



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

**FACTORES DE MORTALIDAD EN BELLOTAS DE
Quercus mexicana Humb. & Bonpl. EN EL PARQUE ESTATAL
SIERRA DE TEPOTZOTLÁN, ESTADO DE MÉXICO**

**TESIS:
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**

**PRESENTA:
ACOSTA PERCASTEGUI JEANNETTE**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México
Diciembre de 2006

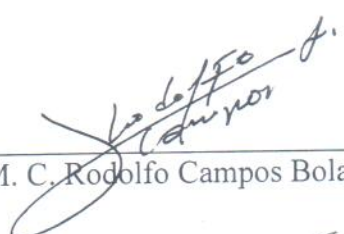


**FACTORES DE MORTALIDAD EN BELLOTAS DE *Quercus mexicana*
Humb. & Bonpl, EN EL PARQUE ESTATAL SIERRA DE TEPOTZOTLÁN,
ESTADO DE MÉXICO**

Tesis realizada por la Ing. Jeannette Acosta Percastegui bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:


M. C. Rodolfo Campos Bolaños

ASESOR:


Dr. Fernando Zavala Chávez

ASESOR:


Dr. José Turió Méndez Montiel

Chapingo, Estado de México, Diciembre de 2006.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y División de Ciencias Forestales, por considerarme dentro de su programa de postgrado y haberme brindado la oportunidad de obtener el grado de maestro en ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por haberme proporcionado el apoyo económico necesario para poder cumplir mi formación de postgrado.

A la Delegación Regional Tepotzotlán de la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, por el gran apoyo brindado en la fase de campo de la presente investigación.

Al M. C. Rodolfo Campos Bolaños, por la dirección, sugerencias y tiempo brindado al proceso de mi formación de postgrado y desarrollo de la investigación.

Al Dr. Fernando Zavala Chávez, por sus atinadas sugerencias, tiempo y valiosa contribución en mi formación y terminó de la presente.

Al Dr. José Tulio Méndez Montiel, por sus acertadas recomendaciones y tiempo depositados en el desarrollo y culminación de esta investigación.

A la M. C. Silvia Edith García Díaz, por su gran disposición, atinadas sugerencias e inapreciable tiempo dedicados a la culminación de la presente.

A la Biol. Leonor Sandoval Cruz, por el invaluable apoyo y conocimientos brindados en la obtención de esta investigación.

A la M. C. Beatriz Cecilia Aguilar Valdez, por sus consejos, invaluable apoyo y amistad.

A todos los maestros de la División de Ciencias Forestales, por proporcionarme sus valiosos conocimientos e invaluable experiencia.

BIBLIOTECA DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES

DEDICATORIAS

A Dios, por permitirme vivir, cumplir y compartir con mis seres queridos este momento de mi vida.

A mis padres Joel Acosta Martínez y Yolanda Percastegui González, por su incondicional apoyo y amor, a quienes debo todo lo que tengo y soy... LOS AMO

A mis hermanos Arianna y Alan, por todo el amor que nos mantiene unidos, quienes me impulsan a ser mejor cada día... LOS AMO

A mis abuelos: Benito y Felipa¹; Carmen² y Francisco³, porque aunque no estemos juntos dondequiera que se encuentren cuento con su cariño.

A mis tíos paternos: Eufemia, Valentín, Mayra y Olivia, por su cariño y apoyo.

A mis tíos maternos: Gloria, Aaron, Lidia, Felipe, Enrique, Israel, Areli, Yadira y Nadia por que todos de una manera u otra siempre me han apoyado y brindado su cariño.

A todos y cada uno de mis primos por su cariño y amistad, especialmente a Jean Paúl, con quien, por circunstancias de la vida, he podido compartir mayor tiempo.

A mis amigas y amigos: Lorena, Eliud, Arisel, Josefina; Abraham, Alain Ricardo, Ángel Antonio, Luis Miguel, Bocho, José Antonio y Randi, por todos y cada uno de los momentos que hemos compartido y su inigualable amistad.

