el estado de Aguascalientes, también se ha reportado la interacción de insectos con hongos. Por ejemplo, Moreno, et al. (2015), reportaron que el manchado de la madera en árboles de *Pinus teocote* y *P. leiophylla*, se debe a la interacción de los hongos *Ceratocystiopsis fasciata*, *Leptographium* sp., *Ophiostoma* sp., *Ophiostoma pulvinisporum* y *O. pluriannulatum* con el insecto descortezador *Dendroctonus mexicanus*. Más recientemente, Rodríguez (2016), reportó que los hongos *Ophiostoma pluriannulatum*, *Ceratocystis* sp., *Chalara* sp. y *Pesotum* sp., están relacionados con el manchado de la madera de encinos (*Quercus potosina*) afectados por el insecto barrenador *Megapurpuricenius magnificus*. Respecto a lo anterior, en el año 2016 se observó la presencia de ampollas en las hojas de *Quercus eduardii* causadas por un agente desconocido y, sobre estas ampollas, el crecimiento de hongos. Debido a la importancia ecológica

que esta relación pueda tener, se realizó esta investigación, la cual aportará conocimiento al estado del arte sobre los encinos y su relación con insectos y hongos.



2. MARCO TEÓRICO

2.1 Encinos (*Quercus* spp.)

2.1.1 Descripción de los encinos

Los encinos principalmente son árboles que se caracterizan por tener tallos leñosos, hojas conocidas como coriáceas en razón a que tienen una consistencia parecida a cuero y presencia de semillas conocidas como bellotas. Generalmente, su crecimiento es como un árbol con altura de 3-40 m, sin embargo, algunos se desarrollan como arbustos con una altura no mayor a 60 cm (Arizaga et al., 2009). Se desarrollan de forma lenta, por lo que su vida es larga. Los encontramos principalmente en bosques templados. Podemos encontrar encinos perennifolios y caducifolios; en los perennifolios su follaje se mantiene verde y se sustituye de forma paulatina, mientras que los caducifolios pierden todas las hojas en temporada de sequía. Sus hojas poseen diversos tipos de ápice (punta de la hoja), base de la hoja, número de nervaduras, margen (borde de la hoja), textura, tamaños, colores y propiedades morfológicas que se utilizan para su clasificación taxonómica (Arizaga et al., 2009; Nixon, 1993).

Una característica importante es que un mismo individuo (árbol o arbusto), es hermafrodita, ya que cuenta con flores femeninas y masculinas. El tamaño de las flores femeninas va de 1 a 2 mm de diámetro en promedio, por su parte las flores masculinas forman agrupaciones colgantes con el nombre de amentos, estos pueden tener de 6 a 12 estambres, mismos que tienen un enorme desarrollo por lo que son más evidentes en la naturaleza, mientras que las flores femeninas suelen ser imperceptibles a simple vista. La duración de ambas flores puede ser de un mes (Arizaga et al., 2009). El polen se transporta mediante el viento (polinización anemófila), ocasionando el crecimiento de una bellota, que contiene generalmente una sola semilla.

La forma de la semilla es ovoide (huevo); en la base donde se une con la rama, está cubierta por una estructura leñosa, con forma cóncava llamada cúpula; verdes en su inmadurez y de tono café ya maduras. Son alimento para algunos animales, como roedores, aves e insectos. La producción de bellotas puede ser una o dos veces al año y esto depende de cada especie de encino (Arizaga et al., 2009; Nixon, 1993).

2.1.2 Distribución geográfica de los encinos

2.1.2.1 Encinos en el mundo

Los encinos (*Quercus* spp.) son parte de la familia Fagaceae siendo un grupo de árboles y arbustos que cuenta con 6 a 9 géneros y entre 600 a 900 especies de plantas. Se encuentran distribuidos en la mayoría de los continentes del planeta. Podemos describir para ellos dos grandes áreas de diversidad: la primera, en el sureste de Asia, con unas 120 especies y la segunda en México, principalmente en las regiones montañosas, donde comparte el espacio con comunidades de coníferas (Govaerts y Frodin, 1998; Valencia, 2004). Se localizan a diferentes altitudes que van desde el nivel del mar hasta 4000 m en el Himalaya, y los hábitats donde se desarrollan cuentan con condiciones abióticas muy contrastantes, ya que pueden ser desde marismas hasta zonas desérticas (Nixon, 1993; Valencia, 2004).

La cantidad de especies de *Quercus* no es muy clara debido a la diversidad morfológica que poseen, incluso en un mismo individuo. Al respecto, Valencia (2004), menciona que varios autores han estimado la existencia de entre 125 a 253 especies de encinos en el mundo. En la siguiente dirección de internet: <https://www.iucnredlist.org/search?query=quercus&searchType=species> se encuentra un listado, Red List, de todas las especies de *Quercus* registradas, el cual presenta taxonomía, mapa de distribución y estado de la especie.

A continuación, se muestra la Tabla 1 con algunas de estas especies señalándose si se encuentran o no en peligro de extinción.

Tabla 1. Algunas de las especies de encinos (*Quercus*) presentes en el mundo. (Tabla modificada de RED LIST, 2019).

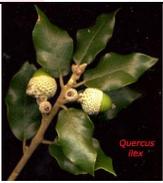
Nombre Científico	En peligro de extinción	Imagen
<i>Quercus ajoensis</i>	Vulnerable	
<i>Quercus vulcanica</i>	Menor preocupación	
<i>Quercus look</i>	En peligro	
<i>Quercus hintonii</i>	En peligro	
<i>Quercus ilex</i>	Menor preocupación	
<i>Quercus trojana</i>	Menor preocupación	
<i>Quercus graciliformis</i>	En peligro crítico	
<i>Quercus arkansana</i>	Vulnerable	

Tabla 1. Continuación.

<i>Quercus coccifera</i>	Menor preocupación	
<i>Quercus brantii</i>	Menor preocupación	
<i>Quercus petraea</i>	Menor preocupación	
<i>Quercus aucheri</i>	Menor preocupación	
<i>Quercus tomentella</i>	En peligro	
<i>Quercus frainetto</i>	Menor preocupación	
<i>Quercus kotschyana</i>	En peligro	
<i>Quercus robur</i>	Menor preocupación	
<i>Quercus hinckleyi</i>	En peligro crítico	

2.1.2.2 Los encinos en México

México es un país megadiverso por lo que encontramos una flora en extremo abundante con más de 23,000 especies (Villaseñor, 2016), esto debido a que dentro de su territorio se conectan dos grandes zonas biogeográficas, el Neártico y Neotropical (Udvardy, 1975; Halffter, et al., 2008). Los bosques de coníferas y encinos, representan la cobertura vegetal más extensa en cuanto a plantas leñosas, con un 16.4% del total de la superficie estando debajo del matorral xerófilo, que es el tipo de vegetación que cuenta con la mayor extensión (Challenger y Soberón, 2008). Se sabe que en México se desarrollan tres secciones de este género: *Quercus* (encinos blancos), *Lobatae* (encinos rojos) y *Protobalanus* (encinos intermedios). Debido a su enorme distribución ocupan el segundo lugar como árboles maderables de clima templado frío en México (CONAFOR, 2007). No podemos tener un conteo exacto del número de especies presentes en nuestro país, debido a la enorme variación morfológica que llega a existir entre ellos, incluso en un mismo individuo, no se cuenta con el material tipo necesario o la literatura original, las descripciones originales son deficientes e incluso la exagerada descripción de algunas especies por los autores, además de la constante hibridación entre ellas mismas (Valencia, 2004).

Existen varias cifras dadas por distintos autores para México. Al respecto, Valencia (2004), menciona que varios autores han estimado la existencia de entre 125 a 253 especies de encinos en el mundo. México es considerado el centro con mayor riqueza y diversidad de encinos en el continente americano (Figura 1). Según Valencia y Flores-Franco (2006), son 109 especies endémicas de encinos en nuestro país. En la Tabla 2 podemos encontrar algunas de ellas, lo que en porcentajes significa el 68% de la totalidad de encinos de America. Aproximadamente, el 5.5% de la totalidad del país es abarcado por grupos montañosos, conformados en su mayoría por bosques de encino, generalmente su mayor grado de diversidad de especies se da en un intervalo de altitud, que va de los 1200-2800 m (Arizaga et al., 2009). Los ecosistemas donde participan los encinos son importantes debido a su alta diversidad, además de contar con valor económico y ecológico, ya que soportan

actividades productivas, albergan una gran diversidad biológica y constituyen el refugio de fauna silvestre.

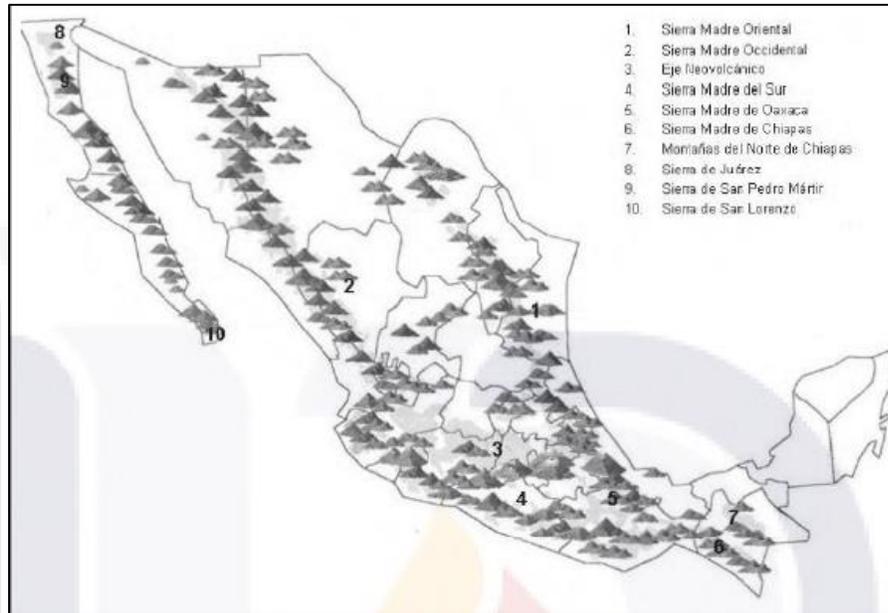


Figura 1. Mapa de México con la distribución de encinos. Tomado de Pérez y Dávalos (2008).

Tabla 2. Algunas especies de encinos en México según Valencia et al., (2006).

Subgénero	Nombre Científico
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus acapulcensis</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus acatenangensis</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus acherdophylla</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus acuminata</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus acutangula</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus acutifolia</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus acutifolia var. bonplandii</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus aequivenulosa</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus aerea</i>

Tabla 2. Continuación.

<i>Lobatae</i>	<i>Quercus affinis</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus affinis f. commutata</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus affinis f. subintegra</i>
<i>Lobatae</i>	<i>agrifolia</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercusalamarensis</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus alamo</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus ambivenulosa</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus amissaeloba</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus amphioxys</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus apanecana</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus apiophylla</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus aristata</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus atrescentirachis</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus axillaris</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus balsequillana</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus barbinervis</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus benthamii</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus (bolanyosensis</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus botryocarpa</i>
<i>Lobatae</i>	<i>Quercus bourgaei</i>
<i>Protobalanus</i>	<i>Quercus cedrosensis</i>
<i>Protobalanus</i>	<i>Quercus chrysolepis</i>
<i>Protobalanus</i>	<i>Quercus palmeri</i>
<i>Protobalanus</i>	<i>Quercus tomentella</i>
<i>Protobalanus</i>	<i>Quercus wilcoxii</i>
<i>Quercus</i>	<i>Quercus achoteana var. Sublanosa</i>
<i>Quercus</i>	<i>Quercus aculcingensis</i>
<i>Quercus</i>	<i>Quercus affinis</i>

En otro aspecto, los bosques proveen bienes y servicios ambientales indispensables para la subsistencia de la sociedad humana (Millenium Ecosystem Assesment, 2005; Sunderlin et al., 2005).

2.1.2.3 Los encinos en Aguascalientes

En Aguascalientes, los encinos se distribuyen en la Sierra Fría (Figura 2), misma que se localiza al noroeste del estado, abarcando los municipios de: San José de Gracia, Calvillo, Rincón de Romos, Jesús María y Pabellón. Los encinos se encuentran en una altitud que oscila entre 2100 y 3050 m. De la Cerda (1999), reportó 17 especies de encinos y más recientemente, Martínez-Calderón et al. (2018), identificaron 21 especies del género *Quercus* (Tabla 3) en la Sierra Fría, cuatro exclusivas de esta zona, siendo *Q. potosina* y *Q. eduardii* las especies con mayor distribución.

2.2 Usos de los encinos

Anteriormente se mencionó que los encinos son muy utilizados por el hombre, el cual le da ciertos usos comerciales que van desde el uso de la materia prima básica para construcción, elaboración de carbón, elaboración de mangos para diversas herramientas, instrumentos e implementos agrícolas, confección de artesanías locales y elaboración de muebles. (Álcamo et al., 2005; Sunderlin et al., 2005). En nuestro país, la madera de encino domina el segundo lugar de aprovechamiento maderable en productos tales como celulosa (54%), escuadría (30%), leña (7%) y carbón (6%) (de la Paz-Pérez et al., 2000).

Los encinos también brindan productos forestales no maderables, los cuales aportan valores económicos, sociales y culturales tales como productos medicinales, alimenticios y artesanales.

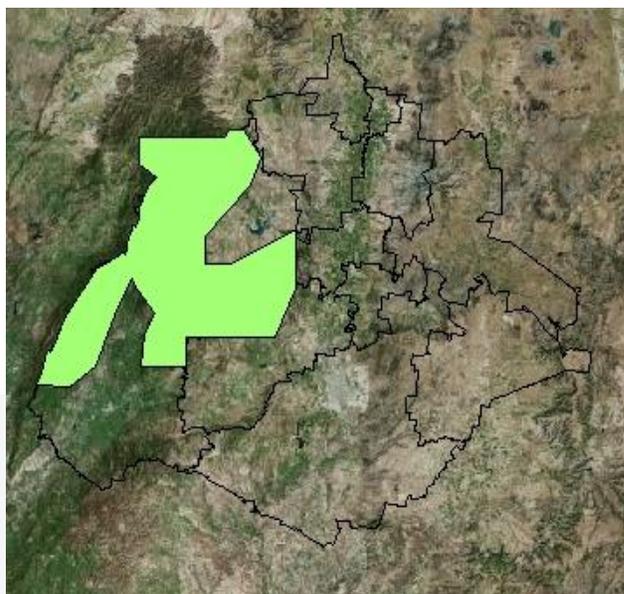


Figura 2. Ubicación de la Sierra Fría en el estado de Aguascalientes, lugar donde crecen alrededor de 20 especies de los encinos.

Tabla 3. Especies de encino (*Quercus*) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México, según Martínez-Calderón et al. (2018).

	Sección/Taxón	Altitud
	<i>Lobatae (encinos rojos)</i>	
1	<i>Q. aristata</i> Hook. & Arn.	1,640-2,600
2	<i>Q. castanea</i> Née*	2,550-2,695
3	<i>Q. durifolia</i> Seemen*+	2,400-2,839
4	<i>Q. eduardii</i> Trel.	2,050-2,800
5	<i>Q. gentry</i> C.H. Müll.*	2,200-2,450
6	<i>Q. jonesii</i> Trel	2,450-2,800
7	<i>Q. laurina</i> Humb. & Bonpl.*+	2,839
8	<i>Q. mexicana</i> Humb. & Bonpl.*+	2,112
9	<i>Q. sideraxyla</i> Humb. & Bonpl.*+	2,300-2,900
	<i>Quercus (encinos blancos)</i>	
10	<i>Q. chihuahuensis</i> Trel.	1,950-2,800
11	<i>Q. depressipes</i> Trel.*+	2,177-2,244
12	<i>Q. greggi</i> (A. DC.) Trel.	2,621
13	<i>Q. grisea</i> Liemb.	1,900-2,600
14	<i>Q. magnolifolia</i> Née*	2,541
15	<i>Q. obtusata</i> Humb. & Bonpl.	2,100-2,700
16	<i>Q. potosina</i> Trel.	2,100-2,800

Tabla 3. Continuación.

17	<i>Q. repanda</i> Humb. & Bonpl.*	2,250-2,750
18	<i>Q. resinosa</i> Liebm.	2,160-2,600
19	<i>Q. rugosa</i> Née.	2,100-2,800
20	<i>Q. striatula</i> Trel.	2,574
Nota: (*) Especie no mencionada anteriormente para la Sierra Fría (SF) del estado de Aguascalientes. (+) Exclusivo de SF dentro del estado.		

La FAO (2015) define a los productos forestales no leñosos como aquellos “bienes de origen biológico diferentes de la madera, derivados de bosques, terrenos arbolados y árboles situados fuera de los bosques”, estos productos son aquellos que vienen exclusivamente de tallos, raíces, corteza, hojas, agallas, flores y frutos. En nuestro país en algunas regiones destaca el uso medicinal, alimenticio, artesanal, forraje, taninos y colorantes. Esto hace que sea un recurso muy valorado (Luna et al., 2003), siendo así uno de los grupos taxonómicos más importantes económicamente en Norteamérica (Valencia, 2004).

2.3 Amenazas de los Encinos

El cambio de uso de suelo es sin duda la principal gran amenaza para los ecosistemas boscosos, debido a que ocasionan que estos se vean reducidos a micro espacios, esto se realiza para el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas y urbanas (Martínez-Calderón 1981; González-Espinosa et al., 2012). Pero, los recursos forestales también se ven amenazados por diferentes plagas de insectos y enfermedades que pueden ser ocasionadas por plantas parásitas superiores, nematodos, bacterias, fitoplasmas, virus, viroides y hongos (Agrios, 2005).

2.3.1 Enfermedades por hongos

Podemos describir a los hongos como especímenes generadores de esporas, que van desde macro a microscópicos, eucarióticos, con ramificaciones y a menudo

filamentosos, estos no cuentan con clorofila, pero sus paredes celulares poseen quitina, celulosa o ambos (Romero, 1996; Agrios, 2005). Se tiene conocimiento de 100,000 especies de hongos en su mayoría son saprófitas y se instalan sobre la materia orgánica muerta, que ellos mismos se encargan de descomponer. Se sabe que alrededor de 50 especies de hongos pueden provocar enfermedades en el hombre y un número similar en animales, generalmente estas son superficiales en piel o apéndices. Sin embargo, más de 8,000 especies de ellos atacan a las plantas. La totalidad de las plantas sufren ataques de algún tipo de hongo, y a su vez cada hongo parásito ataca a uno o más tipos de plantas. Existen ciertos hongos que solo pueden desarrollarse al establecer algún tipo de asociación con las plantas que son su hospedante, se les conoce como parásitos obligados o biotrofos. Algunos solo necesitan de plantas hospedantes en ciertas etapas de su ciclo de vida, este puede ser concluido en materia orgánica muerta o plantas, como por ejemplo los parásitos no obligados (Romero, 1996; Agrios, 2005). Entre los microorganismos fitopatógenos similares a los hongos (por formar micelio cenocítico) que causan enfermedades en árboles forestales se encuentran los Oomycetes, organismos del reino Chromista que se caracterizan por formar zoosporas que presentan dos tipos de flagelo: uno tipo látigo dirigido hacia delante y uno tipo cepillo dirigido hacia atrás (Romero, 1996; Agrios, 2005).

Los hongos verdaderos son considerados los principales patógenos forestales, en razón a que pueden atacar diferentes partes de las plantas lo cual merma su funcionamiento en varias formas (síntomas). Hay dos grupos muy importantes que son:

Ascomycetes y Deuteromicetes. Son conocidos como “hongos de saco y mohos”. Los Ascomycetes se caracterizan por producir sus esporas sexuales dentro de células en forma de saco o bolsa llamadas ascas, mientras que los Deuteromicetes son los ascomycetos que no se reproducen sexualmente. Estos hongos se encuentran asociados a enfermedades como cancrrosis, tizones de acículas y marchitamiento vascular (cavitación y daño de tejido conductor).

Basidiomicetos. Son los hongos con el himenio (parte fértil del basidioma o cuerpo fructífero) en forma de laminillas y poros (Holobasidiomicetes). Se encuentra conformado principalmente por hongos con sombrero y en repisa, los cuales se caracterizan por producir sus esporas a partir de células sexuales llamadas basidios. Estos hongos se encuentran asociados a enfermedades de pudrición de raíz y descomposición de la madera. Estos hongos incluyen a las Royas o Chahuixtles (Uredinales) y a los Carbones (Ustilaginales). Las royas son fitopatógenos obligados, generalmente con un ciclo de vida que involucra dos hospedantes. Las royas pueden producir cancrrosis en los tallos, atacar hojas y también conos.

Los hongos fitopatógenos son muy importantes, por ejemplo, Swiecki y Bernhardt (2006), en su libro sobre insectos y enfermedades que afectan los encinos de California, EE. UU., señalan que las hojas y ramitas pueden ser dañadas por *Apiognomonía errabunda* (= *Discula umbrinella*), *Cryptocline cinerescens* y *Septoria quercicola*, causando antracnosis, tizón de las ramitas y manchas foliares, respectivamente. También, las hojas pueden ser afectadas por *Taphrina caerulescens*, hongo causante de la enfermedad conocida como ampolla; por cenicillas polvorientas causadas por los hongos *Brasiliomyces trina*, *Cystotheca lanestris*, *Microsphaera extensa curta*, *Microsphaera penicillata* y *Phyllactinia angulata*. Los mismos autores señalan que la madera de ramas y troncos pueden ser podridos por *Phellinus gilvus*, *Phellinus robustus* = *Fomitiporia robusta*, *Hypoxylon thouarsianum*, por *Phytophthora ramorum*, este último un Oomiceto que causa la enfermedad conocida como muerte súbita de los encinos y por *P. nemorosa*, *P. pseudosyringae* que causan cancrrosis de las ramas de encinos Swiecki y Bernhardt (2006). Por otra parte, Agrios (2005), señala que los encinos pueden ser afectados, en sus haces vasculares, por hongos como *Ophiostoma ulmi* y *O. novo-ulmi* que causan la enfermedad holandesa y por *Ceratocystis fagacearum* que causa la marchites de encinos.

En México, se ha reportado muerte de encinos en diferentes estados, principalmente en Colima, Guanajuato, Jalisco, Nayarit y Aguascalientes. Al respecto, Romero

(1996) explica que *Ganoderma lucidum* es un basidiomiceto que destruye los encinos. Tainter et al. (2000), estudiaron que *Phytophthora cinnamomi* es el oomiceto causante de muerte de encinos en el estado de Colima. De igual manera, Alvarado et al. (2008), encontraron que *P. cinnamomi* originó la muerte de muchos encinos en Teconapa, Guerrero. En el estado de Guanajuato, Vázquez et al. (2004), observaron la sinergia de daños que causan los hongos *Nectria galligena* e *Hypoxylon thouarsianum*. En los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco y Nayarit. Alvarado et al. (2007), reportaron que los encinos son afectados por *Hypoxylon atropunctatum*, *Phoradendron villosum*, *Pythium* y *Armillaria* spp. En el estado de Aguascalientes, Moreno et al. (2010), encontraron que los encinos son afectados por *Phellinus robustus*, *P. everhartii*, *P. gilvus*, *G. lucidum* e *H. thouarsianum*. Más recientemente, en hojas de encino se ha reportado la presencia de *Taphrina caerulescens*, *Phyllactina leveilulloides*, *Tubakia sierrafriensis* y *Sphaerosporithyrium mexicanum* (Braun et al., 2018; Moreno et al., 2015; Takamatsu et al., 2016). Recientemente, se observó la presencia de estructuras fúngicas sobre las ampollas, las cuales podrían ser ocasionadas por un insecto. La identificación de estos hongos es uno de los objetivos de este trabajo.

2.3.2 Plagas por insectos

Los insectos son organismos invertebrados pertenecientes al filo de los artrópodos. Son el grupo de animales más diverso de la tierra, de los que se conocen aproximadamente un millón de especies diferentes, cada una de ellas con una cantidad de miembros muy abundante. También, se cree que aún quedan por describir unos 30 millones de especies más. Pueden encontrarse en casi todos los lugares del planeta, aunque solo un pequeño número de especies de artrópodos ha conseguido adaptarse a la vida en los océanos (NG España, 2020). Los insectos se caracterizan por poseer tres regiones (tagmata): cabeza, tórax y el abdomen; además poseen seis patas y dos pares de alas; sin embargo, este patrón general muestra variación en muchos de los grupos (Cibrián, 2017). Los insectos son capaces de causar un perjuicio directo, así como daños indirectos a las plantas.

Algunas especies de insectos están asociadas con una especie vegetal en particular, por ejemplo, la catarinita de la papa y el barrenador del maíz, pero generalmente cada especie está asociada con grupos de especies vegetales de las que se alimenta (Thorsteinson, 1960). Estos pueden alimentarse de todas las partes de las plantas, en las hojas ocasionan áreas decoloradas y agallas tanto en su superficie como en los peciolo, igual en los tallos y las raíces (Thorsteinson, 1960).

Swiecki y Bernhardt (2006), señalan que hay diferentes insectos dañando a los encinos de California, EUA. Ellos describen que los insectos que dañan las bellotas son: *Curculio aurivestis*, *C. occidentis*, *C. pardus* (Curculionidae) y *Cydia latiferreana* (Tortricidae). Reportan que los insectos que se alimentan de las hojas son: el gusano de los encinos de California *Phryganidia californica*, el enrollador de las hojas, *Archips argyrospila*, el insecto creador de cajas acanalado del encino, *Bucculatrix albertiella*. Además, explican que también se encuentran las orugas de tienda, tales como: la oruga de tienda del oeste (*Malacosoma californicum*); la oruga de tienda del Pacífico (*M. constrictum*); la oruga de tienda del bosque, (*M. disstria*) y la oruga tussock del oeste (*Orgyia vetusta*). Reportan que también se encuentran los insectos que se alimentan de sabia como: la escama Kuwana del encino (*Kuwania quercus*) la filoxera de las hojas (*Phylloxera* spp.), la escama del encino lecanium (*Parthenolecanium quercifex*), la escama oscura (*Melanaspis obscura*), las escamas que causan agujeros en los encinos (*Asterolecanium minus*, *A. variolosum*, *Platycotis vittata* y *P. vittata quadrivittata*); dentro de este grupo están las mosquitas blancas como: la mosquita blanca de la corona (*Aleuroplatus coronatus*), la mosquita gelatinosa (*A. gelatinosus*), la mosquita Stanford's (*Tetraleurodes stanfordi*) y los áfidos lanudos (*Stegophylla querci*, *S. quercifoliae* y *S. essigi*).

Swiecki y Bernhardt (2006), reportaron que los insectos barrenadores de los encinos son: *Styloxus fulleri californicus*, *Aneflomorpha lineare*, *Scobicia suturalis* y *Agrilus angelicus*. Así mismo, señalan que los insectos barrenadores de la madera y troncos son: los coleópteros de ambrosia (*Monarthrum dentiger*, *M. scutellare*), los coleópteros de corteza del oeste (*Pseudopityophthorus pubipennis*); los coleópteros

de la corteza (*P. agrifoliae*, *P. pruinosus*), el gusano carpintero (*Prionoxystus robiniae*) y los coleópteros barrenadores metálicos (*Chrysobothris femorata*, *Chrysobothris mali*, *Scobicia declivis*, *Tremex Columba*, *Prionus californicus*, *Rosalia funebris*, *Xylotrechus nauticus*, *Neoclytus conjunctus* y *Synanthedon resplendens*). Finalmente, describen a los insectos que forman agallas como: el acaro *Eriophyes mackiei* y avispas que forman agallas (familia Cynipidae). Entre estas últimas señalan más de 100 especies registradas en los géneros *Andricus* spp., *Antron* spp., *Callirhytis* spp., *Disholcaspis* spp., *Dros* spp. y *Neuroterus* spp. (Swiecki y Bernhardt, 2006).

En México, también han sido publicados los daños que causan insectos en los encinos (Cibrían, 2017). En Aguascalientes, Sánchez et al. (2010), señalan que en *Q. potosina* se identificó al insecto barrenador *Crioprosopus magnificus*, un coleóptero de la familia Cerambycidae que causa graves daños a los árboles, inclusive, la muerte. Respecto a insectos cinipidos, Pujade-Villar et. al. (2010), señalan el haber encontrado un nuevo género y especie de avispa, *Kinseyella quercusobtusata*, causante de agallas en las hojas de *Quercus obtusata*, un encino endémico mexicano. Pujade-Villar (2014), reportaron una nueva especie de Cinipido, *Andricus fusiformis*, causante de agallas tuberosas en ramas de *Q. obtusa*, en México, D.F. Por otra parte, Melika et. al. (2009), reportaron una nueva especie de avispa, *Andricus quercuslaurinus*, de las agallas de los encinos que parece ser una plaga seria de *Q. laurina* en algunas partes de México.

En el estado de Aguascalientes, Clark-Tapia et. al. (2013), reportaron la presencia de agallas foliosas en *Q. resinosa*. Encontraron que el 72.52% de las agallas están ubicadas en el envés de la hoja, mientras que sólo el 27.48% de estas estructuras se forman en el haz. Ellos sólo identificaron que las agallas son formadas por insectos de la familia Cynipidae.

Respecto a los insectos que causan agallas y ampollas en los encinos, se señala que el orden Hymenoptera se identifica por las siguientes características: los adultos

poseen cuatro alas membranosas con presencia de pocas venas, o ninguna. Sus alas posteriores son más pequeñas que las anteriores y unidas entre sí por una línea pequeña de ganchos (hamuli), localizada en el margen anterior del ala. El aparato bucal es mandibulado. Ovipositor generalmente bien desarrollado, en algunos casos está modificado en un aguijón, actuando como órgano de ataque o defensa (abejas, avispas). La mayoría de las larvas de esta orden tiene forma vermiforme (gusano), con metamorfosis completa (Cibrían et al., 2017).

La Superfamilia Cynipoidea (cinipoideos) se distinguen morfológicamente por tener una venación alar reducida, con una celda radial característica y por tener el metasoma generalmente comprimido (Figura 3). Esta superfamilia está formada por 5 familias que se concentran en dos grandes agrupaciones, estas se forman de acuerdo al tamaño de su cuerpo: los microcinipoideos (Cynipidae y Figitidae) y macrocinipoideos (Austrocynipidae, Ibaliidae y Liopteridae).

2.3.2.1 Familia Cynipidae

Podemos encontrarla distribuida de manera natural en todos los continentes, excepto Australia donde este tipo de fauna es poco conocida (Paretas-Martínez et al., 2013). Su reproducción es muy abundante, con más de 1,000 especies descritas en 12 tribus distintas, cuatro de ellas presentes en México (Cibrían, 2017).

Descripción. Una característica de esta familia es que incluye avispillas fitoparasitoides, en su mayoría inductoras de agallas. Una combinación de caracteres puede ayudar a identificar los Cynipidae; dichos caracteres pueden aparecer en algunos figítidos, pero nunca todos juntos: vena Rs + M dirigida hacia la zona media de la vena basal (Figura 3), carenas pronotales habitualmente ausentes, pilosidad en anillo a la base del metasoma ausente y ausencia de clava en las antenas (Cibrían, 2017). La familia Cynipidae (Figura 4) comparte muchas características morfológicas con su grupo hermano, Figitidae. Los colores predominantes son sombríos: negro,

castaño, rojizo o amarillento; pueden ser brillantes o mates, pero nunca con tonalidades metálicas (Nieves-Aldrey, 2001).

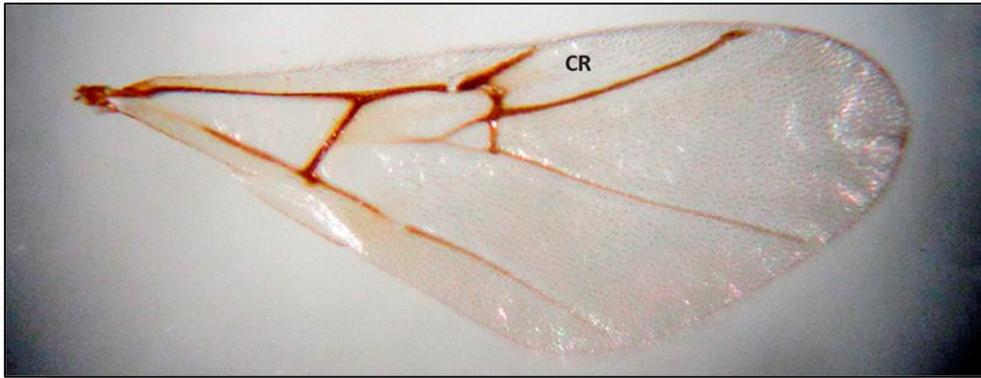


Figura 3. Ala de insecto indicando la celda radial (CR) característica de los Cynipoidea. Fotografía: J. Pujade-Villar (Cibrián, 2017).

Importancia. Generalmente los cinipidos no interaccionan de forma negativa con su hospedero, pero puede llegar a suceder que, en algunos casos, estos se vuelvan dañinas al ocurrir explosiones poblacionales. Podemos hacer dos divisiones: a) las que dañan a los frutos, lo cual deriva en niveles bajos de frutos saludables, y conlleva a la limitada regeneración de encinares; b) las que agreden ramas producen la interrupción del flujo de savia causando, en ocasiones, la muerte de estas o del encino (Cibrián, 2017). Podemos mencionar como generadores principales de daños: *Callirhytis*, *Plagiotrochus* y *Zapatella* (ausentes en México) y *Andricus* (presente en México). Siendo *Andricus* único género (hasta el momento) capaz de producir daños en los encinos mexicanos (Cibrián, 2017). Las siguientes especies: *A. quercuslaurinus* y *A. breviramuli*, se han descrito como dañinas. En el estado de Hidalgo y lugares cercanos, la especie *Andricus quercuslaurinus* ocasiona la destrucción de *Q. laurina* y *Q. affinis*, desencadenando que el entorno se vea modificado con la llegada de otras especies de pinos y cedros (*Pinus patula* y *Cupressus benthamii*). La forma agresiva de los cinipidos es la asexual que induce

agallas en las ramas, mientras que la forma sexual provoca agallas en las hojas jóvenes (Cibrián, 2017).



Figura 4. Habitus de una hembra del género *Andricus* como ejemplo de Cynipidae. (Fotografía de Pujade-Villar) (Cibrián, 2017).

Las avispas formadoras de agallas o también conocidas como avispas gallícolas (Cynipidae) pueden provocar deformaciones principalmente en los encinos o por ser inquilinas de éstas. Los daños pueden producirse en cualquier parte del árbol (hojas, flores, yemas, tallo, raíces y frutos), aunque la mayoría ha sido descrita en hojas (Cibrián, 2017). El género Cynipidae agrupa a las especies que producen agallas en los encinos, un aspecto interesante que podemos observar es que en su mayoría cuentan con un ciclo biológico con alternancia de generaciones, una sexual o gámica (machos y hembras) y otra asexual también llamada agámica (solo hembras). Todas las generaciones suelen ocasionar agallas diferentes, inclusive en partes distintas de los encinos. Las hembras de la generación sexual y agámica son diferentes en su morfología.

A pesar de que la mayoría de los ciclos que se conocen son anuales, algunas especies de generaciones asexuales pueden provocar el retraso de la salida de sus

adultos por varios años (Cibrián, 2017). En nuestro país solamente se conoce todo el ciclo de la especie *Andricus quercuslaurinus*. La gran mayoría de las especies conocidas son de la generación agámica, debido a que regularmente las agallas que producen pueden observarse con facilidad (Cibrián, 2017).

2.3.2.2 Familia Eulophidae

Estos insectos himenópteros pertenecen a la superfamilia Chalcidoidea. En el mundo la familia Eulophidae está compuesta por cuatro subfamilias: Euderinae, Eulophinae, Entedoninae y Tetrastichinae, tiene 297 géneros y 4,472 especies válidas. En nuestro país se han reportado 54 géneros con 229 especies determinadas (Noyes, 2019). La familia Eulophidae es la que tiene mayor número de especies en México, después de ella sigue Aphelinidae y Encyrtidae (Cibrián, 2017). Los tarsos de este insecto cuentan con cuatro segmentos; su antena generalmente posee dos a cuatro segmentos funiculares, esta se encuentra insertada en o debajo del margen inferior del ojo; espolón tibial anterior corto y recto; metasoma constreñido en la base; vena marginal larga, varias veces más larga que ancha y extendida hasta la mitad de la longitud del ala anterior; venas estigmal y postmarginal frecuentemente cortas (Figuras 5 y 6).

Su reconocimiento requiere de práctica, ya que puede confundirse con otra familia llamada *Tetracampidae*, algunos de sus machos presentan 4 segmentos en el tarso, pero su antena está formada por 11 segmentos. (<https://web.archive.org/web/20060507044703/http://www.sel.barc.usda.gov/hym/chalcids/Eulophid.html>, 2019). En la figura 7 se muestran las características de la antena de un eulofido, la cual presenta dos segmentos funiculares y tiene como máximo 10 segmentos (<https://faculty.ucr.edu/~heraty/Eulophidae/index.html>, 2019).

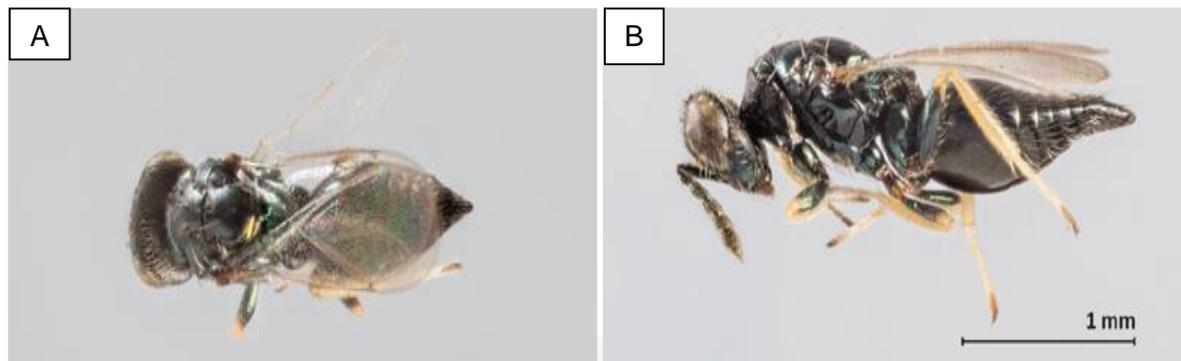


Figura 5. Adultos de Eulophidae. A) Vista dorsal y B) Vista lateral. (Fotografías: E. Llanderal, tomadas de Cibrián, 2017).

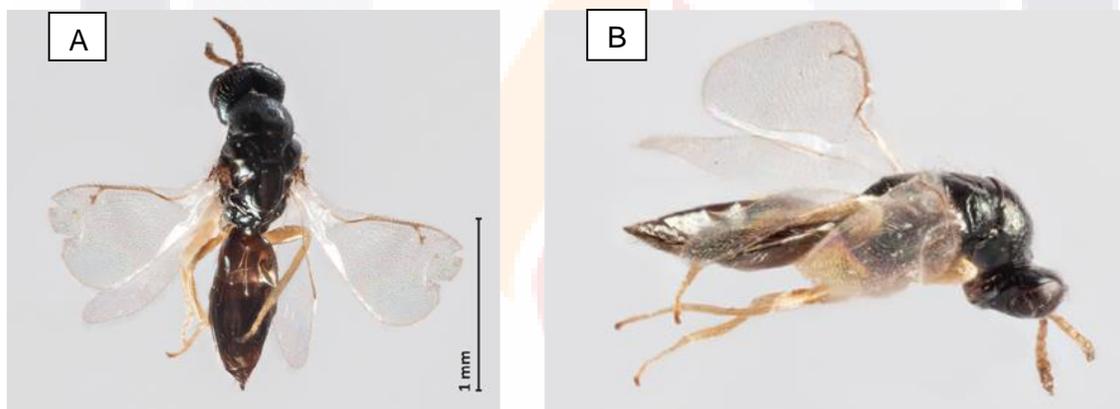


Figura 6. Adulto de *Prigalio*. A) Vista dorsal y B) Vista lateral. (Fotografías: E. Llanderal, tomadas de Cibrián, 2017).

También, podemos mencionar como un criterio casi universal para el reconocimiento de un Eulofido las características que presentan en las patas. En la figura 8 podemos observar que estas poseen 4 segmentos en el tarso y un espolón corto y recto. (<https://faculty.ucr.edu/~heraty/Eulophidae/index.html>, 2019).

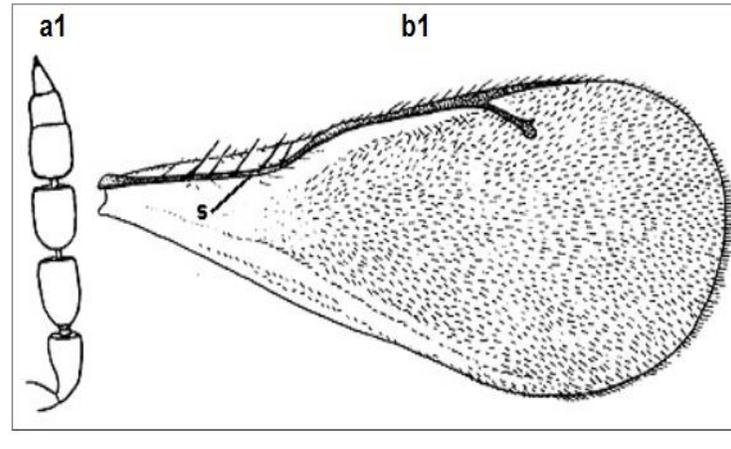


Figura 7. Dibujo que muestra la antena característica de los eulófidos. (<https://faculty.ucr.edu/~heraty/Eulophidae/index.html>, 2019).

Los eulófidos poseen un amplio rango de morfologías, pero la mayoría son de cuerpo blando y se arrugan si se secan. Su tamaño va desde casi 0.5 a 6 mm y la mayoría se encuentra entre 1 y 2 mm; la coloración es sumamente variable, aunque la mayoría de dichas especies son marrón oscuro, negro o con colores metálicos oscuros con amarillo y marrón claro (Noyes, 2019).

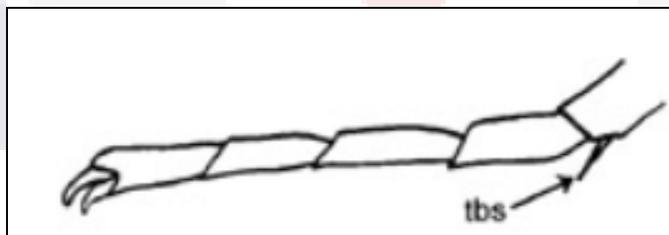


Figura 8. Dibujo de una pata característica de un Eulófido que muestra 4 segmentos en el tarso y un espolón corto y recto. (<https://faculty.ucr.edu/~heraty/Eulophidae/index.html>, 2019).

Importancia. El número de hospedantes a los cuales los eulofidos parasitan es muy extenso, va desde arañas, huevos de insectos, nemátodos, ácaros, trips entre otros Himenpteros, estos insectos abarcan más de 100 familias en 10 órdenes diferentes

de artrópodos; los eulofidos atacan generalmente larvas de insectos holometábolos (metamorfosis completa) de Lepidoptera, Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. Podemos encontrarlos en el Neotrópico y resto del mundo. (Schauff *et al.*, 2006).

Como ejemplo de la importancia forestal de especies fitófagas podemos mencionar a la avispa de la agalla roja del eucalipto, *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle en eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) de Tamaulipas y Jalisco. Estos últimos autores describen que al inicio las agallas son verdes y de pequeño tamaño, luego crecen conforme el insecto se desarrolla en su interior y enseguida cambian a un color rojo definitivo. Esta especie, posteriormente fue reportada en el estado de México, Jalisco, Morelos y Tamaulipas sobre *E. camaldulensis*. En la ciudad de México esta plaga presentó una incidencia de agallas en el arbolado urbano de un 2.6%, una severidad en ramas de 27% y en hojas un 25% (Cibrián, 2017). En cuanto a especies parasitoides, Zaché *et al.* (2010), registraron en Brasil a *Trichospilus diatraeae* Cherian y Margabandhu, como parasitoide de *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), siendo la principal plaga forestal en América Latina y el Caribe.

2.3.3. Asociación hongos-insectos-planta

La interacción y coevolución entre insectos y plantas inició hace cerca de 280 millones de años, en la era Mesozoica. Lo anterior se señala en razón a las galerías de insectos localizado en madera de árboles fósil. De igual manera, los registros fósiles señalan que la relación de hongos endofíticos con plantas es mayor a 400 millones de años. Los hongos endofíticos son aquellos que, durante alguna etapa de su ciclo de vida, habitan intra o intercelularmente en los tejidos de las plantas sin causar ningún síntoma o daño (Raman *et al.*, 2012). También se señala que la relación planta-insecto-hongo se inició y es tan antigua como la relación planta-insecto. Derivado de esta estrecha relación por coevolución diferentes autores señalan que los escarabajos desarrollaron estructuras, llamadas micangia, especializadas para transportar esporas y/o micelio de los hongos. Las micangia

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

pueden tener forma de sacos, concavidades, o poros en la cabeza, torax, patas o los élitros de los insectos. Las células de la micangia producen sustancias cerosas y grasosas y cerosas que seguramente ayudan a la adhesión de las esporas para su transporte seguro y evitar su desprendimiento durante el vuelo del insecto (Raman et al., 2012; Six y Klepzig, 2004).

Uno de los grupos de insectos importantes que tienen relación con hongos fitopatógenos son los coleópteros que invaden la corteza de los árboles, principalmente pinos (*Pinus* spp.). Estos insectos construyen galerías bajo la corteza, en el floema, donde ovipositan sus huevos. Las larvas, después de eclosionar, comen y crecen hasta desarrollarse en adulto. Muchas especies de estos insectos invaden árboles débiles o recién muertos, sin embargo, hay especies que también matan árboles sanos. Estos insectos se asocian a un grupo de hongos Ascomycetos cuyas fases sexuales son los géneros *Ophiostoma*, *Ceratocystiopsis*, *Grosmannia* y *Ceratocystis* (Six and Wingfield, 2011). Uno de los ejemplos importantes es la asociación que tiene el hongo *Ophiostoma ulmi* con el coleóptero Europeo de la corteza, *Scolytus multistriatus* y con el coleóptero de la corteza, nativo de los olmo, *Hylurgopinus rufipes*. Este hongo, que afecta los haces vasculares, causa la enfermedad del olmo holandés, el cual ha matado a miles de árboles en Norteamérica y Europa (Agrios, 2005). Otro ejemplo de estas relaciones es el coleóptero *Ips typographus* con el hongo *Ceratocystis polonica*. El insecto es el más importante de los que colonizan y destruyen a los abetos Europeos. Por su parte, *C. polonica* es un hongo virulento que por si mismo, sin la presencia del insecto, puede matar a los abetos. En México, Marmolejo (1989) identificó a *Ophiostoma conicolum* aislado a partir de *Pinus cembroides* y transmitido por el insecto *Conophthorus cembroides*. Marmolejo (1991) investigó los hongos que manchan la madera aserrada de ocho distintas especies de árboles en los bosques de Nuevo León. El aisló y describió 25 especies de hongos encontrando que *Ophiostoma piliferum* fue el hongo que causa manchado de la madera más frecuente e importante de la madera aserrada. Con menos frecuencia identificó a *O. ips*, *O. minus*, *O. piceae* y *O. pluriannulata*. Por otra parte, Marmolejo y Butin (1990) reportaron la presencia de

nuevas especies de hongos Ophiostomatoides en México. Describieron la presencia de *Ophiostoma abietinum* en *Abies vejari* atacadas por *Pseudohylesinus*; también a *O. conicolum* en conos de *Pinus cembroides* infestados con *Conophthorus cembroides*; y a *Ceratocystiopsis collifera* obtenido de corteza de *Pinus teocote* atacado por *Dendroctonus valens*.

En otro trabajo Marmolejo y García (1993) reportaron la presencia de *O. minus* aislado a partir de *Pinus arizonica* y de *O. piliferum* a partir de *P. hartwegii*. Pérez et al. (2009), identificaron la presencia de *O. ips* y su anomorfo *Graphilbum* sp. en las galerías que realiza el insecto descortezador, *D. adjunctus*, en el “pino de las alturas” (*Pinus hartwegii* Lindl) en el estado de Puebla. La identificación la realizaron morfológicamente y aplicando la técnica de PCR. Zhou, et al. (2004), realizaron aislamientos de hongos a partir de las galerías de *Dendroctonus mexicanus* infestando *Pinus pseudostrobus* muertos, y de *Ips calligraphus* infestando árboles de *P. maximinoi* muertos. Ellos aislaron e identificaron seis especies de ophiostomatoides asociados a las galerías. Estas especies fueron *Ceratocystiopsis minuta*, *Ophiostoma pluriannulatum*, una especie similar a *O. galeiformis*, dos especies de *Sporothrix* spp., que no pudieron ser identificadas a nivel de especie, una nueva especie similar a *O. adjuncti*, *O. ips* y *O. montium*, que ellos nombraron como *O. pulvinisporum* sp. nov. Harrington (2007), señala que las especies del género *Ceratocystis* son transmitidas por dípteros como *Drosophila* e insectos nitidúlidos, mismos que se alimentan del micelio. Estos insectos son atraídos por el agradable olor, a plátano, que desprende el micelio del hongo. Sin embargo, este investigador señala que las especies de *Ceratocystis* no tienen vectores específicos. Por ejemplo, *C. moniliformis*, causante del manchado de la madera de varios árboles, fue aislado de coleópteros de ambrosia y otras familias de coleópteros. Los hongos *C. variolorata* y *C. populicola*, causantes de cancrósis de almendros y álamos, respectivamente, se han asociado a insectos nitidúlidos. De igual manera, varios insectos nitidúlidos se han presentado como vectores de *C. paradoxa* que afecta a diversos árboles y varias especies de palmas como la palma de coco.

En árboles de encinos (*Quercus* spp.), Zhou, et al., (2004) señalan que el hongo *O. pluriannulatum*, causante del manchado azul de la madera de *Quercus borealis* en los Estados Unidos de América (EE. UU.), se encuentra asociado a varios insectos a través del hemisferio norte, incluyendo a México. Además, señalan que este fitopatógeno también afecta a *Pinus pseudostrobus*. En el centro del estado de Texas, en este mismo país, Appel (2007), señala que la marchitez de los encinos, causado por *Ceratocystis fagacearum*, es una enfermedad que sigue siendo un problema grave. Explican que los principales vectores de este hongo son los coleópteros nitidulidos (Coleoptera: Nitidulidae) que se alimentan de la savia de los árboles y que tienen una dispersión referida como de larga distancia. Finalmente, señalan que la relación entre el hongo e insecto no es simple y que probablemente esta sea la razón por la que esta enfermedad no se haya expandido a otros estados de la EE. UU. Por otra parte, se señala que Przybyl (2006), trabajando en el manchado de la madera en árboles de *Quercus robur* aisló un total de 31 especies de hongos, entre los cuales encontró a los hongos Ophiostomatoides *Chalara* sp., *Ophiostoma quercus* (Münch) H. et P. Sydow y *Sporothrix* sp.

Belhoucine et al. (2011), realizaron el aislamiento de los hongos de insecto *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Curculionidae, Platypodidae) que afecta a encinos en Argelia, África. Los aislamientos los realizaron a partir de las galerías que construye el insecto, de su micangia y del intestino. Aislaron un total de 42 especies de hongos ambrosiales entre los cuales se encuentran hongos Ophiostomatoides, hongos entomopatógenos, saprófitos y hongos fitopatógenos que afectan a los encinos. Por su parte, Kinuura (2002), realizó aislamientos de hongos a partir de micangia de hembras adultas y del proventrículo de adultos de ambos sexos del coleóptero *Platypus quercivorus*. Los hongos aislados de la micangia de las hembras fueron *Raffaella*, levaduras (principalmente *Candida* spp.) y otras especies. Los resultados de su investigación sugieren que los insectos adquieren al hongo *Raffaella* y las levaduras en su micangia a partir de las cámaras de incubación inmediatamente después de la eclosión de los huevecillos y emergencia de las larvas. Luego, ellos

transmiten a los hongos de las galerías viejas a las nuevas mediante las micangia y posiblemente por el sistema digestivo.

Jankowiak (2008), en encinares de tres localidades de Polonia, trabajó aislando los hongos de las lesiones de bellotas dañadas por larvas y adultos de los insectos *Curculio glandium* Marsh. y *Kenneliola* spp., A partir de bellotas colectadas en el suelo y afectadas por *C. glandium* aisló a *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., y de las bellotas colonizadas por *Kenneliola* spp., aisló levaduras y a *A. alternata*. De las bellotas adheridas al árbol aisló con mayor frecuencia a *A. alternata*, *Lecythophora* sp., *Pezicula cinnamomea* (DC.) Sacc., *Aspergillus* y a varias especies de *Cladosporium*, mientras que de las bellotas en el suelo fueron colonizadas por *Ciboria batschiana* (Zopf) N.F. Buchw. y especies de *Penicillium* y *Fusarium*. Los hongos que con mayor frecuencia aisló de las larvas de *Cglandium* fueron: *Fusarium sporotrichioides* Sherb., *F. stilboides* Wollenw., *Penicillium* spp. y *Pestalotia clavispora* Atk., y de larvas de *Kenneliola* spp. fueron: *A. alternata*, *F. sporotrichioides*, *Penicillium* spp. y *P. clavispora*. Tibery et al. (2016), realizaron una revisión sobre el declinamiento de los encinos de corcho (*Quercus suber* L.) que mata miles de árboles en varios países que limitan con el mar Mediterraneo. Ellos encontraron que el mal manejo y las condiciones climáticas desfavorables propician que estos encinos sean susceptibles y sean destruidos por plagas y enfermedades. También, señalaron que *Platypus cylindrus*, coleóptero ambrosia caracterizado por ser xylomycetofagous, transporta al agente causal del cancro carbonoso de los encinos, *Biscogniauxia mediterránea*. Además, señalaron que el insecto succionador de savia *Kermes vermilio* Planchon, se considera posible vector del hongo fitopatógeno *Diplodia mutila* Fr. apud Mont.