Jeannette.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora nació el 8 de septiembre de 1980 en Tepatepec de Francisco I. Madero, Hidalgo. De 1986 a 1992 cursó el nivel primaria en la Escuela Primaria Urbana Federal “Francisco I. Madero” ubicada en el misma localidad. En el periodo 1992 – 1995 realizó sus estudios de educación secundaria en la Escuela Secundaria General “Emiliano Zapata” en el mismo lugar. De 1995 a 1998 estudio el nivel medio superior en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. En 1998 curso en la División de Ciencias Forestales de esta misma Universidad su licenciatura, egresando en el año 2002 y obteniendo el título de Ingeniero Forestal con la tesis titulada “Ecología de la semilla de *Lupinus montanus* H. B. K.”, en el año 2003.

De septiembre a diciembre de 2003 trabajo en el Área de Cambio de Uso de Suelo de la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en la Ciudad de México, Distrito Federal.

De enero de 2004 a diciembre de 2005 estudio la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales en la Universidad Autónoma Chapingo.

**FACTORES DE MORTALIDAD EN BELLOTAS DE *Quercus mexicana*
Humb. & Bonpl., EN EL PARQUE ESTATAL SIERRA DE TEPOTZOTLÁN,
ESTADO DE MÉXICO**

**MORTALITY FACTORS IN ACORNS FROM *Quercus mexicana*
Humb. & Bonpl., IN TEPOTZOTLÁN MOUNTAIN RANGE STATE PARK,
MEXICO STATE**

Acosta Percastegui Jeannette¹

Campos Bolaños Rodolfo²

RESUMEN

Se evaluó la sobrevivencia de una cohorte de 1735 bellotas de *Quercus mexicana* Humb. & Bonpl., durante su periodo de desarrollo y maduración, en el Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, en el Estado de México; utilizando la técnica de tabla de vida. La sobrevivencia se estudio en campo durante cuatro meses y finalmente solo se obtuvieron 57 bellotas sanas. La identificación de los factores de mortalidad se realizó en laboratorio. Se reconocieron siete factores de mortalidad, que fueron cuatro grupos de insectos del género *Curculio* spp., una palomilla del orden Lepidoptera, la avispa agalladora de la familia Cynipidae (Hymenoptera) y varias mosquitas de la familia Cecidomyiidae (Diptera); una especie de hongo *Alternaria tenuissima* Ness; aborto y algunos factores ambientales.

Palabras clave: *Quercus mexicana*, tabla de vida, factores de mortalidad.

¹ Tesista

² Director de tesis

ABSTRACT

The survival of a cohort of 1735 acorns from *Quercus mexicana* Humb. & Bonpl., was evaluated during its period of development and maturation in Tepotzotlán Mountain Range State Park in Mexico State, using the life table technique. Finally, only 57 healthy acorns were registered in the survival study done in the field for four months. The mortality factors were identified in a laboratory. Seven mortality factors were recognized: four groups of insects of the genus *Curculio* spp.; a moth of the Lepidoptera order; the gall wasp of the Cynipidae family (Hymenoptera); several flies of the Cecidomyiidae family (Diptera); a species of fungus *Alternaria tenuissima* Ness; abortion; and some enviromental factors.

Key words: *Quercus mexicana*, life table, mortality factors.