Respecto a los hongos endófitos, en Italia, Panzavolta et al. (2017), investigando la relación de hongos con insectos plaga que causan el declinamiento de encinos (*Quercus pubescens* Willd., *Quercus cerris* L., *Quercus suber* L. y *Quercus ilex* L.), aislaron, de árboles dañados, a los hongos *Botryosphaeria dothidea*, *Diplodia corticola*, *Diplodia seriata*, *Dothiorella sarmentorum* y *Neofusicoccum parvum*.

También, aislaron propágulos de esos hongos de cinco insectos, dos de los cuales (*Cerambyx welensii* y *Coraebus fasciatus*) son las principales plagas de los encinos. Por su parte, Gaylord et al. (1996), estudiaron la relación de hongos endofíticos de hojas de encino con la mariposa (*Phyllonorycter* sp.) minadora. Los estudios los realizaron en los encinos híbridos de la cruce de *Quercus grisea* x *Q. gambelii*. Ellos encontraron que la frecuencia de la mariposa y del hongo *Gnomonia cerastis* fueron menores en la descendencia que genéticamente se parecía a *Q. grisea* e incrementaba a la descendencia que se parecía a *Q. gambelii*. Investigando la interacción de hongos endofitos en hojas de *Quercus rubur* L. Butin (1992), encontró que estos hongos, normalmente en dormancia, son estimulados a que desarrollen una actividad fitopatogénica por la actividad de alimentación realizado por insectos que forman agallas. Derivado de lo anterior el tejido es destruido por el hongo endófito y, con ello, la agalla también es destruida. El señala que la relación antagónica anteriormente señalada se ilustra en los siguientes tres ejemplos: *Kabatiella apocrypta* / *Trioza remota*, *Gloeosporium quercinum* / *Neuroterus numismalis* y *Dichomera saubinetii* / *Polystepha panteli*.

Recientemente, en los encinos rojos (*Q. eduardii*) de la Sierra Fría de Aguascalientes, se encontraron ampollas, al parecer causadas por insectos, y sobre el tejido foliar ampollado, se observó el crecimiento de diferentes hongos, que podrían estar asociados a los insectos, motivo de este trabajo.

2.3.4 Ampollas foliares y agallas

Las agallas que las avispas provocan en los encinos son bastante complejas, ya que presentan variaciones en forma y color, aunque mayormente se presentan esféricas, ovales, cilíndricas etc.; en raras ocasiones se observan como simples celdillas larvales en tallos o frutos, sin ocasionar más que pequeñas deformaciones o hipertrofias. Generalmente, pueden ser separadas de la planta sin dificultad alguna. En las agallas también podemos encontrar variaciones en su superficie, por ejemplo,

podemos descubrirlas con pilosidad o protegidas por sustancias pegajosas (Cibrián, 2017).

La presencia de agallas no es uniforme, ya que se llegan a observar encinos con abundante predominio de estas, mientras que, en los encinos cercanos, aun siendo de la misma especie, se presenta menor o nula incidencia de agallas. Para este hecho aún no se cuenta con explicación. Respecto a los síntomas iniciales que se desarrollan en las hojas al ser ovipositado por el insecto se puede mencionar que estas presentan un punto que va de color beige a amarillento, posteriormente, la zona afectada va aumentando de tamaño y al final presenta un halo de color café oscuro, sus formas son variadas (Cibrián, 2017).

2.4 Epidemiología y métodos para estimar incidencia y severidad de los problemas fitosanitarios en bosques

Se menciona que hay una epidemia (o epifitía), en las plantas cultivadas o silvestres, cuando una enfermedad se dispersa ampliamente afectando a muchas plantas en un área grande durante un período de tiempo corto. Por lo tanto, una epidemia se puede definir como la dinámica del cambio de una enfermedad, en las plantas, en tiempo y espacio. La epidemiología (epifitología) es el estudio completo de una epidemia y los factores que influyen en ellas. La epidemiología es realizar un análisis de la interacción de los tres constituyentes del triángulo de una enfermedad, el hospedante (las plantas cultivadas o silvestres), el fitopatógeno y el medio ambiente, considerando también al tiempo. Respecto al medio ambiente, la temperatura y la humedad (en forma de lluvia, rocío, o alta humedad relativa) son dos factores importantes en una epifitía. Sin embargo, también hay que considerar la intensidad y dirección del viento, la presencia o no de insectos vectores, la influencia del hombre, entre otros (Jones, 1998; Agrios, 2005).

2.4.1 Métodos para detección

Monitoreo terrestre. Este es el proceso sistemático y periódico de evaluación mediante recorridos en campo en una o más rutas preestablecidas, para determinar la presencia o ausencia de plagas y enfermedades forestales, así como identificar cambios en el ecosistema que faciliten su incidencia o bien detectar la existencia de ellas (Agrios, 2005; Jones, 1998).

Medios de detección especializados. Los recientes avances tecnológicos han proporcionado nuevas herramientas que constituyen una promesa considerable para la detección precoz de las plagas de insectos y enfermedades forestales y una estimación más aproximada de su status. Algunos de ellos son: sensores remotos, fotografía aérea, rastreadores multiespectrales, radar, uso de drones satélites orbitales.

Métodos directos de evaluación. La incidencia se define como el porcentaje o número de plantas enfermas. Mientras que la severidad es el porcentaje de área de tejidos cubierta con los síntomas, esto es más apropiado para la medición de las enfermedades foliares, siempre se establece la fase de desarrollo del cultivo y órgano de la planta en la muestra.

Cuantificar la severidad puede llegar a ser una tarea algo complicada, ya que se debe medir la longitud y el ancho de todas las lesiones, lo que en ocasiones es muy poco práctico. Este tipo de problemas se pueden evitar haciendo uso de claves descriptiva, escalas diagramáticas, análisis de imágenes de vídeo y con el uso de programas de computador (Agrios, 2005; Jones, 1998).

- Claves descriptivas
Estas utilizan escalas con un número de grados para cuantificación de las enfermedades (Tabla 4):

Tabla 4. Clave descriptiva para la evaluación de *Leptosphaeria maculans* (= *Phoma lingam*) en plántulas de brócoli y coliflor (Moreno et al., 2001).

Severidad	Grado de intensidad de la enfermedad
0	Sin síntomas de la enfermedad
1	≤ 50 % del área del cotiledón lesionada
2	> 50% del área del cotiledón lesionada
3	>50% del área del cotiledón lesionada y peciolo color negro
4	>50% del área del cotiledón lesionada, peciolo y tallo negro
5	Plántula muerta.

- Escalas diagramáticas

Son representaciones ilustradas de un número de plantas o partes de plantas con diferentes niveles de severidad, es la herramienta que se utiliza principalmente para la evaluación de la severidad en muchas enfermedades.

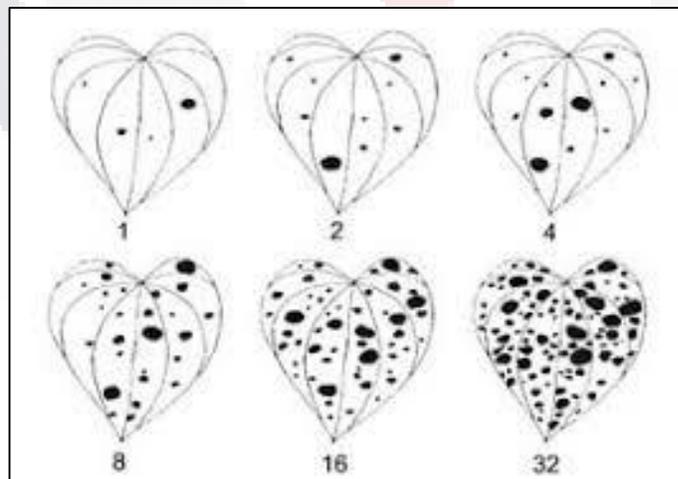


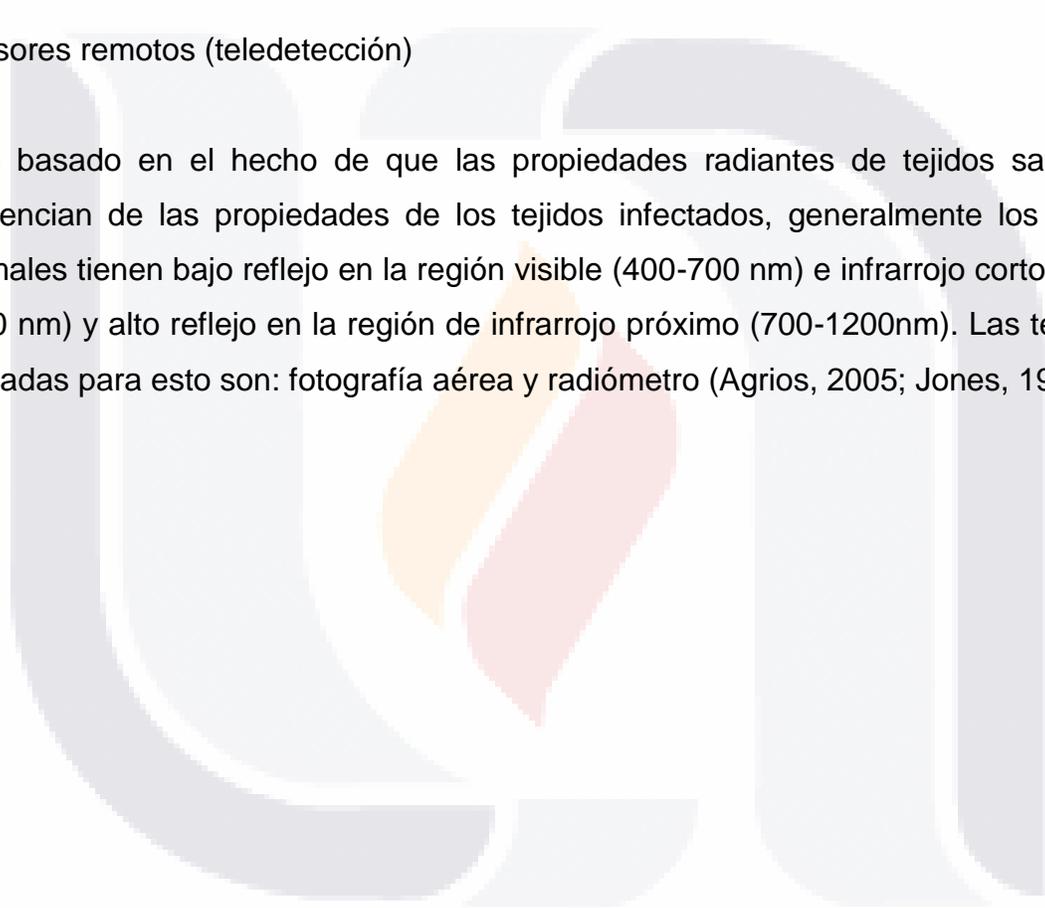
Figura 9. Ejemplo de una escala diagramática usada para evaluar la severidad de la mancha foliar del hongo *Curvularia eragrostidis* (Michereff, 1998).

- Análisis de imágenes en computador

Este es un método no subjetivo, de elevada precisión. Presenta algunos inconvenientes tales como: las muestras son destruidas, puede ocurrir deformación de la muestra durante el transporte, se utiliza sólo para enfermedades en las que el tejido lesionado hace un fuerte contraste con tejidos sanos.

- Sensores remotos (teledetección)

Está basado en el hecho de que las propiedades radiantes de tejidos sanos se diferencian de las propiedades de los tejidos infectados, generalmente los tejidos normales tienen bajo reflejo en la región visible (400-700 nm) e infrarrojo corto (1200-2400 nm) y alto reflejo en la región de infrarrojo próximo (700-1200nm). Las técnicas utilizadas para esto son: fotografía aérea y radiómetro (Agrios, 2005; Jones, 1998).



3. JUSTIFICACIÓN

Los encinos son árboles forestales muy importantes por los productos maderables, no maderables y servicios ambientales que brindan al hombre. Por lo que, cualquier plaga o enfermedad que pueda tener efectos adversos en ellos, debe ser monitoreada y tener seguimiento. Este trabajo es importante ya que se identificaron insectos y hongos asociados a las ampollas foliares de encino *Q. eduardii*, en Sierra Fría Aguascalientes. Se han observado algunos insectos parasitoides que pudieran utilizarse en un manejo de insectos plaga (Butin, 1992; Protasov et al., 2007). Respecto a los hongos, de igual manera estos podrían ser especies de hongos endófitos nuevos que podrían ser utilizados en el manejo biológico de plagas y enfermedades que afectan a los encinos y otros árboles forestales (Shikano et al., 2017). Con lo anterior, se estará aportando conocimiento nuevo, ya que este tipo de lesiones en las que se presentan los insectos y hongos asociados, no han sido investigados en Aguascalientes. Además, este conocimiento puede servirnos para generar información que ayude a conocer si este tipo de ampollas puede llegar a ocasionar problemas graves en *Q. eduardii* bajo condiciones que favorezcan a los insectos causantes. También, lo anterior se señala en razón a que hay muchas plagas por insectos destructores de diversos árboles forestales y encinos en México. Por ejemplo, en algunos estados de nuestro país, como Hidalgo y estados vecinos, la especie *Andricus quercuslaurinus* ocasiona destrucción árboles de *Q. laurina* y *Q. affinis*, desencadenando que el paisaje se vea modificado con la sucesión de otras especies de árboles como pinos y cedros (*Pinus patula* y *Cupressus benthamii*) (Cibrián, 2017).

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1 HIPÓTESIS

- 4.1.1. Los insectos asociados a las ampollas de las hojas de *Quercus eduardii* pertenecen a la familia Cynipidae.
- 4.1.2. Los hongos asociados a las ampollas son hongos ascomicetos.
- 4.1.3. Los insectos de la familia Cynipidae son los causantes principales de las ampollas y los hongos participan en una etapa secundaria.

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar a los insectos y hongos asociados a las ampollas en las hojas de *Quercus eduardii*, en la Sierra Fría de Aguascalientes, México.

4.2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1.1.1 Identificar a nivel de género y/o especie los insectos asociados en las ampollas en hojas de *Quercus eduardii* en la Sierra Fría de Aguascalientes, México.
- 4.2.1.1.2 Identificar a nivel de género y/o especie los hongos asociados en las ampollas en hojas de *Quercus eduardii* en la Sierra Fría de Aguascalientes, México.
- 4.2.1.1.3 Determinar la distribución geográfica, y estimar la incidencia y severidad de las ampollas en *Quercus eduardii* en la Sierra Fría de Aguascalientes, México.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

Este trabajo se realizó en la Sierra Fría del estado de Aguascalientes (Figura 4), ubicada en las coordenadas Latitud N: 21° 52' 45" a 23° 31' 17" y Longitud W: 102° 22' 44" a 102° 50' 53". Las áreas de interés fueron aquellas en las que se encuentra la especie de estudio, *Quercus eduardii*, distribuida en los municipios de Aguascalientes, Calvillo, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos y San José de Gracia.

5.2 Captura e identificación de los insectos asociados a las ampollas

5.2.1 Recolección de muestras foliares

La recolección de follaje con ampollas se realizó dentro de los municipios donde se distribuye *Q. eduardii*. Se ubicaron diez sitios, los cuales fueron georreferenciados y visitados al menos una vez por mes, para hacer un seguimiento del desarrollo de las ampollas y de los insectos y hongos relacionados. En cada lugar se seleccionaron 10 árboles de los cuales se tomaron de 20 a 50 hojas, las cuales debían presentar las siguientes características: 1) Ser de *Q. eduardii*, 2) Tener síntomas de ampollas (Figura 10). Las muestras fueron depositadas en bolsas de plástico limpias, marcadas con fecha y ubicación de cada sitio. Las bolsas con las muestras se guardaron en una hielera y se transportaron al Laboratorio de Microbiología de la UAA, donde se guardaron en refrigeración.

Trampas para insectos. Con la finalidad de capturar a insectos adultos que emergieran de hojas con ampollas, se utilizaron botes de plástico (9 botes), de 1 L., al que se le colocó tul blanco (orificios de ½ mm), pegado con silicón, en la base de los botes de plástico, previamente cortado y eliminado (Figura 11).



Figura 10. Síntomas (ampollas) que presentan las hojas de *Quercus eduardii*, en la Sierra Fría de Aguascalientes.



Figura 11. Fotografía de una trampa con hojarasca de *Quercus eduardii* recolectada en Laguna Seca, San José de Gracia, Ags.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Las muestras de hojas se colocaron en su interior y los frascos se colocaron entre las plantas de macetas bajo la sombra de un techo de una cochera de autos, para mantenerlas en condiciones similares a su hábitat natural. Las trampas se revisaron cada 3 días para verificar si había emergido algún insecto.

5.2.2. Identificación de los insectos

Con el auxilio de agujas de disección y un microscopio estereoscópico, las ampollas fueron diseccionadas para observar la presencia de las diferentes fases del ciclo de vida de los insectos (larva, pupa y adulto) encontrados en su interior. Los especímenes encontrados fueron colocados en tubos Eppendorf con alcohol al 70 % para su preservación y posterior identificación. Las primeras aproximaciones de identificación se realizaron en el Laboratorio de microbiología de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, identificando principalmente al orden Hymenoptera y la familia Eulophidae. Para corroborar y ampliar la identificación se realizó una estancia (11 de octubre al 16 de noviembre de 2019) con el Dr. Juli Pujade-Villar, del Departamento de Biología Evolutiva, Ecología y Ciencias Ambientales de la Universidad de Barcelona, España, quien es especialista en insectos que causan agallas en árboles forestales.

Las características a considerar para las larvas encontradas fueron: presencia de patas torácicas y que estuvieran segmentadas, cuerpo con setas, no presenta patas rudimentarias, cuerpo cilíndrico y frente extendida hasta el vertex (triángulo vertical). Para las familias y géneros de Hymenoptera, entre otras características, se estudió el tipo de venación (vena submarginal, estigmal, marginal y postmarginal). En la cabeza se revisó la posición de las antenas y ocelos. En las antenas el total de segmentos debe ser no mayor a 13. En las patas se revisó que los tarsos presentaran 4 segmentos, así como un espolón corto y recto. También, se utilizó el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) para la identificación de los insectos (Figuras 12 y 13).



Figura 12. Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) que se utilizó en este trabajo.

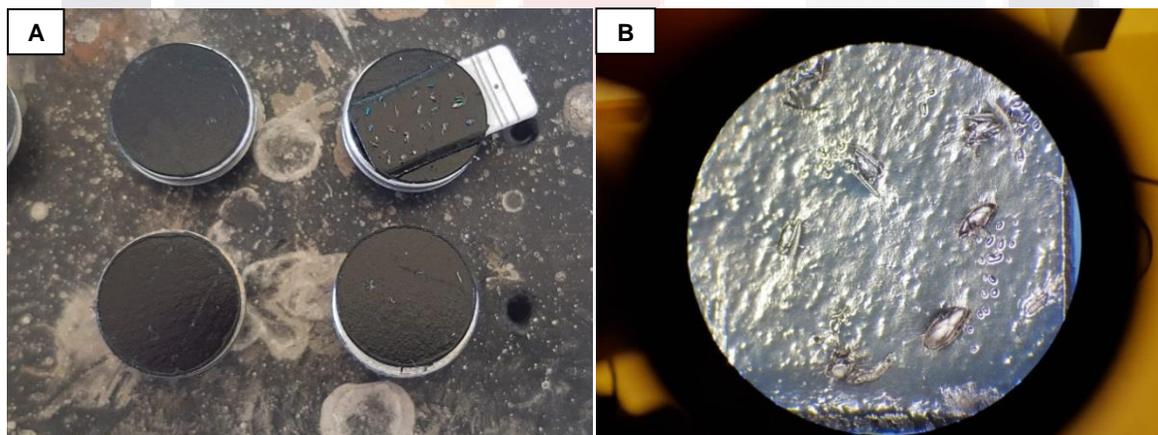


Figura 13. Porta-muestras usados en el MEB. A) Insectos fijados al portamuestras. B) Los mismos insectos cubiertos de oro.

Para esto, se realizó la disección de alas, patas, ovipositor, cabeza, entre otras partes. Las partes disectadas se colocaron sobre un porta-muestras usando una cinta doble adhesiva de cobre (o carbón) y se recubrieron con oro durante 4 min. en una ionizadora JFC-1100® (JEOL LTD, Tokio, Japón). Las muestras se observaron en un microscopio electrónico de barrido JSM-35C® (JEOL LTD, Tokio, Japón), en el laboratorio de Microscopia Electrónica del Departamento de Biología, de la Universidad de Barcelona (Dykstra y Reuss, 2003).

La identificación se realizó mediante el uso de la bibliografía especializada en las Familias Coleophoridae, Tormyidae, Eurytomidae y Eulophidae de los insectos aquí reportados (Chun y Cutkomp, 1992; Noyes, 2019; Boucek, 1988; Goulet y Huber, 1993; Ribes-Escolà, 2007-2012; Bugbee, 1967; Fernández y Sharkey, 2006; Fursov et al., 2019; Zerova y Seryogina, 2009).

5.3 Aislamiento e identificación de los hongos asociados a las ampollas

5.3.1 Aislamiento monospórico de hongos

Respecto a las ampollas que presentaron cuerpos fructíferos de hongos con esporas, con el auxilio de una navaja de afeitar, las ampollas fueron cortadas en secciones del tejido (4 x 4 mm). Se colocaron 10 a 20 de estas secciones en un tubo de ensayo con 1 ml de agua destilada estéril, durante 30 min., con la finalidad de que las esporas difundieran en el agua. Luego, con un asa bacteriológica estéril, se tomaron muestras de la suspensión y se realizó un estriado en cajas Petri con el medio de cultivo extracto de malta agar (EMA, Agar 20.0 g, Dextrosa 10.0 g, extracto de levadura 3.0 g, extracto de malta 3.0 g, Peptona 5.0 g por cada litro de agua destilada), al que se le añadieron los antibióticos estreptomina o cloranfenicol, a una concentración de 300-500 mg/l. Las cajas sembradas fueron incubadas a 20-25 °C por 12-24 hrs. Transcurrido ese lapso, con el auxilio de un microscopio estereoscópico, en condiciones asépticas, se observaron las esporas recién

germinadas, mismas que fueron tomadas con una aguja de insulina estéril, para ser sembradas en el medio EMA e incubados a una temperatura de 20-25 °C por 5-15 días (Figura 14). También, se estudiaron las características de cultivo de los hongos aislados (Agrios, 2005; Braun et al., 2018; Harrington y McNew, 2018).

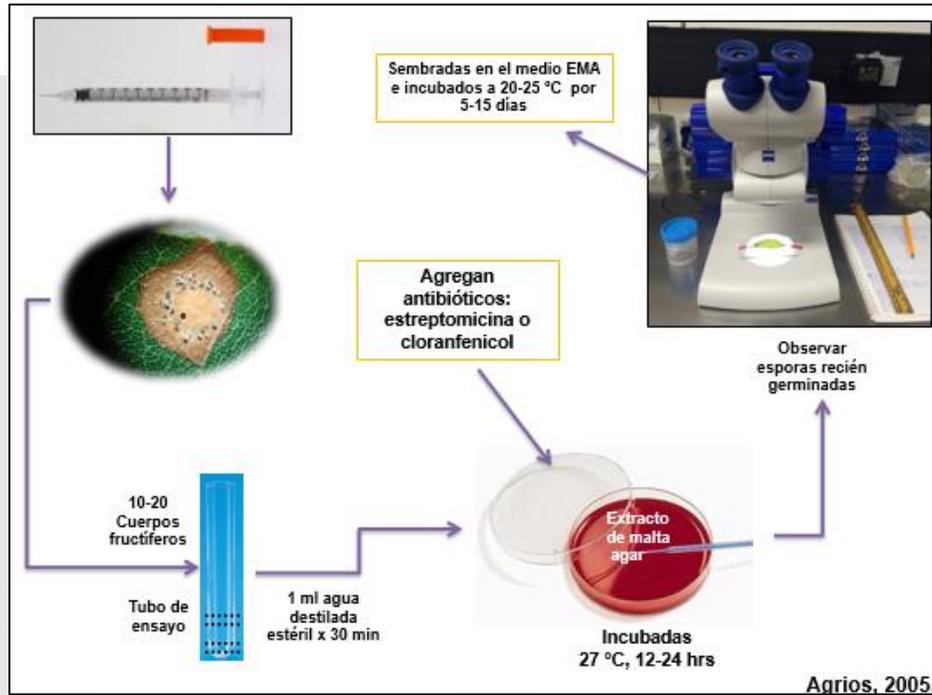


Figura 14. Metodología para realizar el aislamiento monospórico de hongo

5.3.2 Identificación de hongos mediante la elaboración de preparaciones semipermanentes

Con el auxilio de un microscopio estereoscópico se revisó, sobre el tejido de las ampollas, la presencia de estructuras fúngicas. Posteriormente, con una navaja de afeitar, se realizaron cortes histológicos de las ampollas precisamente en dónde se encontraron las estructuras fúngicas. Las secciones cortadas se colocaron entre porta y cubreobjetos con azul de algodón y lactofenol. Posteriormente, se calentaron

con la flama de un mechero Bunsen, para eliminar las burbujas de aire y aclarar los tejidos vegetales y fungosos. Se tomaron fotografías de las estructuras fúngicas. La identificación se realizó mediante un estudio morfométrico de los hongos encontrados, mismos que fueron comparados con lo reportado en la bibliografía especializada (Barnet y Hunter, 1999; Braun et al. 2018; Cibrián et al., 2007; Gruyter, 2012; Harrington y McNew, 2018; Herrera y Ulloa, 1990; Nag Rag.1993; Romero, 1996; Tanaka et al., 2011).

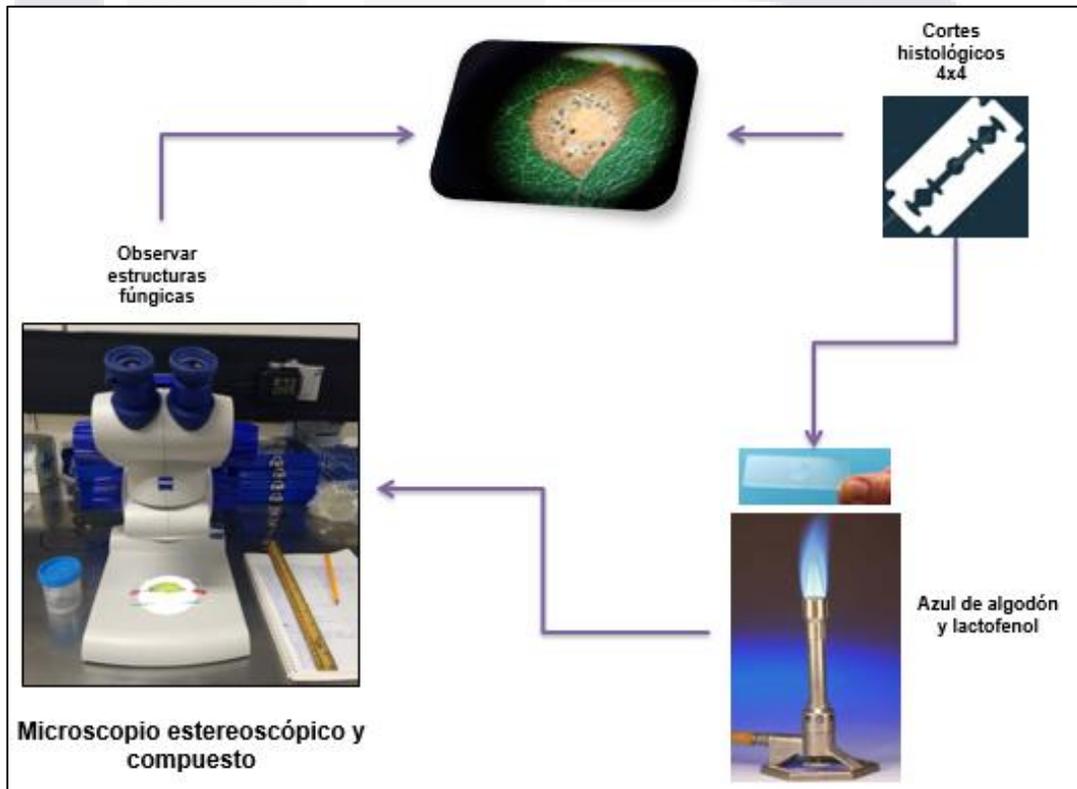


Figura 15. Se esquematiza la metodología de elaboración preparaciones semipermanentes e identificación de hongos con ayuda del microscopio estereoscópico.

5.4 Distribución y epidemiología de las ampollas y hongos asociados

Se realizaron viajes de estudio a diferentes sitios en la Sierra Fría de Aguascalientes. En cada uno de los sitios visitados, mismos que fueron georreferenciados, se realizó un transecto de dimensiones variables (Mostacedo-Fredericksen, 2000) en una dirección determinada al azar, que incluyó 10 árboles de *Q. eduardii*. En cada uno de los árboles se revisaron 2,000 hojas para detectar la presencia de las ampollas y hongos asociados, La distribución se obtuvo con base a la presencia, o no, de las ampollas en cada uno de los sitios visitados. También, se estudió y registró la incidencia y severidad de las ampollas y hongos asociados en cada uno de los sitios visitados.

5.4.1 Epidemiología

Para estudiar la epidemiología se necesita conocer y registrar, periódicamente, la incidencia y severidad de las ampollas y relacionarla con la precipitación pluvial y temperatura media de cada uno de los sitios en estudio. Para cumplir este objetivo se seleccionaron 4 sitios, en la Sierra Fría, San José de Gracia, Aguascalientes, los cuales fueron visitados mensualmente durante 2018 y 2019. Los sitios fueron: A) Peñón Blanco (22° 10' 12" N y 102° 31' 13" O), B) Las manzanillas (22° 11' 31.1" N y 102° 36' 48.8" O), C) Laguna Seca (N 22° 10' 40" 102° 38' 36.6" O) y D) La Ciénega (N 22° 08' 54" y 102° 39.4' 42" O). Los datos meteorológicos (temperatura y precipitación pluvial) para el año 2018 fueron tomados de la estación meteorológica situada en Los Alamitos, San José de Gracia, Ags., y para el año 2019 fueron tomados de la estación meteorológica de Rancho Piletas, del mismo municipio. La estimación de la incidencia y de severidad de las ampollas y hongos asociados se basó en la revisión de 250 hojas, a una altura de 1.0 a 3.0 metros, de cada uno de los 10 árboles de *Q. eduardii*, en cada uno de los cuatro puntos cardinales, dando un total de 1,000 hojas evaluadas por árbol y 10,000 hojas por sitio señalado anteriormente. La incidencia se obtuvo como resultado de la presencia o no de las ampollas en las hojas de los árboles, mismo que fue expresado en porcentaje. La

severidad de las ampollas y hongos asociados se basó en la estimación del porcentaje de tejido afectado en las hojas utilizando una carta pictórica para la roya *Gymnosporangium-juniperi.virginiane*, en hojas de manzano (Figura 16). Esta carta pictórica se utilizó en razón a la similitud de hojas de *Q. eduardii* con las del manzano y a que las manchas foliares causadas por hongos en el manzano son parecidas a las ampollas presentes en hojas de encinos (Kelman et al., 1967).

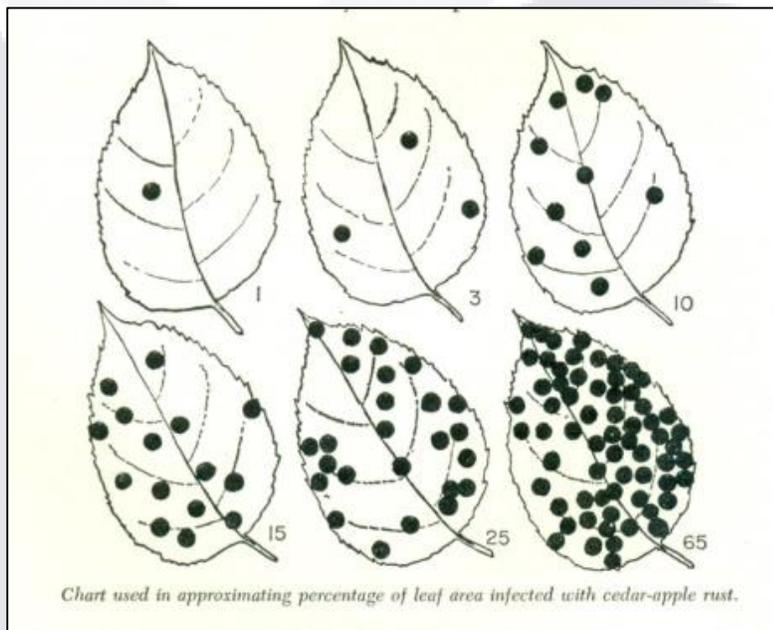


Figura 16. Clave pictórica usada para determinar el porcentaje de tejido dañado por la roya en manzano (Kelman et al., 1967).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6. 1 Ampollas foliares. Descripción de las lesiones

Esta descripción se realizó con el análisis de 1,238 hojas en las cuales la lesión presento las siguientes características: las lesiones varían de forma ya que pueden ser circulares, ovales, elípticas hasta irregulares delimitadas por las nervaduras de las hojas; de 1 mm de diámetro hasta 3 x 10 mm; se encuentran en el haz de la hoja, aunque también se puede observar por el envés de acuerdo a la fase de desarrollo del insecto. Al tacto las ampollas se sintieron como un leve abultamiento, que no llega a causar deformaciones vistosas a la hoja (Figura 17). Al inició son de color verde claro, luego verde amarillento y, finalmente, de color pardo al morir los tejidos.



Figura 17. Ampollas en hojas de *Quercus eduardii* vistas por el haz. En algunas de las ampollas se puede observar orificios de emergencia.

Las lesiones pueden estar rodeadas por un borde de color claro, que va cambiando a tonos que van desde el amarillo a café oscuros. El número de lesiones varió de 1 a 10 por hoja. Pueden observarse o no orificios de emergencia, dependiendo del desarrollo de los insectos en el interior. Cuando se observan, puede haber uno o varios de estos orificios por ampolla.

6.2 Insectos encontrados en el interior de las ampollas de hojas de *Q. eduardii*

6.2.1 Larvas de la Familia Coleophoridae

En el interior de las ampollas de hojas de *Q. eduardii* se encontraron dos órdenes de insectos: Lepidoptera e Hymenoptera. Dentro del primero se encontró larvas que correspondieron a la familia Coleophoridae (Figura 18 A y B), las cuales se caracterizan por presentar patas torácicas, segmentadas, cuerpo solamente con setas, no tiene patas rudimentarias, frente extendida hacia el vertex (triángulo vertical, (Figura 18 C), cuerpo usualmente cilíndrico (Figura 18 D), especies pequeñas (Chun y Cutkomp, 1992). Si bien esta familia fue encontrada, su presencia fue rara, pues solo estuvo presente en 12 hojas de las muestras revisadas. También, se encontraron cerca de 500 larvas, de color verde azulado, en el interior de cerca de 115 hojas con ampollas. Desafortunadamente, estas larvas no pudieron ser identificadas.

La familia Coleophoridae está formada por más de 1,200 especies. Incluidas en 12 géneros. Estos son mariposas pequeñas (5 a 26 mm) de alas estrechas, especialmente las inferiores, cuyas larvas comúnmente de colores claros. Las mariposas neotropicales son de colores castaño gris o blanquecino y no poseen colores vistosos ni irisados. Las larvas se alimentan de diferentes partes vegetativas de las plantas, algunas especies arrollan las hojas, otras forman capullos, otras son barrenadoras, algunas forman agallas y otras son minadoras. Normalmente, la pupación se realiza en el suelo o en la agalla. Muchos de estos organismos se distribuyen en la zona paleártica y neártica. Muchas de las especies se encuentran

en las zonas templadas y semiáridas alrededor de los desiertos (Pastrana, 1963; Frías et al., 1996).

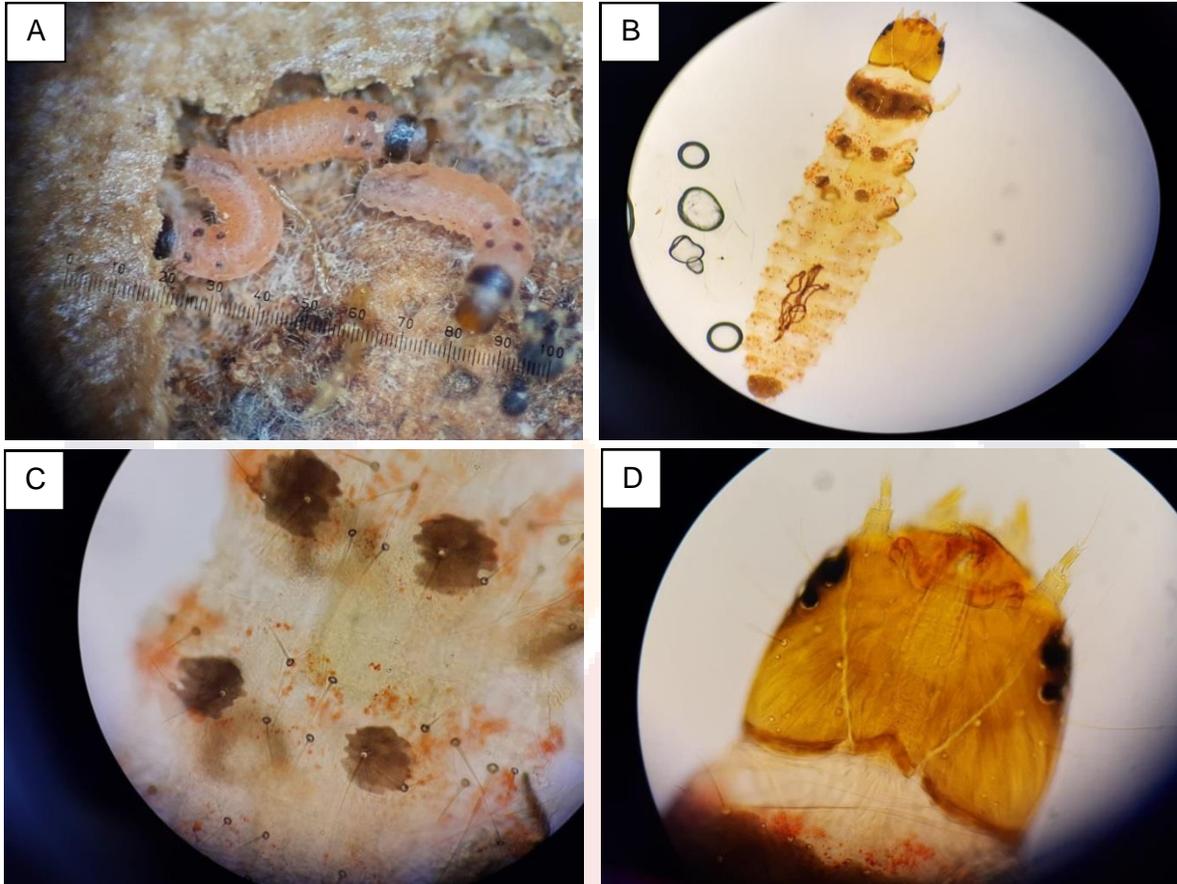


Figura 18. Larvas de la Familia Coleophoridae en el interior de ampollas en hojas de *Q. eduardii* colectadas en Peñon Blanco, San José de Gracia, Ags. A) Reglilla micrométrica = 10 mm. B) Larva (10 X). C) Ampliación de las manchas del dorso de la larva (40 X). D) Ampliación de la cabeza de la larva (40 X).

En árboles de encinos (*Quercus dalechampii*) se ha reportado la presencia de insectos minadores de las hojas tales como *Ectoedemia cerris* *Phyllonorycter mannii* y *P. abrasellus*, en Europa Central, de familias diferentes a la Coleophoridae. En el mismo trabajo, de la familia Coleophoridae, se reportó la presencia de *Coleophora ibipennella*, *Coleophora kuehnella*, *Coleophora lutipennella*, *Coleophora siccifolia*

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

(Kulfan et al. 2013). En hojas de *Q. cerris*, en Eslovaquia, se reportó la presencia de *Coleophora ibipennella* y *Coleophora lutipennella* (Kulfan et al., 2006). Sin embargo, los autores no señalan si estas últimas especies son o no insectos minadores. A estos insectos se les llama minadores ya que elaboran tuneles alimentándose del parénquima interno de las hojas. De esta manera, los insectos tienen alimento y protección en el interior de las hojas dejando un rastro fácilmente visible al ojo del hombre ya que los tuneles son de color verde amarillento, gris o pardo, usualmente en forma de serpentina (Wrzesińska, 2017).

En nuestro estudio, observamos que los síntomas que causan las larvas de la Familia Coleophoridae en las hojas de *Q. eduardii* no son tuneles como los que realizan típicamente la mayoría de las larvas de insectos minadores en cultivos de hortalizas. El insecto recolectado y reportado en este trabajo forma ampollas, esto es, elevaciones de la epidermis de las hojas, en un inicio, similares a las causadas por el hongo *Taphrina caerulescens*, recién reportado afectando las hojas de *Q. eduardii* en la Sierra Fría de Aguascalientes, México (Moreno et al., 2015; Evans et al., 2019). Con respecto al orden Hymenoptera se encontraron especímenes que correspondieron a las familias Torymidae, Eurytomidae y Eulophidae. Los géneros de avispas encontrados e identificados en el interior de las ampollas se detallan a continuación.

6.2.2 *Torymus* Dalman 1820 (Hymenoptera: Torymidae)

Las avispitas encontradas presentaron una cabeza con puente postgenal, antenas con 11 artejos (flagelómeros), con 0 a 4 artejos en forma de anillos y la clava con 3 artejos; tarso con 5 tarsómeros, prepectus relativamente larga con el ángulo ventral extendiéndose a la base de la precoxa; cercus en forma de clavo, originándose del margen posterolateral del tergum 8; el tergum de la hembra dorsalmente corto con el margen posterior claramente emarginado y parcialmente rodeado por un epipigium, más o menos esclerotizado, en forma de una uña setosa; la vaina del ovipositor exertada, usualmente larga (Figuras 19 y 20). Las características anteriormente

señaladas concuerdan con la descripción de varios autores para la Familia Torymidae (Fernández y Sharkey, 2006; Goulet y Huber, 1993). Estos insectos presentan cuerpo pequeño a grande 1 a 7 mm, color metálico, antenas con menos de 13 segmentos normalmente con 1 segmento anular y 7 funiculares, clava apical segmentada, torax con estructura fina, alas con vena estigmal muy corta, con el ápice del uncus casi junto al margen, mesopleuron agrandado, mesepimeron con margen inciso, coxas posteriores agrandadas, femur posterior normalmente sin diente. Este género está constituido por parasitoides de insectos formadores de agallas y la hembra tiene un ovopositor largo (Figuras 19 y 20). Estas características concuerdan por las señaladas por varios autores para el género *Torymus* (Boucek, 1988; Goulet y Huber, 1993; Ribes-Escolà, 2007-2012).

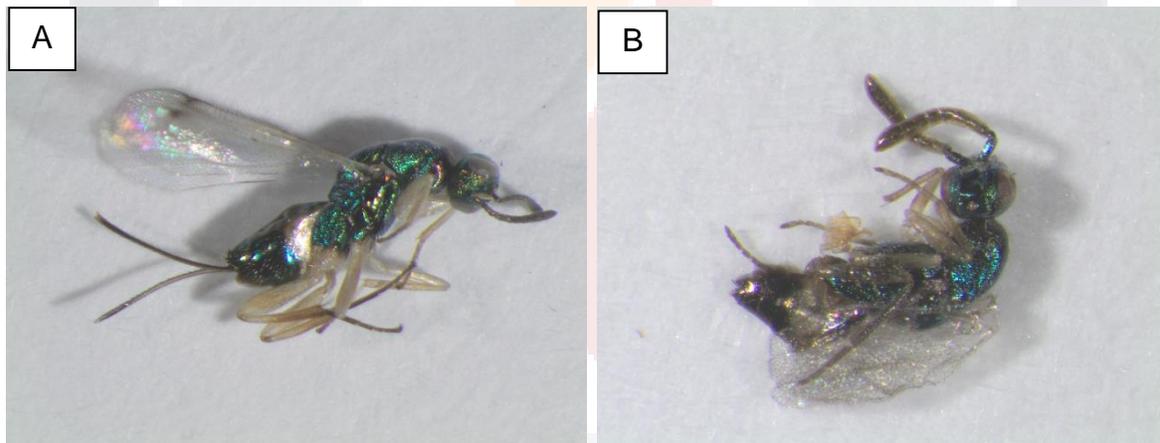


Figura 19. *Torymus* sp. A) Hembra, observe al ovipositor alargado. B) Macho. Estos ejemplares se encontraron en muestras de hojas de *Quercus eduardii* en Peñon Blanco, San José de Gracia, Ags.

En el año de 1820 Dalman describió el género *Torymus* donde incluyó una clave de los primeros machos y hembras conocidas en esos tiempos. Desde entonces otros autores han incrementado los conocimientos de las especies de este género. Ahora, se conoce que estas avispa son uno de los grupos más importantes morfológica y biológicamente.

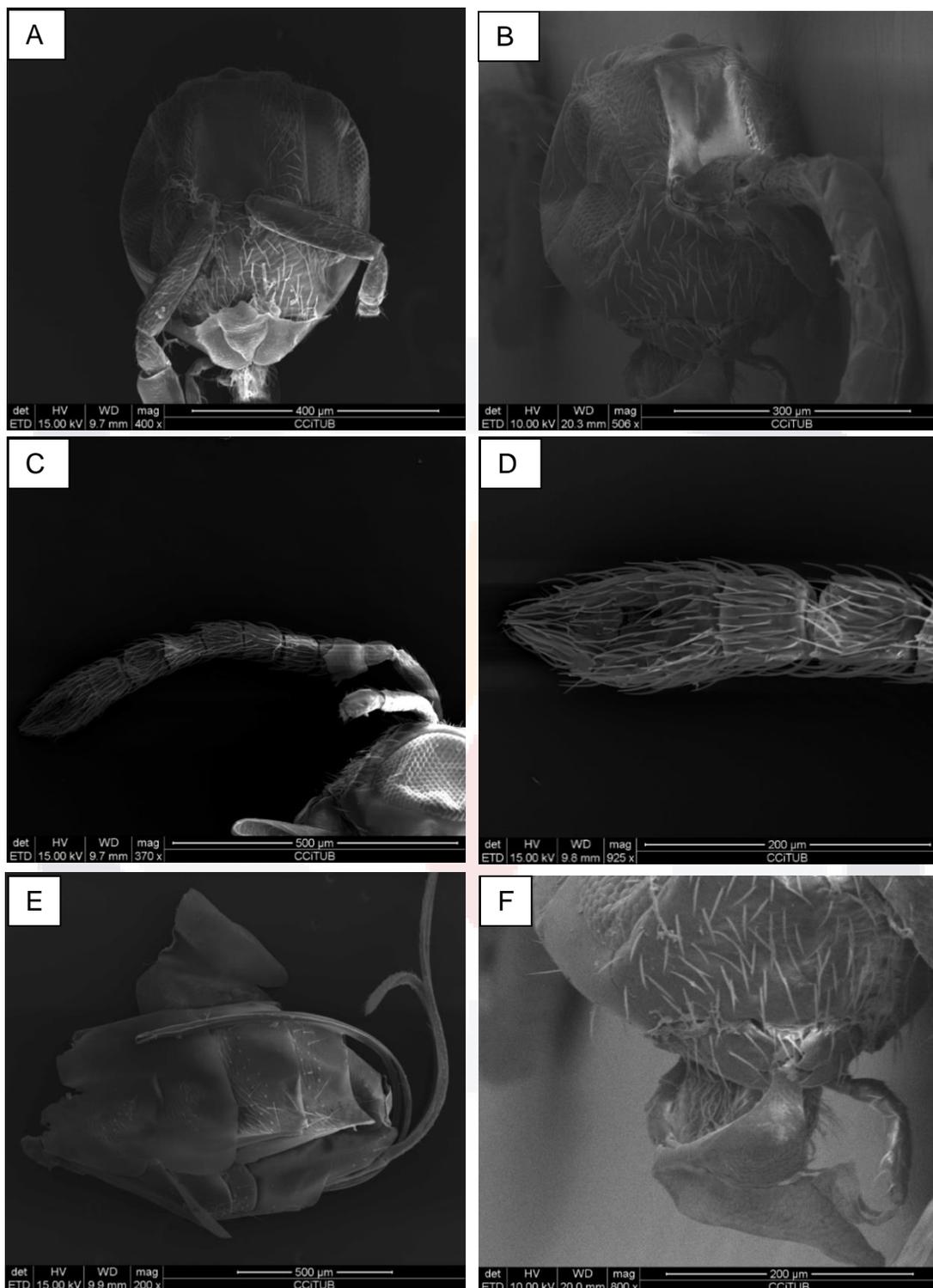


Figura 20. Fotografías de *Torymus* tomadas con el MEB. A) y B) Cabeza de una hembra donde podemos distinguir partes de las antenas. C) Antena de un macho. D) Detalle de la clava del macho. E) Abdomen de una hembra. F) Cabeza de un macho.

Estos insectos comprenden una familia de la superfamilia Chalcidoidea que está formada por insectos pequeños cuyo rango de tamaño varía de 1 a 4 mm, un promedio de 1.4 mm, siendo las más pequeñas de 0.11 mm (*Mymaridae: Dicopomorpha echmepterygis* macho) y las más grandes 4.5 mm. Los adultos de estas avispas pueden ser distinguidas de otras familias por su ovipositor largo, las venas estigmales muy cortas, las placas cercales ligeramente elevadas y papilares y un pecíolo transverso.

Estas avispas tienen colores metálicos llamativos y se han descrito 22,000 especies. Sin embargo, se estima que puede haber más de 500,000 especies siendo esta Superfamilia el grupo de insectos más diverso. Además, se han encontrado y registrado un género fósil con cuatro especies. Esta Superfamilia tiene dos subfamilias: Megastigminae y Toryminae, y aunque algunas especies son fitófagas muchas especies son parasitoides de insectos que forman agallas y son polífagas. Hay especies de la familia Agaonidae que se desarrollan sólo en el higo y otros fitófagos se encuentran en las familias Eurytomidae, Eulophidae, Pteromalidae, Tanaostigmatidae y Torymidae. Muchas especies del género *Torymus* tienen como hospedadores a insectos Cecidomyiidae (moscas de las agallas). También algunas especies son hiperparasitoides, esto es, son parasitoides de otros parasitoides (Graham y Gijswijt, 1998; Lotfalizadeh y Gharali 2005). Como ya se señaló el ovipositor es largo y es usado para perforar agallas u otros tejidos vegetales. Estas avispas atacan a fases inmaduras y adultos, prácticamente de todos los órdenes de insectos, sin embargo, tienen mayor diversificación en parasitar a insectos de Hemiptera y Holometabola. En algunas especies, las hembras depositan huevos directamente en el capullo de la pupa que parasitan. Como resultado del parasitismo el individuo parasitado muere por el desarrollo del parasitoide en su interior. Por lo anterior, muchas avispitas de esta Superfamilia son usadas como agentes control biológico de plagas en la agricultura. A pesar de la importancia que tienen estos insectos, esta Superfamilia es poco conocida debido a su tamaño pequeño y a la dificultad de colectarlos y estudiarlos (Munro et al., 2011; Noyes, 2019).

En agallas formadas por cinípidos en árboles de encinos (*Quercus* spp.), en Gran Bretaña se ha reportado la presencia de *Torymus auratus* Fourcroy, *T. cingulatus* Nees, *T. nigricornis* Boheman, *T. erucarum* Schrank, *T. nobilis* Boheman, *T. amoenus* Boheman y *T. pleuralis* Thomson (Askew, 1965). En Eslovaquia, se reportó la presencia, entre otros parasitoides, a *Torymus auratus* (Geoffroy in Fourcroy), *Torymus flavipes* (Walker), *Torymus formosus* (Walker) y *Torymus geranii* (Walker) en agallas, ocasionadas por *Dryocosmus kuriphilus*, la avispa agalladora asiática Yasumatsu del castaño, (*Castanea sativa*), de *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Q. robur* L., *Q. pubescens* Willd., y de *Q. cerris* L. (Kos et al., 2015). Por otra parte, en Italia se reportó que *Torymus affinis* y *T. flavipes* fueron encontrados en agallas de encinos causadas por *Andricus*, *Aphelonyx*, *Biorhiza*, *Cynips*, *Diplolepis*, *Neuroterus*, y *Synophrus* (Ferracini et al., 2017).

Respecto a lo anterior, nosotros pensamos que la especie del Género *Torymus* que encontramos en las ampollas de *Q. eduardii* es una avispa parasitoide, posiblemente, de las larvas de la familia Coleophoridae, y/o de las larvas verde azulado no identificadas, que se encontraron en el interior de las ampollas. Sin embargo, se propone realizar más estudios para confirmar lo anteriormente señalado.