¹ Thesis author

² Thesis director

ÍNDICE

Contenido	Página
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general.	2
2.2 Objetivos específicos.	2
3. REVISION DE LITERATURA.....	3
3.1 Mortalidad en bellotas.....	3
3.1.1 Plagas y enfermedades en las bellotas de los encinos.....	3
3.1.1.1 Plagas en las bellotas de encinos.....	3
3.1.1.2 Las enfermedades de las bellotas.	12
3.2 Evaluación de mortalidad.....	13
3.2.1 Tablas de vida.	14
3.2.1.1 Tablas de vida estática.	15
3.2.2 Identificación de factores de mortalidad.	16
3.2.2.1 Identificación de patógenos.	16
3.2.2.2 Identificación de insectos.	20
3.2.2.3 Competencia durante el desarrollo y maduración de bellotas.....	22
3.3 Generalidades de los encinos.	23
3.3.1 Descripción de <i>Quercus mexicana</i>	25
3.3.1.1 Sinonimias.....	25
3.3.1.2 Descripción.	26
3.3.1.3 Usos.....	27
3.2 Biología de las bellotas de encinos.	28
3.2.1 Flores y floración.	28
3.2.2 Frutos y fructificación.	28
3.2.3 Diseminación y dispersión.	30
3.2.4 Producción de bellotas.	30
3.2.5 Maduración de bellotas.	32
4. METODOLOGÍA	34
4.1 Ubicación del área de estudio.	34
4.2 Características del medio biótico.	35
4.2.1 Vegetación.....	35
4.3 Método de trabajo.	36
4.3.1 Fase de campo.....	36
4.3.2 Fase de laboratorio.	38
4.3.3 Fase de gabinete.	41
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
5.1 Identificación de los factores de mortalidad.	43

5.2 Descripción de los factores de mortalidad.	58
5.2.1 Curculio sp.	58
5.2.2 Palomilla de lepidoptera.....	60
5.2.3 Mosquitas cecidómidas.	61
5.2.4 Avispa cinípida.....	61
5.2.5 Factores abióticos.....	63
5.2.6 Competencia durante el desarrollo y maduración de bellotas.....	63
5.2.7 <i>Alternaria tenuissima</i>	63
5.3 Toma de rayos X.	64
5.4 Bellotas sobrevivientes.....	66
6. CONCLUSIONES	67
7. LITERATURA CITADA.....	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Importancia relativa de los cuatro principales grupos de insectos de bellotas expresados como un porcentaje de bellotas infestadas por insecto.....	5
2. Tabla de vida estática de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> , en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México. 2005.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Distribución de <i>Quercus mexicana</i> .	27
2. Corte longitudinal de una bellota madura.	29
3. Ubicación del Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán y área de estudio.	34
4. Ramilla con bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> , etiquetada y cubierta con la bolsa de malla.	37
5. Árboles de <i>Q. mexicana</i> , con bellotas de segundo año etiquetadas y cubiertas con las bolsas de malla.	37
6. Impacto por factor de mortalidad sobre las bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> .	46
7. Curva de sobrevivencia de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> .	47
8. Comportamiento del índice de sobrevivencia de la cohorte de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> .	48
9. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> ocasionada por <i>Curculio</i> sp.	49
10. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> ocasionada por la palomilla del orden lepidoptera.	51
11. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> ocasionada por mosquitas cecidómidas.	52
12. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> ocasionada por una avispa agalladora.	53
13. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> ocasionada por factores ambientales.	55
14. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> ocasionada por aborción.	56
15. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> ocasionada por <i>Alternaria tenuissima</i> .	57
16. Bellota de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> atacada por una larva de <i>Curculio</i> sp.	58
17. Larva de <i>Curculio</i> sp. extraída de bellotas de <i>Quercus mexicana</i> .	59
18. Adulto de <i>Curculio</i> sp., de bellotas de <i>Quercus mexicana</i> .	59
19. Larva de lepidóptero, en bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> .	60
20. Adulto de lepidóptero (obtenido de larvas extraídas de las bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i>).	60
21. Larva de mosquita cecidómida encontrada en bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> .	61
22. Bellota de <i>Quercus mexicana</i> , atacada por la avispa cinípida.	62
23. Adulto de la avispa cinípida, extraído de bellotas de <i>Quercus mexicana</i> .	62

24. Colonia de <i>Alternaria tenuissima</i>	64
25. Conidióforos y conidios (formando cadenas) de <i>Alternaria tenuissima</i>	64
25. Radiografía de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> , en plano longitudinal.	65
26. Radiografía de bellotas de segundo año de <i>Quercus mexicana</i> , en plano transversal.	66

1. INTRODUCCIÓN

Los encinos constituyen un gran número de especies de árboles y arbustos deciduos y perennifolios. Existen 140 especies de encinos en México. Sin embargo, su conocimiento aún tiene grandes lagunas (Zavala y García, 1996).