6.2.3 *Eurytoma* Illiger, 1807 (Hymenoptera: Eurytomidae)

Las avispas encontradas presentan cuerpo menudo, grueso o robusto, de color negro, no metálico, con puntuación alveolada profunda. Cabeza con gena carenada posteriormente, a menudo con lamina postgenal elevada ventralmente sobre la superficie de la postgena, lamina visible en forma de diente en vista lateral. Lamina no elevada. Occipucio con cresta del foramen menudo ventralmente larga, llegando en el margen inferior de los ojos, la antena con un máximo de 12 segmentos, la antena de la hembra con 5 a 6 flagelómeros, clava apical de 3 (2) nudillos, mientras que la antena del macho con 5 (4 a 7) flagelómeros y clava apical de 2 (0) nudillos, a menudo nodosa y con verticilos de largos cabellos. Alas hialinas, vena postmarginal menor o igual que la marginal. Pronoto ancho $a / l = 2-3$, negro o con puntos

amarillos en los lados. Prepectus igual o mayor que la tegula. Escutelo oval. Propodeu menudo en pendiente, con segmento medial corto, con una estría medial profunda y estrecha. Gaster de la hembra menudo con tergal 4 agrandado, doble largo que T3, último tercio menudo largo y hacia arriba, ovipositor débilmente exertado. Tarsos normalmente con 5 segmentos (Figura 21). Estas características concuerdan con las descritas por varios autores para el género *Eurytoma* (Ribes Escolà, 2007-2012; Bugbee, 1967; Fernández y Sharkey en 2006; Fursov et al., 2019; Zerova y Seryogina, 2009; Noyes, 2019).



Figura 21. *Eurytoma* sp. Observe algunas características del género: cuerpo menudo, grueso robusto, color negro, mesoscutum con notaulus cumplidos, tarsos normalmente con cinco segmentos. Esta avispa se encontró en muestra de hojas de *Quercus eduardii* recolectadas en Las Manzanillas, San José de Gracia, Ags.

Se estima que la familia Eurytomidae incluye a más 1,400 especies entre las cuales hay especies parasitarias y fitófagas dentro de 88 géneros. En Gran Bretaña hay dos grupos grandes de eurytomidos fitófagos aquellos que crecen y desarrollan en el

endospermo de semillas y aquellas que se alimentan del tallo de las plantas, especialmente del tallo de pastos (Noyes, 2019).

En el Paleártico, *Eurytoma* es un género que tiene 230 especies, que pertenecen a 14 grupos de especies. Se ha estudiado que la mayoría de las especies de *Eurytoma* son entomofagas en alguna de sus fases de desarrollo larvario, aunque muchas especies se alimentan de tejido vegetal para complementar su nutrición.

Las especies entomofagas son ectoparasitoides idiobiontes de larvas de insectos en el interior de los tejidos vegetales. Entre los insectos hospedadores que ataca *Eurytoma* se encuentran Coleópteros, Dípteros (especialmente Tephritidae), Lepidópteros e Himenópteros (principalmente Cynipinae) formadores de agallas. También, *Eurytoma* tiene especies de fitófagos que se alimentan y desarrollan en el interior de semillas de plantas de las familias Euforbiaceae, Pinaceae, Rosaceae, Efedraceae y Fabaceae y en tallos de Campanulaceae y de Poaceae (Fursov et al., 2019; Noyes, 2019). Las hembras de los eurytomidos paralizan a la larva hospedadora antes de depositar un huvecillo sobre o cerca de ella. Se ha observado que otras especies, como *Eurytoma brunneiventris*, que habitan en el interior de agallas de cinípidos, puede paralizar al cinípido que forma la agalla a su inquilino en sinergia, otro parasitoide chalcido, o inclusive alimentarse de los tejidos de la agalla (Noyes, 2019). En Eslovenia se identificaron a *Eurytoma brunneiventris* Ratzeburg, *Eurytoma pistacina* Rondani, *Eurytoma brunneiventris*, *Eurytoma pistacina*, *Eurytoma brunneiventris*, *Eurytoma pistacina* a partir de *Dryocosmus kuriphilus*, la avispa agalladora asiática del castaño (*Castanea sativa* Mill.), que afecta a bosques mixtos de castaño y de los encinos *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Q. robur* L., *Q. pubescens* Willd. y *Q. cerris* L. (Kos et al., 2015). En EEUU y Canadá, se han reportado muchas especies de *Eurytoma* capturadas en diferentes plantas, entre ellos, *Eu. phylloxerae*, *Eu. abatus*, *Eu. albipes*, *Eu. atripes*, *Eu. auriceps*, *Eu. bolteri*, *Eu. californica*, *Eu. chalcidiformis*, *Eu. conica*, *Eu. gigantea*, *Eu. ecale*, *Eu. vagabunda*, *Eu. tylodermatis*, *Eu. tomisi*, *Eu. studiosa*, *Eu. seminis*, *Eu. stigmi*, *Eu. querci*, *Eu. prunicola*, etcétera, etc. (Muesebeck et al., 1951). En México se ha

estudiado los cinípidos que inducen agallas en encinos, sin embargo, poco se conoce sobre los inquilinos (Synergini y Ceroptresini) y los Chalcidoidea de diferentes familias (Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae, Ormyridae, Pteromalidae y Torymidae). Se reportó la presencia de *Andricus quercuslanigera* sobre *Q. olenoides* en Tamaulipas (1881) y a *A. linaria* (1937) sobre *Q. olenoides*. Más recientemente, se reportó la presencia de *Synergus*, *Acaenacis*, *Torymus*, *Eurytoma*, *Eupelmus* y *Ormyrus*, como fauna (parasitoides) asociada a las agallas de *Andricus quercuslanigera* y *A. georgei*, en hojas de *Quercus rugosa*, (Serrano-Muñoz et al., 2016).

Se piensa que es probable que *Eurytoma* sp., sea un parasitoide de las larvas de la familia Coleophoridae y/o de las larvas verde azulado encontrados en el interior de las ampollas de hojas de *Q. eduardii*, al igual que *Torymus* spp.

6.2.4 *Closterocerus* Westwood, 1833 (Hymenoptera: Eurytomidae)

Los ejemplares de esta avispa presentan un cuerpo pequeño, poco esclerotizado con antenas hasta de 10 nudillos, con 2 a 4 nudillos al funículo, los machos con proyecciones ramificadas. La vena marginal está presente, no puntiforme, vena postmarginal presente o ausente. El mesoscutum con notaulos pequeño presentes, escutelo con dos estrías longitudinales. Axilas a menudo prolongadas anteriormente, por lo que la escápula está inusualmente incisa. Gaster constreñido a la unión al propodeum. Tarsos con 4 segmentos. Tibia anterior con espolo normalmente corto y recto. Estas características concuerdan para la descripción de la Familia Eulophidae (Ribes-Escolà, 2007-2012; Noyes, 2019). Las avispas presentaron antenas con 5 o menos flagelómeros, sus alas bien desarrolladas, presentan la venación interrumpida entre vena submarginal y parastigma, en la vena submarginal normalmente se pueden observar dos setas, los notaulos normalmente incompletos, el mesoscutum con dos pares de seta y el escutelo con un par de setas (Figura 22). Las características anteriormente señaladas concuerdan con las descritas por varios

autores para la subfamilia Entedoninae (Ribes-Escolà, 2007-2012; Reina y La Salle., 2017; Noyes, 2019).

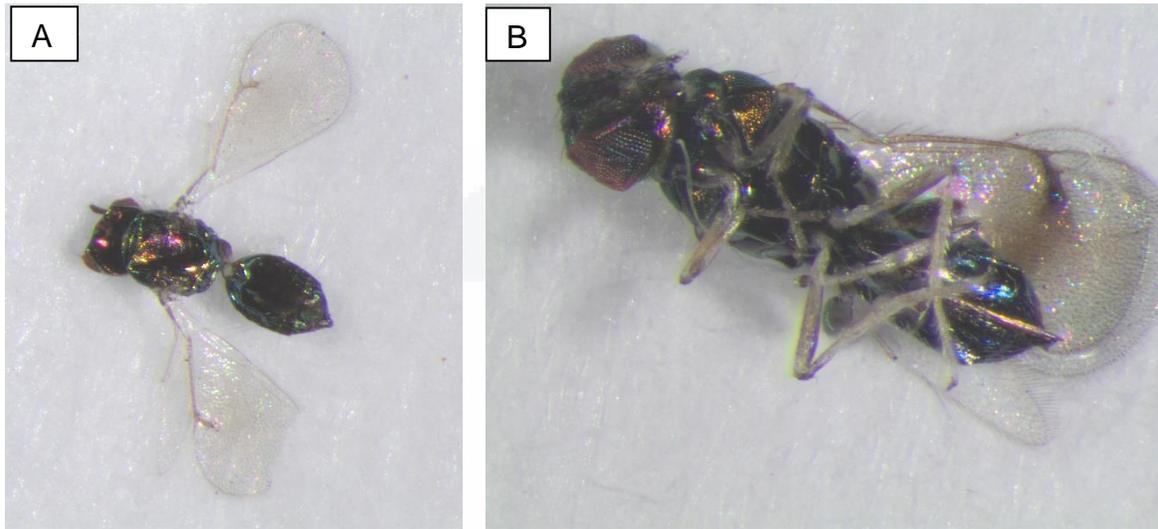


Figura 22. *Closterocerus*. A) Ejemplar vista dorsal. B) Ejemplar vista ventral. Estas avispitas fueron localizadas en el interior de ampollas de muestras de hojas de *Quercus eduardii* recolectadas en Laguna Seca, San José de Gracia, Ags.

Respecto a las características de género, la avispa presentó cuerpo poco esclerotizado. Antena hembra con 2 flagelómeros, nudillos anulares 1 a 2 pequeños, clava apical con 3 nudillos. Antena del macho con 2 (3) flagelómeros, escapo delgado o raro, agrandado. Sensilis antenal de tipo basicónico II, elíptico curvado sobre un pie indistinto. Estría frontal angulosa, o bien transversa recta. Occipucio redondeado. Vertex sin foseta tras los ocelos. Ala anterior con vena postmarginal más corta que la estigmal, igual, vena estigmal menudo con una fila ascendente delimitando un área glabra entre el margen, vena marginal con setas largas o cortas, ala con franjas oscuras transversas. Pronoto no marginado. Mesonoto menudo con escultura reticulada, notaulos parcialmente presentes, lóbulo medial con 1-3 pares de setas. Propodeu corto, transverso, a menudo liso y brillante, callo propodeal menudo con 2 pesetas. Peciolo corto transverso, gaster subsésiles. Son parasitoides de

minadores foliares, insectos gallicoles, también en huevos de coccidios y psyllidae (Figura 21). Las características antes señaladas concuerdan con las señaladas por diversos autores para el género *Closterocerus* (Ribes-Escolà, 2007-2012; Reina y La Salle., 2017).

Las especies del género *Closterocerus* tienen un rango amplio de comportamientos biológicos ya que son idiobiontes, ectoparásitos, solitarios o agrupados, que parasitan la larva o pupa de diferentes insectos tales como los dobladores de hojas, formadores de agallas, larvas de lepidópteros grandes, larvas que se alimentan de hojas, perforadores de tallos, minadores y de otros insectos que viven en el interior de los tejidos vegetales. También, pueden ser hiperparasitoides de Chalcidoidea, Braconidae y Ichneumonidae (Noyes, 2019). Sin embargo, la forma general de las especies de esta avispa es que son de endoparasitismo idiobionte. Se ha reportado que el 28 % de las especies parasitan a larvas minadoras y el 31 % son polífagas, muchas de las cuales parasitan a larvas minadoras. Respecto a las especies polífagas se ha reportado que *Closterocerus utahensis* Crawford ataca al minador de las hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella*, que *C. mirabilis* Edwards y La Salle está ampliando su rango de hospedadores en Australia atacando a especies agronomizadas. También, se confirmó que *C. trifasciatus* Westwood, en Europa, ha adoptado a la especie exótica de minador de las hojas del castaño de las Indias. Aunque las especies de *Closterocerus* comúnmente no parasitan a agallas, algunas pocas especies presentan este comportamiento. Por ejemplo, *Cpulcherrimus* es un parasitoide de la mosca agalladora del mango *Procontarinia mattheiana* Kieffer y Cecconi (Cecidomyiidae), mientras que *C. solidaginis* es un parasitoide de *Asteromyia euthamiae* Gagne' (Cecidomyiidae). Finalmente, *C. cincinnatus* Girault y *C. cinctiventris* (Ashmead) han sido desarrollados en agallas de cinípidos (Protosov et al., 2007). En eucaliptos se ha reportado el control biológico que realiza el parasitoide *Closterocerus chamaeleon* contra la avispa que forma agallas, *Ophelimus maskelli*, en eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *E. tereticornis* (=umbellata Smith.), *E. amplifolia* Naudin, *E. cloziana* F. Muell. y *E. rudis* Endl.) de Israel. Este

último lepidóptero es un problema que afecta a eucaliptos en Australia y otros países (Protosov et al., 2007).

Las especies de *Colosteroцерus* se han utilizado como agentes de control biológico de insectos agalladores del encino Inglés (*Quercus robur* L.). Por ejemplo, en Rusia, se ha podido desarrollar (criar) al parasitoide *Closterocerus formosus* Westwood en el minador *Phyllonorycter harrisella* L.; a *Closterocerus trifasciatus* Westwood en el minador *Ph. quercifoliella*; a *Closterocerus formosus* en el minador *Ph. roboris* y a *Closterocerus chlorogaster* (Erdös) en el minador *T. ekebladella* (Yefremova et al., 2013).

En encinos se ha reportado que *Closterocerus trrcinctus* es un eficiente parasitoide que ataca las larvas minadoras de hojas de encino (*Quercus alba* L. y *Quercus lyruta* Walt.), y a *Cameraria hamadryadella* (Lepidoptera). También se ha reportado que esta especie ataca a varias especies de lepidópteros, coléopteros y dípteros minadores (Connor y Cargain, 1994).

Al parecer, este género no ha sido reportado en México como parasitoide en insectos que afectan a los encinos. *Closterocerus* al igual que *Torymus* y *Eurytroma* son parte de la fauna potencialmente parasitoides que utilizan a las larvas de la Familia *Coleophoridae* y/o verde azulado como hospedadoras.

6.2.5 Aprostocetus Westwood, 1883 (Hymenoptera: Eulophidae)

Las características de esta avispa concuerdan con los descritos para la Familia Eulophidae, mismas que ya se señalaron en la descripción del género *Closterocerus*. Estas avispas presentaron cuerpo negro, metálico. La venación es interrumpida entre la vena submarginal y el paraestigma, en la vena submarginal normalmente se observan de 2-8 setas, mientras que la vena postmarginal puede estar ausente o reducida. El Pronoto no alargado. Notaulos completos, + -rectos, axila prolongada adelante. Escutelo pequeño con dos líneas acanaladas longitudinales (Figura 23).

Las características anteriormente descritas concuerdan con las señaladas con varios autores para el género *Aprostocetus* (LaSalle, 1994; Ribes-Escolà, 2007-2012; Noyes, 2019).



Figura 23. *Aprostocetus* sp. Ejemplar, vista ventral, encontrado en muestras de hojas de *Quercus eduardii* recolectadas en Laguna Seca, San José de Gracia, Ags.

Aprostocetus sp. es parte de la subfamilia de Tetrastichinae, la descripción de la página de Ribes-Escolà (2007-2012), nos indica que el insecto que encontramos presenta las siguientes características mencionadas en la subfamilia: el ala anterior con venación más o menos interrumpida entre la vena submarginal y el paraestigma, la vena submarginal con 1 o más setas, vena postmarginal normalmente ausente o muy reducida. Alas raramente reducidas. El Mesoscutum puede tener una línea impresa medial longitudinal, notaulos cumplidos, más o menos rectos y estrechos. Escutelo menudo con 2 líneas submediales, acanaladas, longitudinales, y también 2 líneas sublaterales, con 2 o más pares de setas. Las avispas de la subfamilia

Tetrastichinae son uno de los parásitos más grande ampliamente distribuidos en el mundo, del Orden Hymenoptera.

Las especies de esta subfamilia se encuentran en todas las regiones geográficas y hábitats terrestres, siendo un componente importante de muchos ecosistemas terrestres. Los insectos hospedadores de estas avispas se encuentran en 100 familias de diez diferentes órdenes de insectos además de huevecillos de arañas, acaros e, inclusive, nematodos. Este grupo también tiene especies que son fitófagas, inquilinos y formadores de agallas. Sin embargo, este grupo es uno de los más difíciles de estudiar, taxonómicamente hablando, ya que muchos son muy parecidos comparado con otros parientes de los Chalcidoidea y tienden a colapsarse y marchitarse cuando mueren (LaSalle, 1994).

El género *Aprostocetus* es el que mayor número de especies parasitoides tiene y el más ampliamente distribuido en el mundo. De igual manera, estas avispas tienen un amplio rango de biología y hospedadores. Muchas especies de estas avispas son parasitoides de insectos agalladores de plantas, principalmente de Dípteros Cecidomyiidae, pero también de acaros eriofidos, Cynipoidea, Coccoidea, Himenoptera y Coleoptera. También, algunas especies son parasitoides ocasionales de Díptera y minadores de Lepidoptera. Se ha comprobado que varias especies de *Aprostocetus* son hiperparasitoides (Ariyak y Tuzun., 2014). Al igual que especies de *Coleocerus*, también se han utilizado especies de *Aprostocetus* como agentes de control biológico de insectos agalladores del encino Inglés *Quercus robur* L. (Yefremova et al., 2013). Relacionado a lo anterior, en Eslovenia se identificaron a *Aprostocetus biorrhizae* (Szelényi), *Aprostocetus aethiops* (Zetterstedt), *Aprostocetus glandicola* Graham, *Aprostocetus biorrhizae*, *Aprostocetus aethiops*, *Aprostocetus glandicola*, desarrollados a partir de *Dryocosmus kuriphilus*, la avispa agalladora Asiática del castaño (*Castanea sativa* Mill.), que afecta a bosques mixtos de castaño y de los encinos *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Q. robur* L., *Q. pubescens* Willd. y *Q. cerris* L. (Kos et al., 2015). En la zona Catalana de España, Villar (1992), reportó la presencia de *A. eurytomae*, *A. biorrhizae*, *A. auriantiacus*, *A. aethiops* y *A.*

fusfiola en agallas de cinípidos que afectan al género *Rosa* y *Quercus*. Se identificó a *Aprostocetus trjapitzini* (Kostjukov) como parasitoide de la escama *Eulecanium ciliatum* (Douglas) que es una plaga importante de plantas ornamentales y forestales en la región Palearctica (Ülgenturk y Toros, 1999). Otro ejemplo es *Aprostocetus pachyneurus* (Ratzeburg) que, entre otros parasitoides, fue obtenido a partir de la escama *Kermes roboris* Fourcroy (Fam. Kermesidae), misma que afecta a varias especies de encino en Rumanía (Ioan, 2017). El género *Aprostocetus*, *Torymus*, *Euplemus* y *Eurytoma* fueron obtenidos de diferentes tipos de agallas, causadas por Cynipidae, en varias especies de encinos en Panamá (Sanchez et al., 2013).

Al igual que los anteriores géneros de parasitoides localizados en el interior de ampollas en hojas de *Q. eduardii*, se piensa que *Aprostocetus* es un espécimen más de la fauna posible parasitoide de las larvas de la Familia Coleophoridae y/o de las larvas verde azulado.

6.3 Identificación de los hongos asociados a las ampollas

Se identificaron cuatro diferentes hongos desarrollándose sobre las ampollas de las hojas de *Q. eduardii*: *Phoma* Desm., *Tubakia* B. Sutton, *Ascochyta* Lib., y *Seimatosporium* Corda. Los dos primeros géneros pudieron ser aislados, mientras que los dos últimos no lo fueron, a pesar de utilizar diferentes medios de cultivo recomendados tales como extracto de malta agar, papa dextrosa agar, jugo de tomate agar, jugo de ocho verduras agar, agar nutritivo, entre otros.

6.3.1 *Phoma* Desm.

Sobre las ampollas y semienterrados observamos picnidios oscuros con un ostiolo abierto, globosos y errumpentes, esto es, se abren paso en los tejidos para sobresalir de ellos y liberar los conidios o esporas a través del ostiolo (Figura 24 a 26). El picnidio forma conidióforos cortos hialinos (transparentes) y no septados (Figura 25

A). Los conidios son pequeños, unicelulares, ovoides a alargados y hialinos (Figura 25 A y 26).



Figura 24. Picnidios de *Phoma* spp., sobre las ampollas en hoja de *Quercus eduardii*.

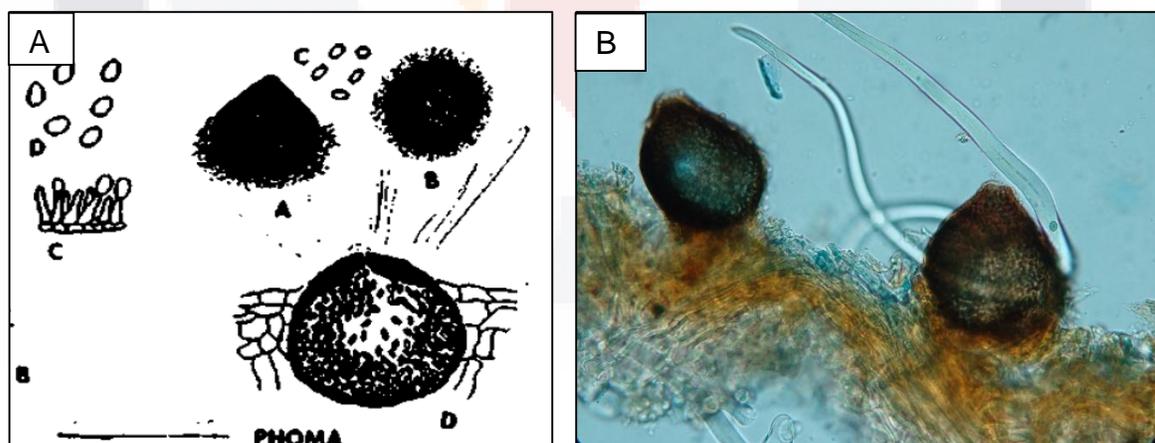


Figura 25. *Phoma* spp. A) Ilustración tomada de Barnett y Hunter, (1998). B) se observan dos picnidios, formados con tejido pseudoparenquimático, que emergieron de la epidermis de las ampollas en hoja de *Q. eduardii* (20 X).

Las características anteriormente señaladas concuerdan con las del género *Phoma* señalado por diferentes autores (Barnett y Hunter, 1998; Chen et al., 2015; Gruyter et al., 2012; Romero, 1999; Agrios, 2005).

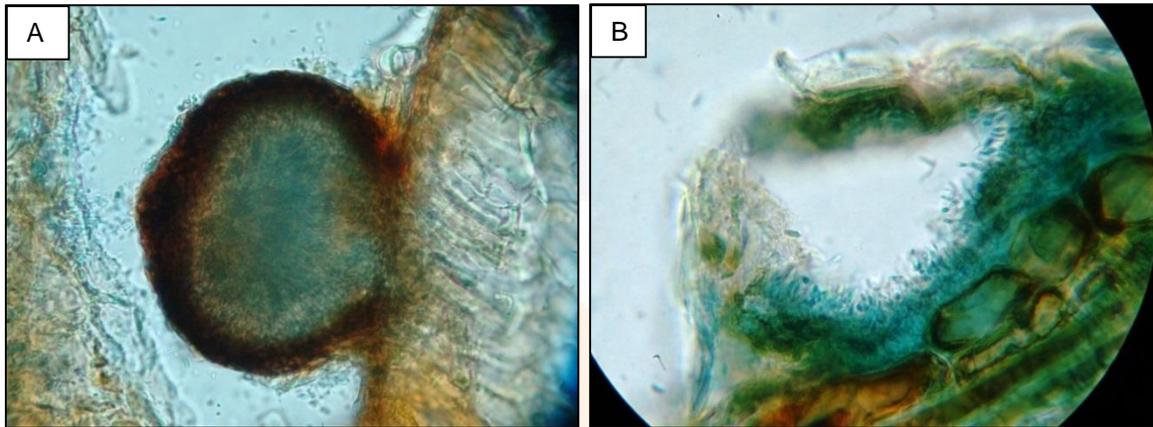


Figura 26. *Phoma* spp. A) Sección longitudinal que muestra el interior del picnidio (40 X). B) Se observa un picnidio abierto con su base tapizada con conidióforos y algunos conidios (40 X).

Descripción de las colonias aisladas. La colonia de este hongo (Figura 27) tiene un tamaño aproximado de 7 cm de diámetro, su desarrollo se ve circular. En la parte superior (Figura 27 A) presenta crecimiento de micelio blanquecino con apariencia algodonosa, presenta una pigmentación verde olivácea en el micelio más maduro. En la parte inferior (Figura 27 B) se puede observar la colonia de color verde oliváceo, los márgenes son lobulares y se puede observar micelio blanquecino. Las colonias fueron incubadas a 27 °C, bajo condiciones de oscuridad.

El género anamorfo (fase asexual) *Phoma* es un hongo polifilético que se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente, principalmente en agua y suelo. Este hongo tiene especies que afecta a plantas, animales y al hombre. También, ha sido aislado de diferentes alimentos. En el hombre puede causar desde enfermedades cutáneas hasta enfermedades invasivas sin causar la muerte (Bennett et al., 2018). El género

Phoma pertenece al Phylum Ascomycota, clase Dothideomycetes, orden Pleosporales, y familia Didymellaceae.

Recientemente, este hongo ha sido clasificado, en base a sus características morfológicas, en nueve secciones: *Phoma*, *Heterospora*, *Macrospora*, *Paraphoma*, *Peyronellaea*, *Phyllostictoides*, *Pilosa*, *Plenodomus* y *Sclerophomella* (Chen et al, 2015; Gruyter et al., 2013).