La fructificación *Quercus* spp. se presenta año con año ó cada dos dependiendo del subgénero al que pertenezcan. *Quercus mexicana* Humb. & Bonpl. pertenece al subgénero *Quercus* sección Lobatae, es decir corresponde a los encinos rojos. Zavala y García (1996) señalan que las bellotas de los encinos rojos requieren de dos años para madurar (bellotas bianuales, ciclo reproductivo de tres años) y que en muchas especies se presenta un reposo aunque breve (2 a 3 meses). El que estos encinos presenten un ciclo reproductivo más largo, primariamente, representa una desventaja debido a que sus bellotas son expuestas a los depredadores (carpófagos) por periodos más largos.

Quercus es uno de los géneros poco estudiados a pesar de su importancia económica (leña, carbón, muebles, etc.) y ecológica (servicios ambientales). Sus bosques pueden ser una buena opción de aprovechamiento tanto maderable como no maderable; sin embargo en estos se presentan factores bióticos y abióticos que limitan la producción de semillas, limitando su propagación, establecimiento, desarrollo y aprovechamiento. Por lo anterior y debido a la importancia ecológica y amplia distribución de los encinares en México y específicamente en el Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, surge el interés de conocer los factores de mortalidad asociados a *Q. mexicana* particularmente a los factores que eliminan las bellotas de esta especie durante su maduración.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general.

- Generar información correspondiente a los factores de mortalidad presentes durante la maduración de las bellotas de *Quercus mexicana*.

2.2 Objetivos específicos.

- Identificar los factores de mortalidad asociados a la fase terminal del desarrollo (producción) de bellotas de *Q. mexicana* hasta la maduración de las mismas (3.5 meses), en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México.
- Describir la importancia de los factores de mortalidad (insectos y enfermedades) concernientes a la fase terminal del desarrollo (producción) de bellotas de *Q. mexicana* hasta la maduración de éstas (3.5 meses), en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Mortalidad en bellotas.

3.1.1 Plagas y enfermedades en las bellotas de los encinos.

3.1.1.1 Plagas en las bellotas de encinos. Las bellotas de las diversas especies de encinos constituyen un microhábitat bien delimitado (Dajoz, 2001) ocupado por una gran cantidad de organismos que tienen como función ecológica la degradación de la bellota hasta su incorporación al humus del suelo.

Muchos organismos consumen bellotas incluyendo insectos, milpiés, hongos, aves y mamíferos (Johnson *et al.*, 2002). El consumo de bellotas por uno ó más agentes bióticos, se puede presentar en cualquier año, por lo que solamente algunas bellotas germinan y llegan a ser plántulas.

Los insectos pueden destruir la cosecha de bellotas durante la floración y fructificación, durante estas etapas de desarrollo, hay una secuencia de eventos nocivos y agentes que involucran insectos, bacterias, hongos, algas, protozoarios, nematodos, ácaros y otros organismos (Winston, 1956, citado por Johnson *et al.*, 2002).

Los insectos frecuentemente inician el daño antes de que las bellotas maduren, la hembra adulta del picudo *Curculio* mastica la cubierta de la bellota inmadura para depositar sus huevos dentro de ésta. Las larvas consumen parte ó todo el interior de la

bellota. Estos insectos también pueden transportar hongos patogénicos y bacterias al interior de la bellota, los cuales pueden matar el embrión. El daño directo del insecto consiste en alimentarse del endospermo y embrión. Las larvas normalmente consumen la mayor parte de la bellota a finales de otoño mientras permanezca en el árbol ó poco después de que éstas caen al suelo. Las larvas finalmente hacen orificios de salida en la cubierta de la bellota, propiciando la entrada de otros organismos. Uno de éstos es la palomilla de las bellotas (*Cydia* sp.) que deposita sus huevos en el orificio de salida del picudo, las larvas se alimentan del resto del embrión y de los desechos de los ocupantes previos. Después de la caída de las bellotas, hongos y otros desintegradores inician las fases finales de destrucción hasta que la bellota está completamente podrida y finalmente se incorpora a la tierra (Winston, 1956, citado por Johnson *et al.*, 2002).

Se estima que anualmente los insectos destruyen 50% o más de las bellotas producidas (Gibson, 1982 y Kearby *et al.*, 1986, citados por Johnson *et al.*, 2002). En algunos años la destrucción se acerca a 100% (Johnson *et al.*, 2002).

La mayor parte del daño durante el periodo de maduración es causado por un número relativamente pequeño de insectos. Éstos incluyen: picudos de las bellotas (*Curculio* spp., y *Conotrachelus* spp.); palomillas (*Cydia* spp., la palomilla perforadora de avellanas y la palomilla de las bellotas); avispas agalladoras de bellotas *Callirhytis* spp. y escarabajos nitidulidos (Johnson *et al.*, 2002).

El picudo de las bellotas *Curculio* normalmente destruye del 50 al 80% de la producción de bellotas y el picudo *Conotrachelus* afecta del 5 al 40%. Las palomillas y las avispas

agalladoras cada una afectan de 0 a 20% de las bellotas producidas. Sin embargo, estos porcentajes pueden variar en función de las especies de encino, etapas de desarrollo de las bellotas, localidades y años (Gibson, 1982 y Kearby *et al.*, 1986, citados por Johnson *et al.*, 2002).

De acuerdo con Johnson *et al* (2002), los principales insectos de las bellotas pueden ser divididos en invasores primarios y secundarios. Los invasores primarios entran directamente a la bellota mientras que los invasores secundarios requieren una fisura u otra abertura en la bellota para entrar (Murfeldt, 1984, Winston, 1956 y Kearby *et al.*, 1986, citados por Johnson *et al.*, 2002). Los insectos invasores primarios más importantes son los picudos de la bellota *Curculio*, las palomillas perforadoras de avellanas *Cydia* spp., y las avispas agalladoras. Aunque hay numerosos insectos invasores secundarios de bellotas los más importantes son el picudo de la bellota *Conotrachelus* y las palomillas de la bellota (*Cydia* spp.) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Importancia relativa de los cuatro principales grupos de insectos de bellotas expresados como un porcentaje de bellotas infestadas por insecto. Fuente: Johnson *et al.*, 2002.

Grupo de insectos	Especies, región y años observados			
	Encino blanco			Promedio de siete especies en Missouri 1973 – 1976d
	1961a	1962b	1963c	
Picudo <i>Curculio</i>	79.1	59.5	57.5	54.4
Picudo <i>Conotrachelus</i>	15.1	38.0	37.8	5.3
Palomillas perforadoras de avellanas y palomillas de bellotas (e)	5.7	2.5	4.7	21.0
Avispas agalladoras de bellotas	0.1	< 0.1	0	19.3

a Bellotas colectadas en tres condados; puede incluir bellotas inmaduras (de Gibson, 1972).

b Bellotas colectadas en diez estados; puede incluir bellotas inmaduras (de Gibson, 1972).

c Bellotas colectadas en 13 estados y el Distrito de Columbia; puede incluir bellotas inmaduras (de Gibson, 1972).

d Bellotas maduras colectadas en cuatro o cinco áreas (dependiendo del año); las especies incluyen encinos negros, rojo norteño, escurato, Shumard, blackjack, post y blanco.

e Ambas son polillas (Lepidoptera) pero la perforadora de avellanas es un invasor primario y la polilla de la bellota es un invasor secundario de bellotas.

Los picudos del género *Curculio* comprenden el grupo más importante de destructores de bellota. De las 27 especies americanas de *Curculio*, 23 ovipositan, se desarrollan y alimentan en bellotas; 22 especies lo hacen exclusivamente en encinos (Gibson, 1969, citado por Johnson *et al.*, 2002).