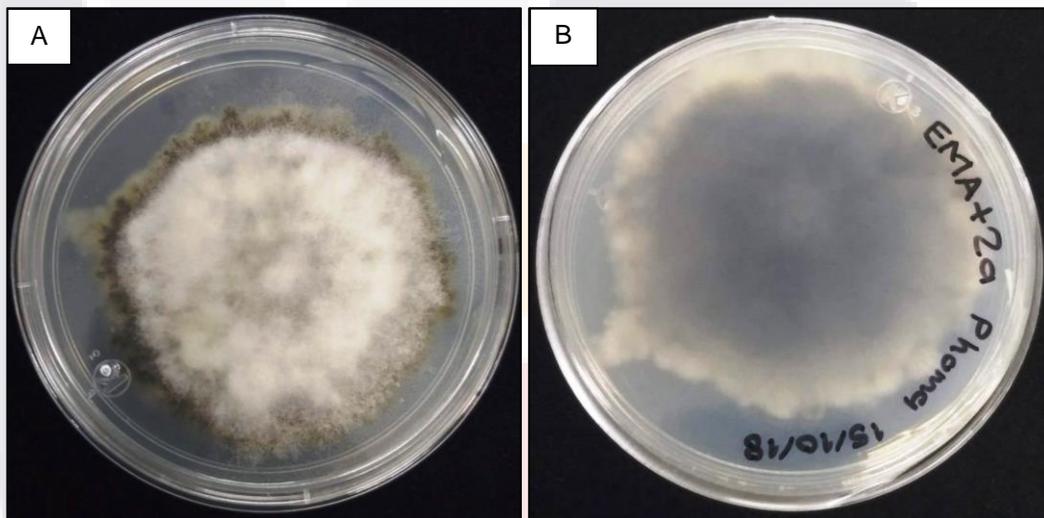


Figura 27. Colonia de *Phoma* spp en desarrollo. A) Vista superior. B) Vista inferior

Entre las especies fitopatógenas más importantes se encuentra *Phoma lingam* (= *Leptosphaeria maculans*) que causa la enfermedad conocida como pie negro de las crucíferas, *P. costarricensis* que causa la enfermedad conocida como el derrite o requemo del cafeto, *P. apiicola* que causa la pudrición de la corona y de la raíz del apio y *P. destructiva* que causa la pudrición del fruto del jitomate (Romero, 1999; Agrios, 2005). Este hongo también ha sido reportado como un hongo que es endófito en diferentes especies de plantas, inclusive produciendo antibióticos, como *Phoma* sp., que habita en los espacios intercelulares en la zona del floema/cambium del

arabusto *Taxus wallachiana*, donde produce los antibióticos altersolanol A y el ácido 2-hidroxi-6-metilbenzoico (Yang et al., 1994). También, de la planta medicinal *Arisaema erubescens* se aisló la cepa ZJWCF006 de *Phoma* sp., de la cual se obtienen dos compuestos: (1) uno derivado del α -tetralona, el (3S)-3,6,7-trihidroxi- α -tetralona, y (2) la cercosporamida β -sitosterol. El primer compuesto tubo acción antibiótica contra los hongos fitopatógenos *Fusarium oxysporium* y *Rhizoctonia solani*. El segundo compuesto tuvo actividad citotóxica contra seis líneas de células tumorales (Li-Wei et al., 2012). En árboles de encino, en Italia, se encontró que los bosques formados por *Q. cerris* y *Q. suber* L., son afectados por declinamiento causado por los endófitos *Biscogniauxia mediterranea* (De Not.) O. Kuntze, *Botryosphaeria corticola* Phillips, Alves et Luque, *Discula quercina* (Westend.) Arx y *Pleurophoma cava* (Schulzer) Boerema, Loer. & Hamers. También, se han aislado diferentes hongos endófitos benéficos, entre ellos *Phoma cava* (Linaldeddu et al., 2010; Moricca et al., 2012; Ragazzi et al., 2008).

Por todo lo anterior señalado, nosotros pensamos que el hongo *Phoma* spp., localizado sobre los tejidos de las ampollas de las hojas de *Quercus eduardii*, es un hongo endófito. Posiblemente, este hongo forma antibióticos en el interior de los tejidos de los encinos para protegerlo de otros fitopatógenos. Sin embargo, cuando los tejidos son afectados y mueren por los insectos causantes de las ampollas, estos hongos “aprovechan” la oportunidad de desarrollarse en estos tejidos muertos, sin causar más daño a las hojas, ni a ningún otro tejido de *Q. eduardii*, que los que causaron los insectos. Con base a lo revisado en la literatura citada anteriormente podemos señalar que, la cepa de *Phoma* aislada en este trabajo, tiene potencial como productor de antibióticos y otros productos naturales que pueden ser utilizados para controlar hongos fitopatógenos en árboles de encino estresados por factores bióticos o abióticos. También, podría formar productos que pueden ser utilizados en medicina humana para poder curar tumores y otras enfermedades (Kumar y Kaushik, 2012).

6.3.2 *Tubakia* B. Sutton

Sobre el tejido de las ampollas observamos pequeñas puntuaciones que correspondieron a los cuerpos fructíferos o conidiomas (también llamados picnotirios) formado por un escudo (scutellum), convexo, de hifas (Figura 28).

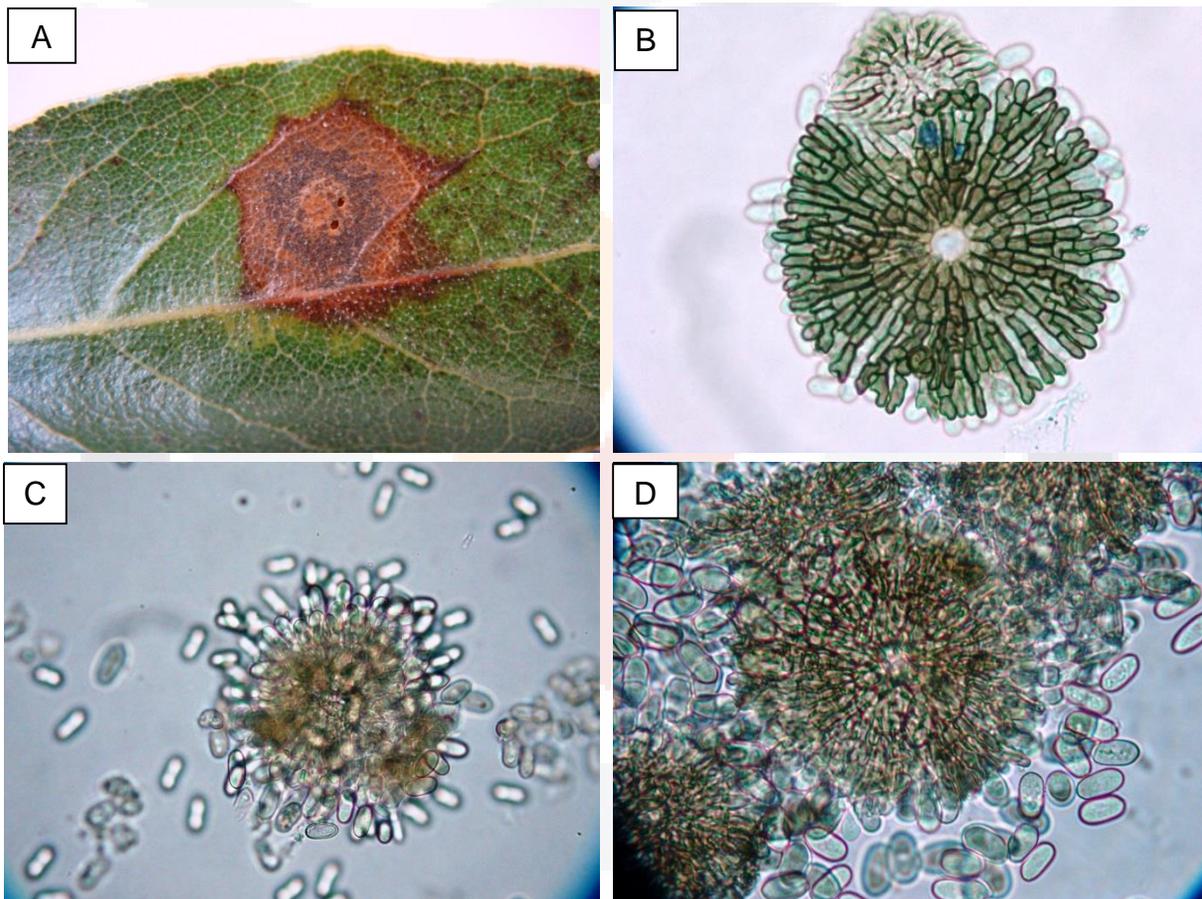


Figura 28. *Tubakia* spp. A) Ampolla con dos orificios de emergencia de insectos. Alrededor se observa una mancha oscura que corresponde a cientos de picnotirios del hongo B) Se observa un picnotirio grande y uno pequeño en desarrollo y, en la periferia, del grande se observan los conidios hialinos. C) y D) Ejemplos de dos picnotirios (40 X).

Este escudo se fija a la hoja por una columella, estructura a manera de tallo formado por hifas rodeadas por células fértiles (células conidiogénicas) en forma de fialides, unicelulares que forman a los conidios. Los conidios son ampliamente elipsoide-oboide, aseptados y hialinos. Todas las características anteriores concuerdan con las reportadas por diferentes autores para el género *Tubakia* (Barnet y Hunter, 1998; Braun et al., 2018; Harrington et al., 2012; Yun y Rossman, 2011).

Descripción de la colonia de *Tubakia* spp. La colonia (Figura 29) presentó un crecimiento circular, los márgenes fueron ondulados, midió 5 cm de diámetro aproximadamente, a los 20 días de desarrollo. En la parte superior (Figura 29 A), se pudo observar en el centro una protuberancia de color café claro terroso, alrededor de la misma se ve un área que parece tener las mismas características de la protuberancia, asemeja tierra seca, alrededor de esta parte se observó micelio de color más oscuro y enseguida de este el micelio se observó más claro. Por la parte inferior (Figura 29 B), el centro se observó de color oscuro, enseguida un color café y en los bordes un color claro, casi blanco. No se observó la presencia de picnotirios, conidióforos ni conidios formados por este hongo. El micelio no difundió pigmento en el medio de cultivo. Las características de este micelio concuerdan con las descritas para este género señaladas por varios autores (Braun et al., 2018; Harrington et al., 2012; Yun y Rossman, 2011).

Este hongo anteriormente fue descrito como el género *Actinopelte* Sacc. por Saccardo a principios del siglo pasado, mismo que fue encontrado en el árbol *Castanea crenata* (= *C. pubinervis*) en Japón. A este hongo anamórfico, posteriormente Sutton lo renombró como *Tubakia* ubicándolo en el Orden Diaporthales de los Ascomycetes.

Este es un hongo que causa manchas foliares en diferentes tipos de árboles y arbustos como *Castanea* spp., *Quercus* y otras especies de la familia Fagaceae (Harrington et al. 2012; Yun and Rossman, 2011). La fase sexual de *Tubakia dryina* se conoce como *Dicarpella dryina*. Esta última especie no es la especie tipo de *Dicarpella* y se ha señalado que *Dicarpella quercifolia* fue relacionado a

Mastigosporella hyalina (\equiv *Harknessia hialina*). Posteriormente, *Dicarpella quercifolia* y *D. georgiana*, fueron situados en el género *Wuestneiopsis*. Por lo anteriormente señalado, la relación entre *Tubakia* y *Dicarpella* no es clara y necesita realizarse más estudios filogenéticos (Braun et al, 2018).

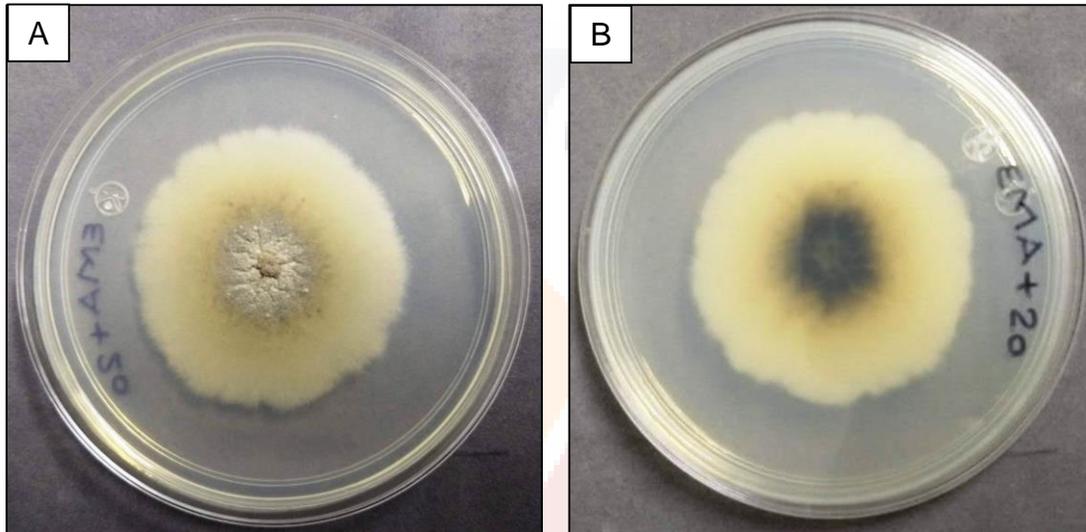


Figura 29. Colonia de *Tubakia* spp. A) Anverso de la colonia. B) Reverso de la misma colonia.

Recientemente, Braun et al (2018), con base a estudios filogenéticos han creado una nueva familia, Tubakiaceae, que incluye a los géneros *Tubakia* s. str., *Apiognomonioides* gen. nov. (especie tipo: *Apiognomonioides suprasedata*), *Involutiscutellula* gen. nov. (especie tipo: *Involutiscutellula rubra*), *Oblongisporothyrium* gen. nov. (specie tipo: *Oblongisporothyrium castanopsisidis*), *Paratubakia* gen. nov. (specie tipo: *Paratubakia subglobosa*), *Racheliella* gen. nov. (especie tipo: *Racheliella wingfieldiana* sp. nov.), *Saprothyrium* gen. nov. (especie tipo: *Saprothyrium thailandense*) y *Sphaerosporothyrium* gen. nov. (specie tipo: *Sphaerosporothyrium mexicanum* sp. nov.).

Se considera que este hongo es endófito en hojas y ramitas de árboles, pero también puede ser fitopatógeno causando manchas foliares (Braun et al., 2018; Harrington y McNew, 2018). También, se ha confirmado que el estrés biótico y abiótico influye en el comportamiento de los hongos endófitos. Por ejemplo, Gonthier et al. (2006), encontraron que el estrés hídrico, en época de sequía en *Q. robur* L. propicia el ataque de *Tubakia dryina* en los retoños de estos árboles de encino y que, mientras no hay este estrés, el hongo endófito se encuentra latente dentro de los tejidos de los árboles.

En este trabajo se reporta la presencia de *Tubakia* spp. en las ampollas causadas por insectos y, al igual que el género *Phoma* spp., se piensa que *Tubakia* aprovecha los tejidos ya dañados por los insectos para desarrollar cuerpos fructíferos y formar esporas para que sean distribuidas por el viento y agua. Esto es, aparentemente, este hongo no causa daño en las hojas sanas de *Q. eduardii*. Sin embargo, las muestras de hojas (cerca de 200) enviadas, al Dr. Uwe Braun, para reportar una nueva especie de *Tubakia*, *Tubakia sierrafriensis*, presente en la Sierra Fría de Aguascalientes, México, no tenían ampollas ni daños causado por insectos (Braun et al., 2018).

Lo anterior quiere decir que este hongo endófito puede ayudar a proteger a los árboles de *Q. eduardii* contra otros fitopatógenos, sin embargo, bajo condiciones de estrés que sufren los árboles de *Q. eduardii* también puede comportarse como fitopatógeno, al igual que *Tubakia dryina* (Gonthier et al., 2006; Yun and Rossman, 2011).

6.3.3 Ascochyta Lib.

Sobre el tejido de las ampollas se observaron pequeñas puntuaciones que correspondieron a los picnidios del hongo (Figura 30 y 31 A). Con el microscopio compuesto observamos que los picnidios son de color oscuro, forma globosa, separados, con ostiolo y se encuentran inmersos en el tejido del hospedante y son

errumpentes. Los conidios son hialinos (transparentes), pero cuando se acumulan son de color blanco, son de forma ovoide a oblonga y bicelulares (Figura 31 B). Todas las características anteriores concuerdan con las reportadas por diferentes autores para el género *Ascochyta* (Agrios, 2005; Barnett y Hunter, 1998; Chen et al., 2015; Romero, 1999).



Figura 30. Picnidios de *Ascochyta* spp. sobre la ampolla del haz de hojas de *Quercus eduardii*. Las flechas señalan una masa de conidios color blanco que se acumula en el ostiolo del picnidio.

Ascochyta fue propuesto, por vez primera, por Libert en 1930 siendo tipificado por Boerema y Bollen, en 1975, con la especie *Ascochyta pici*, que causa epifitias en el cultivo de chicharo. Este hongo es un fitopatógeno que se encuentra en plantas cultivadas y silvestres alrededor de todo el mundo produciendo manchas necróticas sobre las hojas tallos y vainas donde se forman picnidios.

Aschocyta tiene especies que afectan a cultivos como el maíz, algodón, sorgo, haba, chicharo, trébol, alfalfa, chile, berenjena, crisantemo, áster y varios pastos. Entre las especies más importantes se encuentra *As. melonis*, *As. chrysanthemi*, *As. pisi*, *As.*

pinodella, *As. pinodes* y *As. phaseolorum* (Agrios, 2005; Barnett y Hunter, 1998; Romero, 1999).

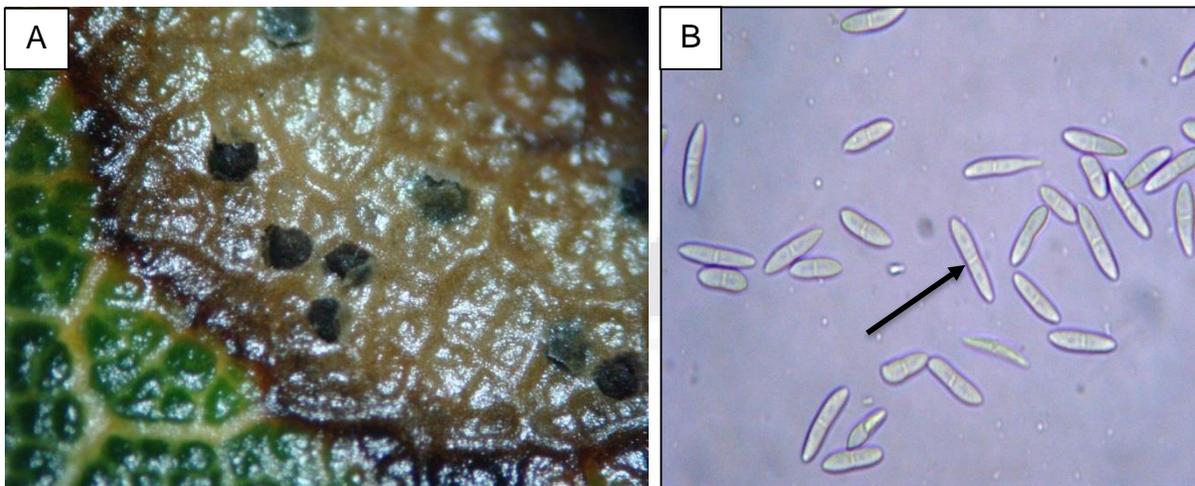


Figura 31. *Aschochyta* spp. A) Picnidios errumpentes que sobresalen del tejido de la ampolla. B) se observan las esporas del hongo y se señala (flecha) el septo que separa las dos células (40x).

Este género ha sido relacionado y, algunas veces confundido, con *Phoma* ya que son similares en morfología, fisiología, patogenicidad y en las secuencias de ADN. La confusión proviene en que los conidios de *Phoma* raramente son septados in vitro, aunque es común in vivo, mientras que los conidios de *Aschochyta* producen conidios septados tanto in vivo como in vitro. Por otra parte, las fases sexuales de *Phoma* pertenecen a *Didymella*, *Leptosphaeria*, *Mycosphaerella* y *Pleospora*, mientras que las de *Aschochyta* son *Didymella* and *Mycosphaerella* (Chen et al., 2015). Se ha reportado que *Aschochyta* sp., produce el antibiótico Brefeldin A (BFA, C₁₆H₂₄O₄, MW 280), mismo que también tiene actividad antiviral, citostático, antimitótico, efectos antitumorales y más recientemente, efectos hemoterapéuticos (Meijuan et al., 2006). Las especies de *Aschochyta* también se han encontrado como organismos endosimbiontes de diferentes árboles forestales y en encinos. Al respecto, en diferentes especies de árboles de climas tropicales los principales hongos endófitos que se han encontrado son aquellos que tienen micelio oscuro como *Alternaria*,

Ascochyta, *Cladosporium*, *Microdiplodia*, *Nigrospora* y *Phoma* (Terhonen et al., 2019). En muestras de bosques de *Quercus ilex* de Inglaterra, Mayorca, España y Suiza se encontró, entre otros hongos, a *Ascochyta* spp., con menos de 5 % de frecuencia en las muestras tratadas (Fisher et al., 1994). *Ascochyta* spp., también se encontró como endófito, junto a otras nueve especies de hongos, en muestras de hojas, tallos y corteza de *Q. ilex* en España (Collado et al., 1999).

6.3.4 *Seimatosporium* Corda.

Sobre las ampollas se observó la presencia de puntuaciones oscuras que, observados al microscopio compuesto, correspondieron a acérvulos (Figura 32 A-D) inmersos, que después emergen. Los conidióforos son cilíndricos, delgados, con proliferaciones apicales; los conidios nacen simples y después proliferan en nuevos puntos de crecimiento, son fusiformes a curvos. Los conidios son fusiformes o curvos formados por 4 a 6 células, las dos células apicales son hialinas (transparentes) mientras que las células medias son oscuras. Tienen un apéndice apical simple o raramente ramificado, el apéndice basal usualmente es simple (Figura 32 D-F). Todas las características anteriormente señaladas concuerdan con las señaladas por diversos autores para el género *Seimatosporium* (Barnet y Hunter, 1998; Nag Rag, 1993, Tanaka et al., 2011).

El género *Seimatosporium* fue propuesto por Corda en 1833, teniendo a *S. rosae* como la especie tipo. Las especies de *Seimatosporium* tienen su fase sexual en *Discostroma*. Estos son hongos que se desarrollan y son encontrados sobre hojas y ramas, tanto como saprófitos, endófitos y fitopatógenos. Las especies de *Seimatosporium* son llamados “hongos pestalotioides” dentro de los Ascomicetos, Amphisphaeriaceae (Xylariales) (Norphanphoun et al., 2015; Tanaka et al., 2011). Las especies del género *Seimatosporium* se le ha considerado y encontrado como hongos endófitos. Por ejemplo, en *Pinus tabulaeformis* se aislo a *Seimatosporium lonicerae* junto con *Pestalotiopsis citrina*, *Phomopsis archiery* y *Sporormiella minimoides* (Yu and Liang-Dong., 2004).

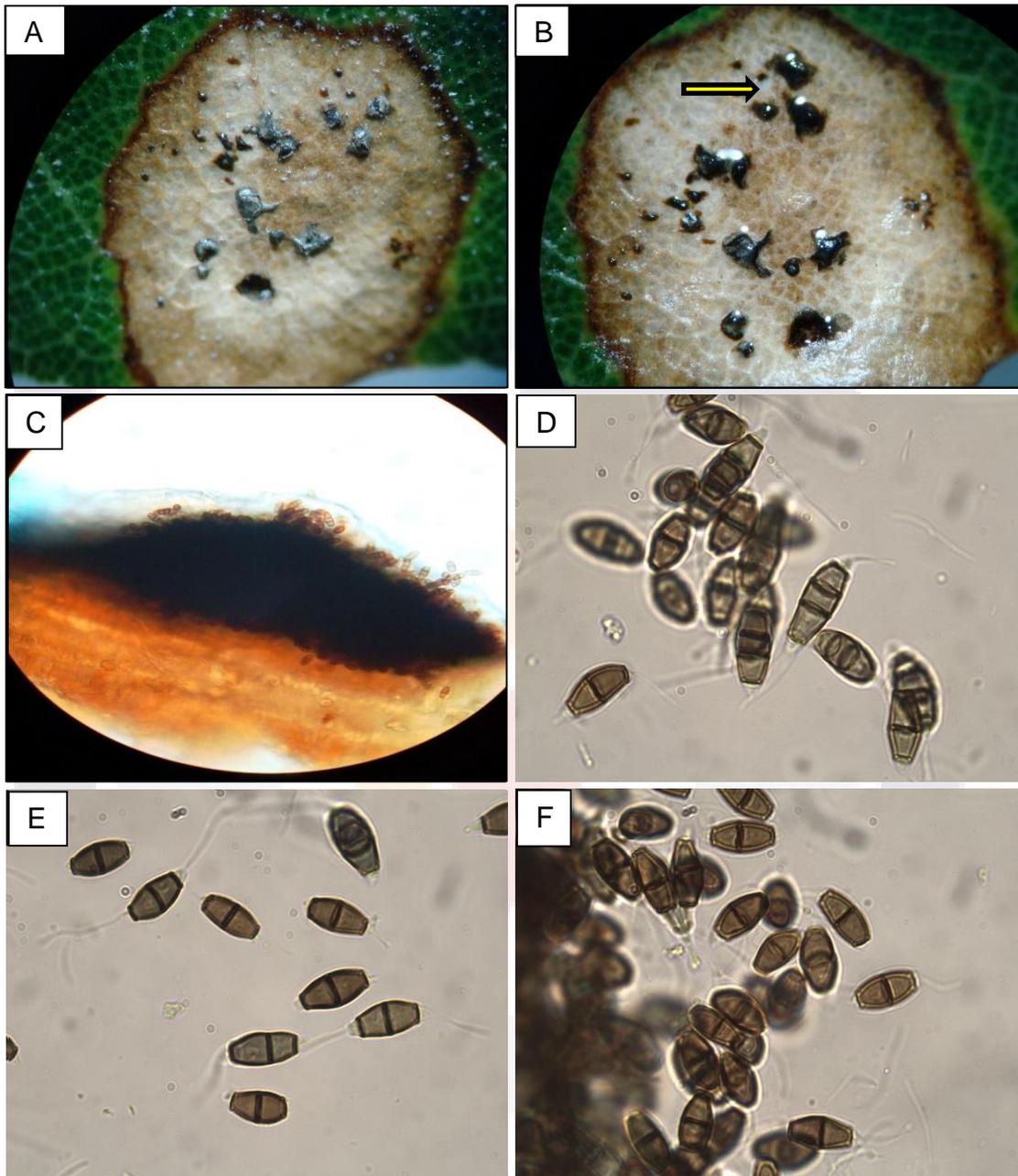


Figura 32. *Seimatosporium* spp. A) Acérvulos sobre una ampolla. B) Los mismos acérvulos (algunos señalados con una flecha) a los que se le colocó una gota de agua para que estos se hidraten, aumenten de tamaño y liberen sus conidios. C) Corte histológico de un acérvulo (10 X). D-F) Conidios característicos de este genero.

En árboles de manzano los hongos endófitos más frecuentemente aislados fueron *Seimatosporium cf. lichenicola*, *Pleurophoma cava*, *Alternaria alternata*, *Aureobasidium pullulans*, *Phomopsis cf. mali* y *Microsphaeropsis* sp. (Novotný 2007).