Según Gibson (1969), Myers (1978) y Kearby *et al* (1989) citados por Johnson *et al* (2002), el ciclo biológico de *Curculio* se inicia dos a tres semanas antes de que las bellotas maduren, cuando las hembras usan el aparato bucal para perforar un pequeño orificio en la cubierta de la bellota en una pequeña cámara de oviposición, da la vuelta para depositar un huevo y lo empuja a través del orificio hasta la cámara de oviposición, normalmente coloca un huevo en la cámara, la hembra puede poner varios huevos en una sola bellota. Los huevos incuban en 5 – 14 días y las larvas se alimentan del contenido de las bellotas. Después de madurar, las larvas salen de la bellota a través de un orificio circular que éstas hacen en la cubierta de la bellota. La mayor parte de las larvas salen de la bellota en el otoño aunque ocasionalmente éstas permanecen hasta la primavera. Después de abandonar la bellota, las larvas excavan alrededor de 30 cm en el suelo donde forman celdas pupales. La mayor parte de las larvas inverna en el suelo por 1 ó 2 años, y algunas permanecen por más tiempo ahí. La transformación de pupa a adulto ocurre en la primavera ó a inicios del verano. Después de que los adultos emergen del suelo y se aparean, las hembras completan el ciclo de vida depositando sus huevos en las nuevas bellotas.

La palomilla perforadora de avellanas (*Cydia* spp.) es una invasora primaria. Las larvas se alimentan en bellotas y una gran variedad de nueces y frutas. La palomilla adulta

comúnmente oviposita sus huevos atravesando el fondo de la cúpula de la bellota mientras ésta aun se está formando (Gibson, 1972, citado por Johnson *et al.*, 2002). Las larvas de la palomilla comúnmente salen a través de la cubierta de la bellota y la cúpula después de consumir el interior de la bellota y pueden entrar a una bellota cercana. Las larvas comúnmente requieren dos ó tres bellotas para completar su desarrollo. La pupación normalmente tiene lugar en las hojas y otros desechos en el suelo del bosque (Winston, 1956, Gibson, 1972, Murtfeldt, 1984 y Kearby *et al.*, 1986, citados por Johnson *et al.*, 2002).

Las avispas agalladoras de bellotas (*Callirhytis* spp.) depositan sus huevos en los tejidos de todas las partes de los encinos, desde las raíces hasta las flores. La formación de agallas aparentemente resulta de la reacción del cambium y otros tejidos vivos inducida por estímulos de la larva. Las avispas agalladoras tienen generaciones sexuales y asexuales alternas. De las especies que afectan las bellotas, los adultos de la generación asexual ovipositan sus huevos en los brotes de los encinos y flores en la primavera, las cuales causan desarrollo de agallas en ó sobre las bellotas. La generación sexual oviposita en ó sobre bellotas inmaduras en Junio. El ciclo de vida normalmente requiere dos años para completarse. Las avispas agalladoras que atacan bellotas se ubican en tres grupos según la ubicación de la agalla en la bellota (Weld, 1922, citado por Johnson *et al.*, 2002):

- Agallas que se forman sobre ó en la cúpula de la bellota pero no en ella misma.
- Agallas “semilla”, las cuales se forman entre la bellota y la cúpula.

- Agallas “piedra”, las cuales se forman dentro de las bellotas (Myers, 1978 y Kearby *et al.*, 1986, citados por Johnson *et al.*, 2002).

Algunas avispas agalladoras producen crecimientos parecidos a bellotas pequeñas a los lados de la cúpula de la bellota. Estas agallas normalmente no afectan la viabilidad de la bellota pero pueden causar abscisión prematura de la bellota si éstas son numerosas (Gibson, 1972, citado por Johnson *et al.*, 2002).

Algunas especies causan agallas piedra, las cuales están embebidas en la cubierta de la bellota, pero separadas de el material interior (i. e. los cotiledones). Estas agallas pueden no afectar la viabilidad de la bellota a menos que se formen en el área que contiene la raíz rudimentaria y las estructuras foliares, las cuales quedan cerca del extremo puntiagudo de la bellota. Algunas agallas “piedra” incluyen grupos de cámaras larvales conectadas ocupadas por varias larvas blancas suaves. Las agallas “semilla”, también pueden ser causadas por esta misma especie de avispas, causan el marchitamiento de los cotiledones de la bellota (la porción larga carnosa dentro de la cubierta de la bellota), las cuales destruyen su viabilidad y valor para la fauna (Kearby *et al.*, 1986, citado por Johnson *et al.*, 2002).

La relación entre el daño del insecto y el tamaño de la cosecha de bellota es incierta, aunque algunos reportes indican una relación inversa, otros reportes indican lo opuesto, mientras otros no reportan relación. Este tipo de inconsistencias puede resultar de la interacción entre el tamaño de la cosecha de bellota, tamaño de la población del insecto y otros factores. Los factores interactivos potencialmente importantes incluyen la

competencia entre insectos, la habilidad de los insectos para localizar hospedantes, depredación y parasitismo entre insectos, preferencia de un insecto para una especie de hospedante sobre otra y condiciones ambientales adversas para los insectos. El picudo *Curculio* normalmente no oviposita en una bellota ya atacada por otro *Curculio*. Por consiguiente, como el número de picudos e infestaciones incrementa, la mayoría pueden tener un picudo individual volviéndose un hospedante apropiado (Myers, 1978, Sydney, 1984 y Kearby *et al.*, 1986, citados por Johnson *et al.*, 2002).

En México hay muy pocas referencias sobre investigaciones enfocadas a insectos que coexisten con los encinos ó dañan a los mismos; dentro de estas investigaciones podemos encontrar las que a continuación se mencionarán, sin embargo dichos estudios no proporcionan información cuantitativa correspondiente a las bellotas dañadas por entomofauna.

Díaz (1987) reporta la presencia de *Curculio occidentis* (Casey) en la Sierra de Juárez de Baja California Norte, afectando a bellotas de *Quercus* spp.

Cibrián *et al* (2000) reportan a *C. occidentis*, dañando a bellotas de *Quercus crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. glaucescens*, *Q. laeta*, *Q. mexicana* y *Q. rugosa*, en el Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo, Michoacán y Morelos. El daño es causado por larvas de este insecto las cuales hacen túneles dentro de la semilla. Causan la muerte ó un daño parcial.

Vázquez y Tamarit (en prensa) determinaron que *Curculio humeralis* (Casey) es el insecto plaga de las bellotas de los árboles de encino de las especies *Quercus mexicana*, *Q. affinis*, *Q. glabrecens* y *Q. laurina* de los Estados de Puebla y México.

Por otra parte Salas *et al* (1998) determinaron 19 géneros de 13 subfamilias en 3 familias de curculionoideos en encinos, en el Estado de Guanajuato. Los géneros encontrados fueron: *Apion*, *Chrysapion*, *Myrmex*, *Eugnamptus*, *Laemosaccus*, *Smicronyx*, *Curculio*, *Isodrusus*, *Barinus*, *Conotrachelus*, *Naupactopsis*, *Ceutorhynchus*, *Phyllotrox*, *Anthonomus*, *Metamasuis*, *Limnobaris*, *Pandeleteius*, *Tanymecus* y *Himatobalus*. Los géneros *Isodrusus*, *Tanymecus*, *Pandeleteius*, *Naupactopsis* y *Curculio* fueron capturados alimentándose del follaje ó del interior de la bellota. *Pandeleteius* e *Isodrusus* fueron los géneros más abundantes, con 76 y 113 individuos respectivamente.

Al revisar la poca información que se tiene en México sobre insectos de las bellotas, únicamente se encontró el reporte de Salas *et al* (1998) señalando a *Conotrachelus* como plaga en bellotas de *Quercus* spp.

El ciclo de vida de *Conotrachelus* inicia cuando los adultos depositan sus huevos en las bellotas que han sido agrietadas ó abiertas por agentes bióticos u otros factores. Las larvas se alimentan en el interior de la bellota, y después de madurar hacen un orificio de salida en la cubierta, todas las larvas dentro de una bellota normalmente salen a través de una perforación común. Después de que las larvas salen de la bellota, éstas caen a la tierra e invernán en el suelo en donde ocurre la pupación, ésta se completa en primavera y a principios de verano, los adultos emergen de junio a agosto, dependiendo de la

región. Los adultos de *Conotrachelus* viven por más tiempo que los adultos de *Curculio*. Los parásitos de *Conotrachelus* incluyen moscas taquinidas y otros insectos (Gibson, 1964, citado por Johnson *et al.*, 2002).