En árboles de encino se investigaron los hongos endófitos presentes en varias partes vegetativas de *Q. suber* y se encontraron 32 diferentes hongos endófitos, entre ellos, a *Seimatosporium glandigenum* y *S. kriegerianum* (Franceschini et al., 2005). En un trabajo relacionado al anterior se comprobó, *in vitro*, que *Seimatosporium glandigenum* formó antibióticos que inhibieron, al contacto, el micelio de *Discula quercina* y reemplazó completamente el micelio de otros dos fitopatógenos después del contacto inicial (Linaldeddu et al., 2005). Uno de los aspectos importantes de los hongos endófitos es que a partir de ellos se puede elaborar, por la industria farmacéutica, productos utilizados para mejorar la salud de hombre. Al respecto, a partir de *Seimatosporium* sp. (cepa número 7428), endófito aislado de *Epilobium hirsutum*, se han obtenido diferentes antibióticos, y otros compuestos, entre ellos dos nuevos dihidroisochromenes, llamados seimisoisochromenes A and B. También, de *Seimatosporium* cepa CL28611 se aisló el antibiótico, CJ-15,801 que se ha probado ser efectivo contra *Staphylococcus aureus* multiresistente a antibióticos. De otra cepa del mismo hongo se ha aislado un nuevo metabolito llamado ácido seimatórico además de otros compuestos ya conocidos (Sugie et al., 2001; Hussain et al., 2014; Hussain et al., 2015).

El género *Seimatosporium* identificado en las ampollas no pudo ser aislado en medio de cultivo artificial. Sin embargo, se recomienda que otros investigadores realicen el intento de aislarlo ya que esta cepa puede tener igual o mejores potencialidades de producir productos que la industria de la farmacia puede utilizar para curar enfermedades del hombre.

6.4 Distribución y epidemiología de las ampollas y hongos asociados

Las ampollas y hongos asociados se encuentran distribuidos en todos los lugares que fueron visitados, en el transcurso de este trabajo, en la Sierra Fría de Aguascalientes (Tabla 5).

Tabla 5. Incidencia y severidad de las ampollas en la Sierra Fría de Aguascalientes durante el año 2018 y presencia de hongos asociados.

Lugar y Fecha	I* (%)	S* (%)	Géneros de Hongos
Camino a Monte Grande 23-Ene.-18	70	4	0
**PB, LM, LS, LC, 30-Ene.-18	70	4	0
Los Alamos. 13-Feb.-18	65	4	0
**PB, LM, LS, LC, 13-Feb.-18	70	4	
Camino a Monte Grande 2 (Las Coatillas). 02-Mar.-18	10	1	0
**PB, LM, LS, LC. 23-Mar.-18	10	1	0
El Aldeano. 03-Abr.-18	6	1	0
El Zorrillo. 03-Abr.-18	6	1	0
La Angostura. 03-Abr.-18	6	1	0
**PB, LM, LS, LC. 26-Abr.-18	6	1	0
Mesa de Los Charcos.14-May.-18	1	1	0
El Zorrillo. 14-May.-18	1	1	0
**PB, LM, LS, LC. 29-May.-18	1	1	0
Camino a Monte Grande 21-Jun.-18	0	0	0
**PB, LM, LS, LC. 21-Jun.-18	0	0	0
Camino a Monte Grande 2 (Las Coatillas).10-Jul.-18	0	0	0

Tabla 5. Continuación.

PB, LM, LS, LC. 26-Jul.-18	0	0	0
Camino a Monte Grande 2 (Las Coatillas). 07-Ago-18	0	0	0
**PB, LM, LS, LC. 24-Ago.-18	0	0	0
**PB, LM, LS, LC. 17-Sep.-18	0	0	0
El Aldeano. 25-Sep.-18	0	0	0
El Zorrillo. 25-Sep.-18	0	0	0
**PB, LM, LS, LC. 16-Oct.-18	20	2	<i>Seimatosporium, Phyllosticta, Tubakia y Phoma.</i>
El Zorrillo. 01-Nov.-18	60	4	<i>Phoma, Phyllosticta</i>
**PB, LM, LS, LC. 16-Nov.-18	60	4	<i>Phyllosticta, Tubakia y Phoma.</i>
**PB, LM, LS, LC. 04-Dic.-18	60	4	<i>Seimatosporium, Phyllosticta, Tubakia y Phoma.</i>

*I= Incidencia S = severidad. **Peñon Blanco = PB (N 22° 10' 12" y O 102° 31' 13"). Las manzanillas = LM (N 22°11' 31.1" y O 102° 36' 48.8"). Laguna Seca = LS (N 22° 10' 40" y O 102° 38' 36.6" O). La Ciénega = LC (N 22° 08' 54" y 102° 39.4' 42" O). Camino a Monte Grande (22° 12' 52" y 102° 38' 41"). Camino a Monte Grande 2, Las Coatillas (22° 11' 51" y 102° 38' 22"). Los Alamitos (22° 10' 29" y 102° 35' 16"). El Aldeano (22° 09' 26" y 102° 39' 10"). El Zorrillo (22° 08' 19 y 102° 41' 06"). La Angostura (22° 06' 04" y 102° 41' 38"). Mesa de Los Charcos (22° 06' 30" y 102° 41' 14").

En la Tabla 5 se puede apreciar que, en el año 2018, las ampollas estuvieron presentes en enero y febrero con una incidencia de 65-70 % mientras que la severidad fue de 4 %. La incidencia de las ampollas disminuyó en marzo y abril de 10-6 % mientras que la severidad fue de 1%. Esto seguramente ocurrió en razón a que *Q. eduardii* es caducifolio y la baja precipitación que se presentó, (normalmente todos los años) de diciembre de 2017 a abril de 2018, propició la caída de las hojas. Durante mayo la incidencia bajo a 1 % y la severidad a 0 %. De junio a agosto no se encontraron ampollas foliares y, hasta ahora, ningún hongo relacionado a las mismas. Las ampollas se observaron nuevamente en octubre con una incidencia de 20 % y severidad de 2 %. En esta fecha es cuando por vez primera, en 2018, se detectaron hongos sobre las ampollas. Esto último se debió a que la precipitación

pluvial, en agosto (77 mm), septiembre (192 mm) y octubre (136 mm), favorecieron, al igual que la temperatura (16-13 °C), el desarrollo y dispersión de los insectos formadores de las ampollas y hongos relacionados (Figura 33).

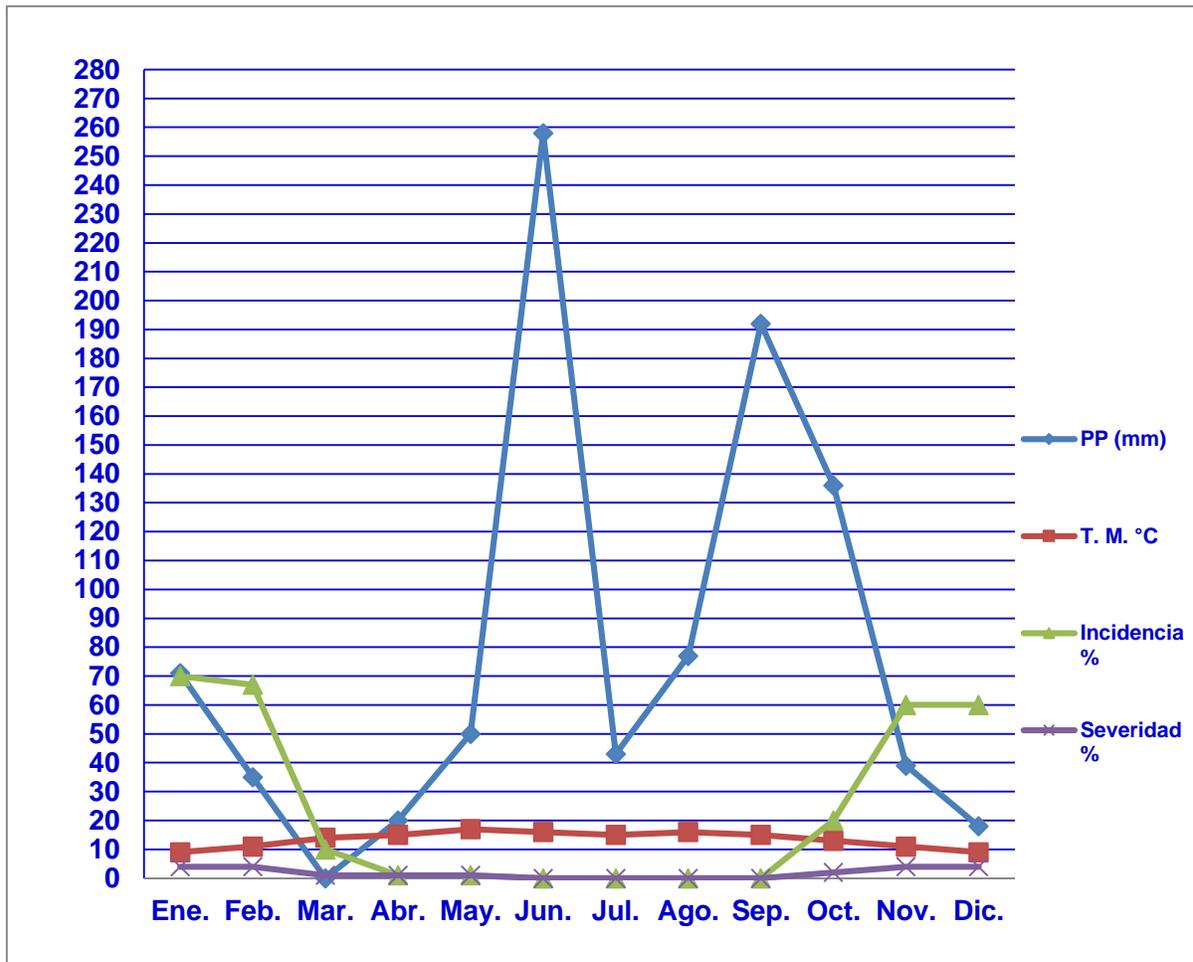


Figura 33. Incidencia (I) y severidad (S) de las ampollas foliares en *Quercus eduardii* relacionados a la precipitación pluvial (PP) y temperatura (T) en el año 2018. Precipitación pluvial y Temperatura media tomados de la estación meteorológica Los Alamitos, del Servicio Metereológico Nacional, San José de Gracia, Ags.

Respecto a la precipitación pluvial en 2018, en la misma Figura 33, podemos apreciar que en el mes de junio llovieron 258 mm. Sin embargo, esto no favoreció a los insectos para formar ampollas foliares ni a los hongos para que se desarrollaran

sobre estas. La incidencia de las ampollas aumentó a 60 % en noviembre y diciembre, mientras que la severidad fue de 4 %. Los hongos fueron observados hasta el mes de diciembre. Para el año 2019 (Tabla 6), en cuanto a la incidencia y severidad de las ampollas y hongos relacionados a estas, se observó un comportamiento algo similar al 2018.

Tabla 6. Incidencia y severidad de las ampollas en la Sierra Fría de Aguascalientes durante el año 2019 y presencia de hongos asociados.

Lugar y Fecha	I* (%)	S* (%)	Hongos
Camino a Monte Grande 22-Ene.-19	60	4	0
PB, LM, LS, LC, 22-Ene.-19	60	4	0
Los Alamitos. 05-Feb.-19	60	4	0
**PB, LM, LS, LC, 22-Feb.-19	60	4	
Camino a Monte Grande 2 (Las Coatillas). 14-Mar.-19	10	1	0
**PB, LM, LS, LC. 28-Mar.-18	10	1	0
El Aldeano. 02-Abr.-19	6	1	0
El Zorrillo. 02-Abr.-19	6	1	0
La Angostura. 02-Abr.-19	6	1	0
**PB, LM, LS, LC. 22-Abr.-19	6	1	0
Mesa de Los Charcos.13-May.-19	1	1	0
El Zorrillo. 13-May.-19	1	1	0
PB, LM, LS, LC. 21-May.-19	1	1	0
Camino a Monte Grande 06-Jun.-19	0	0	0
PB, LM, LS, LC. 06-Jun.-19	0	0	0

Tabla 6. Continuación

Camino a Monte Grande 2 (Las Coatillas).09-Jul.-18	0	0	0
PB, LM, LS, LC. 23-Jul.-18	0	0	0
Camino a Monte Grande 2 (Las Coatillas). 01-Ago-19	0	0	0
**PB, LM, LS, LC. 20-Ago.-19	0	0	0
**PB, LM, LS, LC. 10-Sep.-19	0	0	0
El Aldeano. 26-Sep.-19	0	0	0
El Zorrillo. 26-Sep.-19	0	0	0
""PB, LM, LS, LC. 08-Oct.-19	20	2	<i>Seimatosporium, Phyllosticta, Tubakia y Phoma.</i>
El Zorrillo. 05-Nov.-19	60	4	<i>Phoma, Phyllosticta</i>
**PB, LM, LS, LC. 19-Nov.-19	60	4	<i>Phyllosticta, Tubakia y Phoma.</i>
**PB, LM, LS, LC. 03-Dic.-19	60	4	<i>Seimatosporium, Phyllosticta, Tubakia y Phoma.</i>

*I= Incidencia S = severidad. **Peñon Blanco = PB (N 22° 10' 12" y O 102° 31' 13"). Las manzanillas = LM (N 22°11' 31.1" y O 102° 36 '48.8"). Laguna Seca = LS (N 22° 10' 40" y O 102° 38' 36.6" O). La Ciénega = LC (N 22° 08' 54" y 102° 39.4' 42" O). Camino a Monte Grande (22° 12' 52" y 102° 38' 41"). Camino a Monte Grande 2, Las Coatillas (22° 11' 51" y 102° 38' 22"). Los Alamitos (22° 10' 29" y 102° 35' 16"). El Aldeano (22° 09' 26" y 102° 39' 10"). El Zorrillo (22° 08' 19 y 102° 41' 06"). La Angostura (22° 06' 04" y 102° 41' 38"). Mesa de Los Charcos (22° 06' 30" y 102° 41' 14").

En enero y febrero de 2019, también se observó una incidencia de 60% y severidad de 4 %. Posteriormente, similar que el año anterior, de marzo a septiembre la incidencia y severidad disminuyen, 10 a 0 y de 1 a 0, respectivamente. Luego, ambos estimadores vuelven a subir de septiembre a diciembre, 10-60 y 2-4, respectivamente. En este año las ampollas y hongos relacionados también fueron observados hasta octubre. Sucedió algo similar que en 2018 solo que en 2019 la precipitación pluvial en agosto (151 mm), septiembre (108 mm) y octubre (91 mm) y temperatura media (13-15 °C), fueron las que favorecieron a insectos formadores de las ampollas y hongos relacionados (Figura 34).

Por lo anterior expuesto, podemos estimar que las ampollas causadas por los insectos son formadas, aproximadamente, de agosto a octubre de 2018 y 2019, y que permanecen hasta el mes de marzo ya que las hojas son tiradas al piso en razón a que *Q. eduardii* es caducifolio.

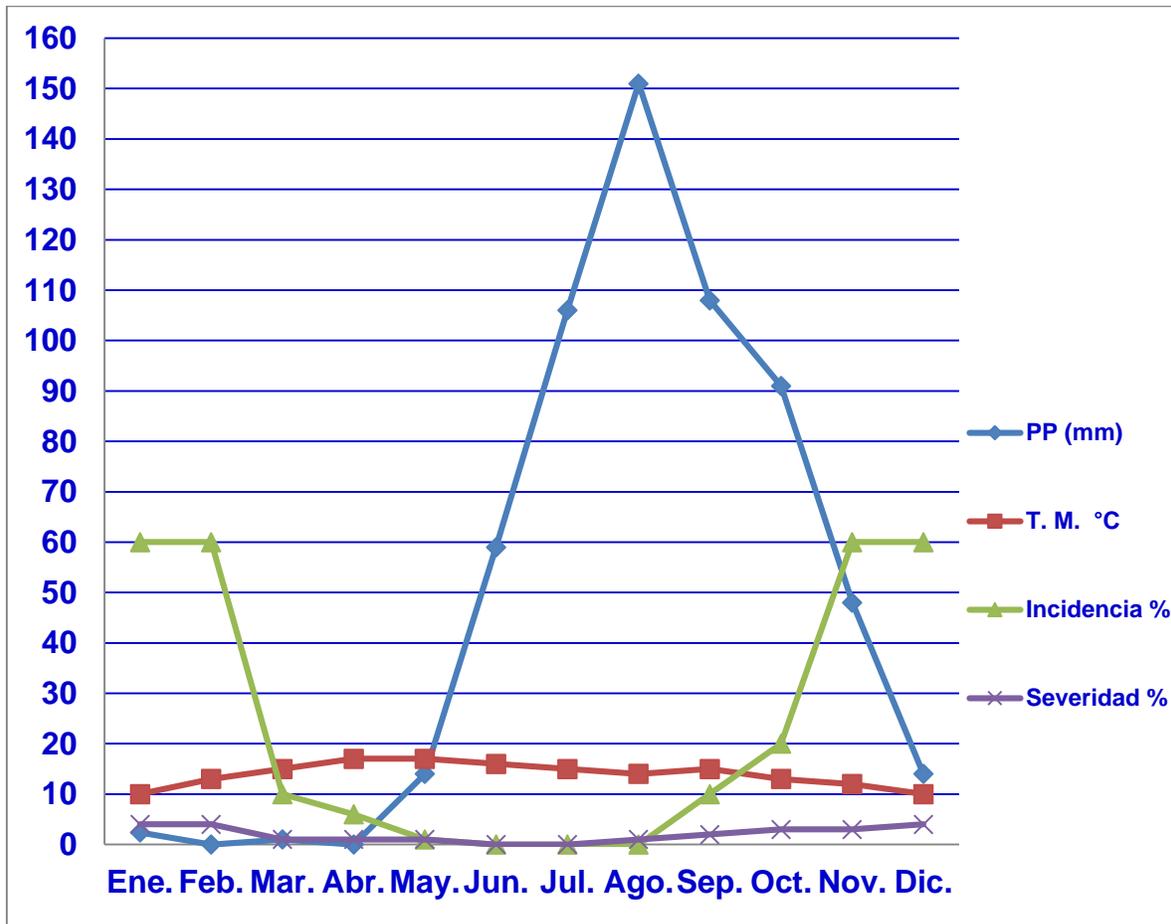


Figura 34. Incidencia (I) y severidad (S) de las ampollas foliares en *Quercus eduardii* relacionados a la precipitación pluvial (PP) y temperatura (T) en el año 2019. Precipitación pluvial y Temperatura media tomados de la estación meteorológica de Rancho Piletas, de la Red Climática del INIFAP, San José de Gracia, Ags.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Los factores del ambiente son importantes en el desarrollo de todo ser vivo, incluyendo insectos, y microorganismos tales como los hongos fitopatógenos. Los principales factores que influyen en el inicio y desarrollo de las enfermedades causadas por hongos en plantas son la temperatura, la humedad, la luz, los nutrientes y el pH del suelo. Estos factores son importantes para el desarrollo crecimiento, actividad, número de generaciones, fenología, dispersión de insectos y hongos fitopatógenos. También, son importantes en la susceptibilidad de las plantas y en la penetración, infección y formación de síntomas por parte de hongos y otros microorganismos fitopatógenos (Agrios, 2005; Jaworski y Hilszczański, 2013). Por lo general, las plagas por insectos y enfermedades por hongos aparecen durante una variedad grande de condiciones del ambiente. Sin embargo, su intensidad, amplitud y frecuencia de aparición, así como los daños sobre los árboles forestales se ve afectado por el grado de variación de las condiciones que favorecen el desarrollo óptimo de una plaga o una enfermedad (Agrios, 2005; Jaworski y Hilszczański, 2013)

Se ha señalado que el estrés hídrico y otros factores del ambiente que debilitan a los árboles forestales influyen en un mayor desarrollo y afectación de plagas forestales y declinamiento por hongos endófitos que se vuelven fitopatógenos. (Butin, (1992; Gaylord et al., 1996; Panzavolta et al., 2017; Tiberi et al. 2016). En nuestro estudio (2018-2019) encontramos que la precipitación pluvial y temperatura media que prevalecieron durante los meses agosto – octubre fueron favorables para el desarrollo tanto de insectos formadores de ampollas, parasitoides encontrados en el interior de ellas y de hongos que se desarrollaron sobre estas ampollas. Se recomienda realizar más estudios sobre la interacción de la fauna (insectos) encontrada en el interior de las ampollas y su relación con los hongos desarrollados sobre estas ampollas.

7. CONCLUSIONES

1. Se descarta la hipótesis planteada de que las ampollas de las hojas de *Quercus eduardii* en la Sierra Fría sean causadas por insectos de la Familia Cynipidae.
2. Con base a los resultados del estudio se considera que las ampollas en las hojas de *Q. eduardii* son causadas por las larvas de la Familia Coleophoridae y que las avispidas de *Torymus*, *Eurytoma*, *Aprostocetus* y *Closterocerus*, encontradas en el interior de las mismas ampollas son parasitoides de estas larvas.
3. Los hongos que se desarrollan en los tejidos de las ampollas fueron: *Phoma* Desm., *Tubakia B. Sutton*, *Ascochyta* Lib. y *Seimatosporium* Corda, todos ellos fases asexuales de ascomicetos. Con base a la bibliografía consultada se considera que estos hongos son endófitos de los árboles de *Q. eduardii*.
4. En el período de estudio (2018-2019) las ampollas foliares en las hojas de *Q. eduardii* se presentaron, principalmente, entre los meses octubre a marzo que es donde se encontró la mayor incidencia (60 %) y severidad (4 %) de las mismas.
5. Se observó que las condiciones de humedad (precipitación pluvial) y temperatura, que favorecieron el desarrollo y dispersión de los insectos que forman las ampollas y hongos relacionados, se presentaron en los meses de agosto a octubre.
6. En ambos años, la incidencia (10 a 0 %) y severidad (4 a 0 %) de las ampollas foliares en hojas de *Q. eduardii* disminuyo de marzo a agosto. Pensamos que

esto último esta influído por la caída de las hojas de *Q. eduardii* previa sequía en los meses anteriores.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrios, N.G., 2005. Plant Pathology. Fifth edition. Elsevier Academic Press. U.S.A. 922 p.
2. Alcamo J., et al. 2005. Millennium Ecosystem Assesment, Ecosystem and human well being. A report of the Millenium Ecosystem Assesment. 245 pp.
3. Appel N. D. 2007. Oak wilt biology, impact, and host pathogen relationships: A Texas perspective. National Oak Wilt Symposium. Pp: 43-54.
4. Alvarado, R. D., Saavedra, R. L. de L., Almaraz, S. A., Tlapal, B. B., Trejo, R. O., Davidson, J.M., Kliejunas, J.T., Oak, S., O'Brien, J.G., Orozco, T. F. y Quiroz, R. D. 2007. Agentes asociados y su papel en la declinación y muerte de encinos (*Quercus*, Fagaceae) en el centro oeste de México. Polibotánica 23: 1-21.
5. Alvarado, R. D., Saavedra, R.L.L. y Almaraz, S.A. 2008. Primer Reporte de *Phytophthora cinnamomi* Rands. asociado al encino (*Quercus* spp.) en Teconapa, Guerrero, México. Agrociencia 42: 565-572.
6. Ariyak E. S. and Tuzun A. 2014. Contribution to the knowledge of the *Aprostocetus* Westwood, 1833. (Hymenoptera: Tetrastichinae) from Kırıkkale and Çankırı (Turkey) with some new records. Türk. entomol. derg. 38 (4): 415-426.
7. Arizaga S., Martínez-Cruz J., Salcedo-Cabrales M. y Bello-González M. A. 2009. "Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos". Instituto Nacional de Ecología, México. 147 p.
8. Askew R. R. 1965. The biology of the genus *Torymus* Dalman (Hymenoptera: Torymidae) associated with galls of cynipidae (Hymenoptera) on oak, whit spetial reference to alternation of forms. Transactions of the Society of the British Entomology 16: 217-232.
9. Barnett, H.L. and Hunter, B.B., 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth Edition. APS Press. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 218 p.

10. Belhoucine L., Bouhraoua R. T., Meijer M., Houbraken J., Jamal Harrak M. J. , Samson R. A., Equihua-Martinez A. and Pujade-Villar J. 2011. Mycobiota associated with *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Curculionidae, Platypodidae) in cork oak stands of North West Algeria, Africa African Journal of Microbiology Research 5 (25): 4411-4423.
11. Bennett A., Ponder M. M. and Garcia-Diaz J. 2018. *Phoma* Infections: Classification, Potential Food Sources, and Its Clinical Impact. Microorganisms 6: 58. 12 p.
12. Boucek, Z. 1988. Australasian Chalcidoidea (Hymenoptera). A biosystematic revision of genera of fourteen families, with a reclassification of species. Wallingford, Oxon, U.K. 832 p.
13. Braun, U., C. Nakashima, P.W. Crous, J. Z. Groenewald, O. Moreno-Rico, S. Rooney-Latham, C.L. Blomquist, J. Haas, J. Marmolejo. 2018. Phylogeny and taxonomy of the genus *Tubakia* s. lat. Fungal Systematics and Evolution. 1: 41-99.
14. Bugbee R. E. 1967. Revision of Chalcid wasp of genus *Eurytoma* in America North of Mexico. Proceedings of the United States National Museum 118: 433-552.
15. Butin H. 1992. Effect of endophytic fungi from oak (*Quercus robur* L.) on mortality of leaf inhabiting gall insects. European Journal of Forest Pathology. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1992.tb00788.x>
16. Cibrián T., D. (Ed.). 2017. Fundamentos de Entomología Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. 531 p.
17. Challenger, A. y J. Soberón, 2008. “Los ecosistemas terrestres de México”. En: *Capital natural de México*, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad, J. Soberón, G. Halfter y J. Llorente (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad- CONABIO-, México. ISBN 978-607-7607-03-8. p. 87-108.
18. Chen Q., Jiang J.R., Zhang G. Z., Cai L., Crous. P.W. 2015. Resolving the *Phoma* enigma. Studies In Mycology 82: 137–217.

19. Chun, H. y Cutkomp, L. 1992. How to know the immature insects. Second edition McGraw-Hill. pp 150.
20. Clark-Tapia R., Cecilia Alfonso-Corrado, Jorge E. Campos, Gabriel González-Adame, Marcelo Briano-Silva, Víctor Aguirre-Hidalgo y José Arturo Casasola-González. 2013. Abundancia y distribución de agallas foliosas en *Quercus resinosa* Liemb. (Fagaceae) en Aguascalientes, México. Polibotánica 36: 129-145.
21. Collado J., Platas G., González I. and Peláez F. 1999. Geographical and seasonal influences on the distribution of fungal endophytes in *Quercus ilex*. New Phytol. 144: 525-532.
22. CONAFOR, 2007. Más por los bosques y las Selvas de México. México: Pro Árbol.
23. Connor E. F. and Cargain M. J. 1994. Density-related foraging behaviour in *Closterocerus frlcincfus*, a parasitoid of the leaf-mining moth, *Cameraria hamadryadella*. Ecological Entomology 19: 327-334.
24. De la Cerda, M.E., 1999. Encinos de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 2da Ed. 77 p.
25. De Paiva C. A.A., Edson Ampélio P. E., Sarah Da Silva C. G. S., Maneti K. S. E., Agredo H. M. J., and De Souza E. P. 2011. Comparision and validation of diagrammatic scales for brown eye spot in coffe tree leaves. Ciênc. agrotec., Lavras 35 (6): 1067-1076.
26. De la Paz Pérez O.C., Dávalos S.R. y Guerrero C.E. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. Maderas y Bosques 6:3-13.
27. Dykstra, M. J, and Reuss L. 2003. Biological Electron Microscopy: Theory, Techniques and Troubleshooting. Kluwer Academic/Plenum, 2003. New York. 534 p.
28. Evans G., Moreno-Rico O., Luna-Ruíz J. L., Sosa-Ramírez J., Moreno-Manzano C. E. 2019. Isolation and identification of *Taphrina caerulescens* in *Quercus eduardii* in Aguascalientes, México. Agrociencia 53 (5): 781-795.
29. FAO. 2015. Forest Resources Assessment Working Paper 180. Fra 2015, Terms and Definitions. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. <http://www.fao.org/3/ap862e/ap862e00.pdf>. 31 p.

30. Fernández, F. y M.J. Sharkey. 2006. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. 667 pp.
31. Ferracini Ch., Ferrari E., Pontini M., Hernández L. K. Nova, Matteo A. Saladini M. A. and Alma A. 2017. Post-release evaluation of non-target effects of *Torymus sinensis*, the biological control agent of *Dryocosmus kuriphilus* in Italy. *BioControl* 62: 445–456.
32. Fisher P. J., Petrini O., Petrini L. E. and Sutton B. C. 1994. Fungal endophytes from the leaves and twigs of *Quercus ilex* L. from England, Majorca and Switzerland. *New Phytol.* 127: 133-137.
33. Franceschini A., Linaldeddu B. T. and Marras F. 2005. Occurrence and distribution of fungal endophytes in declining cork oak forests in Sardinia (Italy). *Integrated Protection in Oak Forests. IOBC/wprs Bull.* 28 (8): 67-74.
34. Frías D., Henry A., Alviña A., Landry K. F. 1996. Aspectos de la biología, taxonomía y control de las especies del género *Coleophora* (Coleophoridae: Lepidoptera) de distribución Chilena. *Acta. Ent. Chilena* 20: 115-122.
35. Fursov V. N., Zerova M.D. and Kodan M. 2019. The first record of *Eurytoma coleopterae* Zerova, 1978 (Hymenoptera: Eurytomidae) as larval parasitoid of weevils and jewel beetles (Coleoptera: Curculionidae, Buprestidae) in Turkey and Turkmenistan. *Ukrainian Entomological Journal* 1 (16): 16–20.
36. Gaylord S. E., Preszler W. R. and Boecklen J. W. 1996. Interactions between host plants, endophytic fungi, and a phytophagous insect in an oak (*Quercus grisea* x *Q. gambelii*) hybrid zone. *Oecologia* 105: 336–342.
37. González-Espinosa, M., Meave, J., Ramírez-Marcial, N., Toledo-Aceves, T., Lorea-Hernández, F. e Ibarra-Manríquez, G. 2012. Los bosques de niebla en México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas* 21 (1-2): 36-52.
38. Gonthier P., Gennaro M. and Nicolotti G. 2006. Effects of water stress on the endophytic mycota of *Quercus robur*. *Fungal Diversity* 21: 69-80.
39. Goulet, H. and Huber J. T. 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Agriculture Canada, Ottawa, Ontario (Canada). 668 p.
40. Govaerts, R. y Frodin, D.G. 1998. World checklist and bibliography of Fagales (Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae and Tycodendraceae). Royal Botanical Gardens, Kew. Inglaterra, 407 p.

41. Graham, M.W.R. de V. and Gijswijt, M. J. 1998. Revision of the European species of *Torymus Dalman* (s. lat.) (Hymenoptera: Torymidae). Zoologische Verhandlungen 317:1-202.
42. Gruyter J., Woudenberg J.H.C., Aveskamp M.M., Verkley G.J.M., Groenewald J.Z. and P.W. Crous. 2013. Redisposition of *Phoma*-like anamorphs in Pleosporales. Studies in Mycology 75: 1–36.
43. Halffter, G., Llorente-Bousquets, J., y Morrone, J. J. (2008). La perspectiva biogeográfica histórica. In Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México. CONABIO. pp. 67–86.
44. Harrington T. C. and McNew D. M. 2018. A re-evaluation of *Tubakia*, including three new species on *Quercus* and six new combinations. Antonie van Leeuwenhoek doi.org/10.1007/s10482-017-1001-9.
45. Harrington T. C., 2007. The genus *Ceratocystis*: Where does the oak wilt fungus fit? In: Billings R. F. and Appel D. N. (Eds.) The Proceedings of the 2nd National Oak Wilt Symposium. National oak wilt symposium. Austin, Texas. EE. UU. pp. 27-41
46. Harrington T. C., McNew D, Yun H. Y. 2012. Bur oak blight, a new disease on *Quercus macrocarpa* caused by *Tubakia iowensis* sp. nov. Mycologia 104:79–92.
47. Herrera, T. y Ulloa, M. 1990. El Reino de los Hongos. UNAM. Fondo de la Cultura Económica. México. 552 p.
48. Hussain H., Jabeen F., Al-Harras A., Maboodb A. A. F., Hussain J., Shahd A., Hassanb Z., Rehmanb N. U., Greene I. R., Khanb A., Dzehab T., Draegerf S., Schulzf B. and Krohna K. 2015. Journal of Asian Natural Products Research 17 (4): 348–351.
49. Hussain H., Root N, Jabeen F., Al-Harrasi A., Al-Rawahi A., Ahmadc M., Hassan Z., Abbas G., Mabood F., Shah A., Badshah A., Khan A., Ahmadb R., Green I. R., Draeger S., Schulz B., and Krohn K. 2014. Seimatoric acid and colletonic acid: Two new compounds from the endophytic fungi, *Seimatosporium* sp. and *Colletotrichum* sp. Chinese Chemical Letters 25: 1577–1579.
50. Ioan M. 2017. Parasitic complexes of some scale insects harmful for oak (Coccinea: Coccidae) Kermesidae) from the East of Romania. Actual problems of zoology and parasitology: achievements and prospects. International symposium. pp 46-47.

51. Jankowiak R. 2008. Fungi Occurring in Acorn of *Quercus robur* L. Infested by Insect. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 7(1): 19-29.
52. Jaworski T. and Hilszczański J. 2013. The effect of temperature and humidity changes on insect development and their impact on forest ecosystems in the context of expected climate change. Leśne Prace Badawcze (Forest Research Papers) 74 (4): 345–355.
53. Jones G. D. 1998. The epidemiology of plant diseases. Kluwer Academic Publishers. Great Britain. 384 p.
54. Kinuura H. 2002. *Raffaelea* sp., in the Mycangium and Proventriculus in Relation to Adult Stages of the Oak Platypodid Beetle, *Platypus quercivorus* (Coleoptera; Platypodidae). Journal of Forest Research 7 (1): 7-12.
55. Kelman C. A., Boothroyd W. C., Davis H. B., Deep W. I., Diachun S., Fulton, P. J., Hendrix W. J., Mitchel E. J., Owen H. J., Sill H.W Jr., Stevens, B. R. and Zabel R. 1967. Sourcebook of laboratory exercises in plant pathology. APS. EEUU. 387 p.
56. KosK., Kriston E. and Melika G. 2015. Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and association with oak gall wasps in Slovenia. Eur. J. Entomol. 112 (4): 698–704.
57. Kulfan, M., Holecová, M. & Beracko, P., 2013. Dalechampii oak (*Quercus dalechampii* Ten.), an important host plant for folivorous lepidoptera larvae. Animal Biodiversity and Conservation, 36.1: 13–31.
58. Kulfan M., Holecová M. and Fajčík J. 2006. Caterpillar (Lepidoptera) communities on European Turkey oak (*Quercus cerris*) in Malé Karpaty Mts (SW Slovakia). Biologia, Bratislava, 61 (5): 573-578.
59. Kumar S. and Kaushik N. 2012. Metabolites of endophytic fungi as novel source of biofungicide: a review. Phytochemistry Reviews 11: 507–522.
60. La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). México.
61. LaSalle J. 1994. North American genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). Journal of Natural History 28: 109-236.
62. Linaldeddu B. T., Sirca C., Spano D. and Franceschini A. 2010. Variation of endophytic cork oak-associated fungal communities in relation to plant health and water stress. Forest Pathology 41 (3): 1-13.

63. Linaldeddu B. T., Maddau L., and Franceschini A. 2005. Preliminary in vitro investigation on the interactions among endophytic fungi isolated from *Quercus* spp. *Integrated Protection in Oak Forests*. IOBC/wprs Bull. 28 (8): 101-102.
64. Li-Wei Wang, Bai-Ge Xu, Jia-Ying Wang, Zhen-Zhu Su, Fu-Cheng Lin, Chu-Long Zhang & Christian P. Kubicek. 2012. Bioactive metabolites from *Phoma* species, an endophytic fungus from the Chinese medicinal plant *Arisaema erubescens*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 93: 1231–1239.
65. Lotfalizadeh H. and Gharali B. 2005. Introduction to the Torymidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Iran. *Zoology in the Middle East* 36: 67-72.
66. Luna-José, A. L., Montalvo–Espinosa L., & Rendón–Aguilar B. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 72: 107–117.
67. Marañón, T., Ibáñez, B., Anaya-Romero, M., Muñoz-Rojas, M., PérezRamos, I. M. 2012. Oak trees and woodlands providing ecosystem services in southern Spain. En: Roterham, I. D. et al. (eds.). *Trees Beyond the Wood. An exploration of concepts of woods, forests and trees*. Wildtrack Publishing, Venture House, Sheffield, Reino Unido. pp. 369-378.
68. Marmolejo, G. J. 1991. El manchado azul de la madera en Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. U.A.N.L. Linares, N.L. Reporte Científico No. 27. 61 p.
69. Marmolejo, M.G.J. and Butin, H. 1990. New conifer-inhabiting species of *Ophiostoma* and *Ceratocystiopsis* (Ascomycetes, Microascales) from Mexico. *Sydowia*. 42: 193-199.
70. Marmolejo, J. G. y García-Ocañas, F. 1993. Contribuciones micologicas en homenaje al biologo Jose Castillo Tovar por su labor en pro de la micologia mexicana. U.A.N.L. Reporte Científico, No. Especial 13: 155–170.
71. Marmolejo-Moncivais, J. G. 1989. Forstpathologische untersuchungen zur Pilzflora Nordost-Mexikos. PhD dissertation, Universitat Gottingen.
72. Martínez- Calderón V. M. 2018. Ecología y diversidad de comunidades arbóreo-arbustivas en monte Grande, Sierra Fría, Aguascalientes, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México. 105 p.

73. Martínez-Calderón V. M., Siqueiros Delgado M. E., Martínez-Ramírez J. 2018. Especies de *Quercus* (Fagaceae) presentes en el área natural protegida de Sierra Fría Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia* 25 (71): 12-18.
74. Martínez-Calderón M. M., María Siqueiros-Delgado M. E. & Martínez-Ramírez J. 2017. Checklist of the genus *Quercus* (Fagaceae) of Aguascalientes, México. *Check List* 13 (1): 1-21.
75. Martínez, M. 1981. *Los Encinos de México*. 2ª. ed. Anales del Instituto de Biología, Comisión Forestal del Estado de Michoacán, México. 358 p.
76. Meijuan F., Jianfeng W., Yaojian H. and Yufen Z. 2006. Rapid Screening and Identification of Brefeldin A in Endophytic Fungi Using HPLC-MS/MS. *Front. Chem. China* 1: 15–19.
77. Melika G., D. Cibrián-Tovar, V. D., Cibrián-Llenderal, J. Tormos & J. Pujade-Villar. 2009. New species of oak gall wasp from Mexico (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) – a serious pest of *Quercus laurina* (Fagaceae). *Dugesiana* 16 (2): 67-73.
78. Michereff S. J. 1998. *Quema das folhas do inhame: quantificação, levantamento da intensidade e dinâmica espaço-temporal*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. (Tese de Doutorado).
79. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystem and human well being. A report of the Millenium Ecosystem Assesment*. 155 pp.
80. Moreno-Rico, O., Frías-Treviño, A.G., Luna-Ruiz, J.J., Manzano-Flores, D.E., Romero-Cova, S., and Séguin-Swartz, G. 2001. Characterization and pathogenicity of isolates of *Leptosphaeria maculans* from Aguascalientes and Zacatecas, México. *Can. J. Plant Pathol.* 23 (3):270-278.
81. Moreno-Rico O., Sánchez M. G., Marmolejo-M. J. G., Pérez H. K. y Moreno M. C. E. 2015. Diversidad de hongos Ophiostomatoides en pinos de la Sierra Fría de Aguascalientes, México, asociados con *Dendroctonus mexicanus*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86 (1):1-8.
82. Moreno-Rico O., Velásquez V. R., Sánchez M. G., Siqueiros D.M.E., De La Cerda L.M. y Díaz M.R. 2010. Diagnóstico fitopatológico de las principales enfermedades en diversas especies de encinos y su distribución en la Sierra Fría de Aguascalientes, México. *Polibotánica* 29: 165-189.

83. Moreno-Rico O., José G. Marmolejo-Monsivais, Celeste E. Moreno-Manzano. Karla de J. Pérez Hernández. 2015. Primer reporte de *Taphrina caerulescens* en *Quercus* spp. de la Sierra Fría de Aguascalientes. Memorias del XI Congreso Nacional de Micología. Pp. 133-134.
84. Moricca S., Ginetti, B., and Ragazzi S. 2012. Species- and organ-specificity in endophytes colonizing healthy and declining Mediterranean oaks. *Phytopathologia Mediterranea* 51 (3): 587–598.
85. Mostacedo B. y Fredericksen, T. S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia.
86. Muesebeck C. F. W., Krombein K. V. and Townes H. K. 1951. Hymenoptera of America North of Mexico: Synoptic Catalog. USDA. USA. Washington D. C. Agriculture Monograph No. 2. 1420 p.
87. Munro J. B., Heraty J. M., Burks R. A., Hawks D., Mottern J., Cruaud A., Jean-Yves Rasplus and Jansta P. 2011. A Molecular Phylogeny of the Chalcidoidea (Hymenoptera). *PLoS ONE* 6(11): e27023. doi:10.1371/journal.pone.0027023.
88. Nag Rag, T.R., 1993. Coelomycetous Anamorphs with Appendage Bearing Conidia. Mycologue Publications, Waterloo, Ontario, Canada. 1102 p.
89. National Geographic España. Insectos. 2020. <https://www.nationalgeographic.com.es/animales/insectos> [Consulta: 16 enero 2020].
90. Nieves-Aldrey, J.L., 2001. Hymenoptera, Cynipidae. En: *Fauna Ibérica*, vol. 16. Ramos, M.A. et al (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid. 636 pp.
91. Nixon K.C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. In: Ramammoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. (Eds.). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*, Oxford University Press, Nueva York. pp. 447-458.
92. Norphanphoun Ch., Maharachchikumbura S. S. N., Daranagama D. A., Bulgakov T. S., Bhat D. J., Bahkali A. H. and Hyde K. D. 2015. Towards a backbone tree for *Seimatosporium*, with *S. physocarp* sp. nov. *Mycosphere* 6 (3): 385–400.
93. Novotný D. 2007. Studium endofytických hub zemědělsky významných rostlin. In: Nováková A., ed., *Sborník příspěvků z workshopu Micromyco 2007*, p. 97–101, České Budějovice.

94. Noyes J. S. 2019. Universal Chalcidoidea Database website. Available: <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/> Acceso el 25 de Octubre de 2019.
95. Paretas-Martínez J., Forshage M., Buffington M., Fisher N., La Salle J. and Pujade-Villar J. 2013. Overview of Australian Cynipoidea (Hymenoptera). *Australian Journal of Entomology* 52: 73–86.
96. Panzavolta T., Panichi A., Bracalini M., Croci F., Ginetti B., Ragazzi A., Tiberi R. and Moricca S. 2017. Dispersal and Propagule Pressure of *Botryosphaeriaceae* Species in a Declining Oak Stand is Affected by Insect Vectors. *Forests* 2017, 8, 228; doi:10.3390/f8070228.
97. Pastrana, J. A. 1963. La familia Coleophoridae (LEP.) en la America Latina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 26: 89-101.
98. Pérez, A. O. Alvarado, R. D., Cárdenas S. E., Equihua M.A., Cibrián, T.D., Alvarez M.G.J., Mejía, S.D. y Harrington, C.T. 2009. *Ophiostoma ips* asociado al insecto descortezador (*Dendroctonus adjunctus*) del pino de las alturas (*Pinus hartwegii*). *Revista Mexicana de Micología* 30: 9-18.
99. Pérez-Olvera, C. y Dávalos-Sotelo R. 2008. Algunas características anatómicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México, *Madera y Bosques* 14: 43-80.
100. Protasov A., Blumberg D., Brand D., La Salle J. and Mendel Z. 2007. Biological control of the eucalyptus gall wasp *Ophelimus maskelli* (Ashmead): Taxonomy and biology of the parasitoid species *Closterocerus chamaeleon* (Girault), with information on its establishment in Israel. *Biological Control* 42: 196–206.
101. Przybył K. 2006. More important infection diseases. In: Bugała W. (Ed.) *Dęby* (*Quercus robur* L.; *Q. petraea* (Matt.) Liebl.). Our forest trees. Bogucki Scientific Publisher, Poznań, pp. 742–773.
102. Pujade V., J. 2017. Superfamilia Cynipoidea. En: Cibrián T., D. (Ed.). *Fundamentos de Entomología Forestal*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. 347p.
103. Pujade-Villar J, S. Romero-Rangel, C. Chagoyán-García, A. Equihua-Martínez, Estrada-Venegas E. G. & Melika G. 2010. A new genus of oak gall wasps, *Kinseyella* Pujade-Villar & Melika, with a description of a new species from Mexico (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) *Zootaxa* 2335: 16–28.
104. Pujade-Villar J., Rosa D. García-Martiñón, Amando Equihua-Martínez, Edith G. Estrada-Venegas & Mar Ferrer-Suay. 2014. Una nueva especie mexicana

(Hym., Cynipidae) que induce agallas tuberosas en ramitas de encinos (Fagaceae). Boletín de la Institución Catalana de utilletí de la Institución Catana de Historia Natural 78: 93-98.

105. Raman A., Wheatley W., and Popay A. 2012. Endophytic Fungus–Vascular Plant–Insect Interactions. *Environmental Entomology* 41 (3): 432-447.
106. Ragazzi A., Moricca S., Capretti P. and Dellavalle I. 2008. Endophytic presence of *Discula quercina* on Declining *Quercus cerris*. *Journal of Phytopathology* 147: 437-444.
107. Reina P. and La Salle J. 2017. Key to the World Genera of Eulophidae Parasitoids (Hymenoptera) of Leafmining Agromyzidae (Diptera). https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eulophidae_parasitoids/index.html.
108. Ribes-Escolà A., 2007-2012. Himenòpters de Ponent Web. <http://www.ponentfaunatr.org/>
109. Rodríguez L. L. D. 2016. Identificación de hongos ophiostomatoides causantes del manchado de la madera de los encinos (*Quercus potosina*) de la sierra fría de Aguascalientes a partir de las galerías de *Megapurpuricenus magnificus*. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags., México. 74 p.
110. Romero C. S. 1996. Hongos Fitopatógenos. Segunda Edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. 347 p.
111. Sánchez-Martínez, G., O. Moreno-Rico, and M.E. Siqueiros-Delgado. 2010. *Crioprosopus magnificus* Leconte (Coleoptera: Cerambycidae) in Aguascalientes Mexico: Biological observations and geographical distribution. *The Coleopterist Bulletin* 64 (4): 319-328.
112. Sanchez V., Cambra R. A., Nieves-Aldreya J. L. y Medianero E. 2013. Parasitoides asociados a Cecidias inducidas por avispa Cynipidae (Hymenoptera) en plantas del género *Quercus* (Fagaceae) en Panamá. *Ciencia (Panamá)* 23 (1): 25-56.
113. Schauff, M. E., Gates, M. y La Salle, J. 2006. Familia Eulophidae. En: Fernández, F. y Sharkey, M. J. (Eds.). *Introducción a los Hymenoptera de la región Neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp. 755-760.
114. Serrano-Muñoz M., Villegas-Guzmán G. A., Callejas-Chavero A., Lomeli-Flores J. R., Barrera-Ruiz U. M., Pujade-Villar J. y Ferrer-Suay M. 2016. Himenopteros asociados a las agallas de *Andricus quercuslanigera* (Hymenoptera: Cynipidae,

- Chalcidoidea) de Sierra de Guadalupe, Estado de México. *Entomología Mexicana* 3: 177–182.
115. Shikano I., Rosa C., Ching-Wen T. and Felton W. G. 2017. Tritrophic Interactions: Microbe-Mediated Plant. Effects on Insect Herbivores. *Annual Review of Phytopathology* 55: 313-331.
 116. Siqueiros, D.M.E., 1989. Coníferas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes, 68 pp.
 117. Six L. D. and Klepzig K.D. 2004. *Dendroctonus* Bark Beetles as Model Systems for Studies on Symbiosis. Presented at the 4th International Symbiosis Congress, August 17–23, 2003, Halifax, Canada. 26 p.
 118. Six L. D. and J. Wingfield J. M. 2011. The Role of Phytopathogenicity in Bark Beetle–Fungus Symbioses: A Challenge to the Classic Paradigm. *Rev. Entomol.* 56:255–272.
 119. Sugie Y., Dekker K. A., Hirai H., Ichiba T., Ishiguro M., Shiomi Y., Sugiura A., Brennan L., Joan Duignan J., Huang L. H., Joyce Sutcliffe J. and Kojima Y. 2001. CJ-15,801, a Novel Antibiotic from a Fungus, *Seimatosporium* sp. *The Journal of the antibiotics* 54 (12): 1060-1065.
 120. Swiecki, T.J. y E.A. Bernhardt. 2006. A field guide to insects and diseases of California oaks. Gen. Tech Rep. PSW-GTR-197. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 151 p.
 121. Sunderlin, W. D., Angelsen A., Belcher B., Burgers P., Nasi R., Santoso L. and Wunder S. 2005. Livelihoods, Forests, and Conservation in Developing Countries: An Overview. *World Development* 33 (9): 1383–1402.
 122. Tanaka K, Endo M., Hirayama K., Okane I., Hosoya T. and Sato T. 2011. Phylogeny of *Discosia* and *Seimatosporium*, and introduction of *Adisciso* and *Immersidiscosia* genera nova. *Persoonia* 26, 2011: 85–98.
 123. Takamatsu S., Siahaan A. S. S., Moreno-Rico O., Cabrera de Álvarez G. M. y Braun U. 2016. Early evolution of endoparasitic group in powdery mildews: molecular phylogeny suggests missing link between *Phyllactinia* and *Leveillula*. 2016. *Mycologia* 108 (5): 837-850.
 124. Tainter, F.H., O'Brien, J.G., Hernández, A., Orozco, F., and Rebolledo, O. 2000. *Phytophthora cinnamomi* as a cause of oak mortality in the state of Colima, Mexico. *Plant Dis.*, 84(4): 394-398.

125. Terhonen E., Blumenstein K., Kovalchuk A. and Asiegbu F. O. 2019. Forest Tree Microbiomes and Associated Fungal Endophytes: Functional Roles and Impact on Forest Health. *Forests* 10: 42.
126. Thorsteinson, 1960. Introducción a la Entomología. p. 45-47.
127. Tibery R., Branco M., Bracalini M., Croci F. and Panzavolta T. 2016. Cork oak pests: a review of insect damage and management. *Annals of Forest Science* 73:219–232.
128. Ülgentunr S. and Toros, S. 1999. Natural enemies of the oak scale insect *Eulecanium Ciliatum* (Douglas) (Hemiptera: Coccidae) in Turkey. *Entomologica Bari* 33: 219-224.
129. Udvardy, M. D. F. 1975. A Classification of the biogeographical provinces of the World (IUCN Occasional Paper, no. 18). Switzerland. 48 p.
130. Vázquez, S. L., Tamarit, U.J.C., Quintanar, O.J. y Varela, F.L. 2004. "Caracterización de la declinación de bosques de encino en "Sierra de Lobos" Guanajuato, México". *Polibotánica* 17: 1-14.
131. Valencia, A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Bol. Soc. Bot., Mex.* 75: 33-53 p.
132. Valencia, A. S. y G. Flores-Franco. 2006. Catálogo de Autoridad Taxonómica del género *Quercus*, Fagaceae en México. Facultad de Ciencias, UNAM. Base de Datos SNIB-CONABIO proyecto CS008. México, D.F.
133. Vázquez, S. L.; Tamarit, U.J.C.; Quintanar, O.J. y Varela, F.L., 2004. Caracterización de la declinación de bosques de encino en Sierra de Lobos Guanajuato, México". *Polibotánica*, 17: 1-14.
134. Villar J. P. 1992. Sobre las especies de *Aprostocetus* Westwood, 1833, recolectadas en Cataluna en agallas de cinípidos producidas sobre especies del género *Rosa* y *Quercus* (Hymn., Chalcidoidea, Eulophidae). *Orsis* 7: 79-85.
135. Villaseñor, R. J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87 (3): 559-902.
136. Yang X., Strobel G., Stierle A. Hess W. M., Lee J. and Clardy. 1994. A fungal endophyte-tree relationship: *Phoma* sp. in *Taxus wallachiana*. *Plant Science* 102 (1): 1-9.
137. Wrzesińska D. 2017. Insects mining leaves of English oak *Quercus robur* L. in Bydgoszcz and its vicinity. *Forest Research Papers* 78 (4): 337–345.

138. Yefremova Z. A., Yegorenkova E. N., and Mishchenko A. V. 2013. Eulophid Wasps (Hymenoptera: Eulophidae), Parasitoids of Leaf-Mining Moths (Lepidoptera: Gracillariidae, Nepticulidae, Tischeriidae) on the English Oak in the Middle Volga Area. *Entomological Review* 93 (3): 309–315.
139. Yun H. Y., Rossman A. Y. (2011). *Tubakia seoraksanensis*, a new species from Korea. *Mycotaxon* 115:369–373.
140. Yu W. and Liang-Dong G. 2004. Endophytic fungi II. New records from pine in China. *Mycosystema* 23 (1): 24-27.
141. Zaché, B., Wilcken, C. F., Zaché. R. R. Z., Soliman, E. P. y San Román, L. 2010. *Trichospilus diatraeae* Cherian y Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), un nuevo parasitoide de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae). *Idesia (Chile)*. 28 (3), 111-114.
142. Zerova M. D. and Seryogina L. Y. 2009. A Review of Palaearctic Species of the *Eurytoma cynipsea* Group (Hymenoptera: Eurytomidae) with a Description of a New Species from Iran. *Entomological Review* 89 (6): 721–729.
143. Zhou, X., De Beer, Z. W., Cibrián, D., Wingfield, D. B. y Wingfield, J. M. (2004). Characterisation of *Ophiostoma* species associated with pine bark beetles from Mexico, including *O. pulvinisporum* sp. nov. *Mycological Research* 108: 690–69.