Las tasas de infestación de *Conotrachelus* son comúnmente más altas en las bellotas de encino blanco que en encino rojo, lo cual es consistente con su papel de invasores secundarios. La ruptura de la cubierta por germinación de las bellotas de encino blanco durante el otoño permite a los picudos ganar fácilmente la entrada al interior de las bellotas. Las tasas de infestación de bellotas son por consiguiente más altas después de que las bellotas caen a la tierra y germinan. Consecuentemente, las poblaciones de *Conotrachelus* son probablemente subestimadas basándose en bellotas colectadas en el otoño de trampas para bellota. En años de producción pobre de bellotas de encino blanco, los picudos *Conotrachelus* pueden llegar a ser más abundantes en bellotas de encino rojo. En el otoño, los picudos adultos pueden entrar en bellotas de encino rojo que estén dañadas, pero no totalmente consumidas, por fauna (ardilla, etc) y otros insectos (*Curculio* spp.) ó que tengan grietas. Algunos picudos también pueden invernar en etapa adulta y por consiguiente ovipositar en bellotas de encino rojo germinadas ó dañadas en la primavera (Gibson, 1964 y Kearby *et al.*, 1986, citados por Johnson *et al.*, 2002).

La palomilla de la bellota (*Cydia* spp.), conocida principalmente como un invasor secundario de bellotas, es también reconocida como una plaga primaria. Puede ser una plaga primaria de bellotas germinadas en primavera y otoño. Sin embargo en el otoño, es principalmente una plaga secundaria, invadiendo bellotas dañadas por otros insectos ó

animales. Las larvas también pueden entrar en las bellotas no dañadas previamente, masticando la base de la bellota, pero aparentemente solo en bellotas inmaduras. Debido a que el daño es confinado al fondo de la cúpula, este tipo de infestación afecta poco la viabilidad de la bellota. Las larvas de la palomilla de la bellota son también más atraídas por bellotas dañadas que por no dañadas. Las larvas que viven en la cubierta forestal, aparentemente son atraídas por las bellotas dañadas debido a las sustancias volátiles que éstas emiten. Bellotas dañadas de esta manera pueden llegar a ser objetivos para la alimentación y reproducción de los insectos (Galford, 1986, Galford *et al.*, 1991 y Galford y Weiss - Cottrill, 1991, citados por Johnson *et al.*, 2002).

Para nuestro país no se localizaron reportes que diferenciaron invasores primarios de secundarios, no obstante Del Río y Mayo (1985), reportan que a *Cylindrocopturus* spp., se le ha colectado en forma aislada del interior de bellotas secas, aunque se desconoce si causa algún daño en éstas.

3.1.1.2 Las enfermedades de las bellotas. En investigaciones realizadas en Inglaterra Peace (1962) menciona que definitivamente *Valsa intermedia* Nke. (Ascomycetes, Sphaeriales) daña bellotas de encino que se encuentran almacenadas. Además Strauch – Valeva (1954) citado por Peace (1962), registró varios hongos atacando bellotas almacenadas, los más perjudiciales son *Phomopsis quercella* y *Sclerotinia pseudotuberosa* dañando seriamente a las bellotas.

Swiecki *et al* (1990) en sus investigaciones realizadas en el norte de California reportan que las bellotas analizadas en dicho estudio generalmente fueron colonizadas externa y/o

internamente por especies de *Penicillium* y *Aspergillus*. Además de otros hongos observados dentro ó sobre las bellotas incluyendo *Fusarium oxysporum* Schlechtend Fr., *Stemphylium* sp., *Trichothecium* sp., y un Coelomiceto.

Muñoz *et al* (2003) reportan una especie de hongo afectando bellotas de encino: *Botryosphaeria stevensii* Shoemaker. Anamorfa: *Diplodia mutila* Fries apud Munt. Ascomycota. Diaporthales. Botryosphaeriaceae, en *Quercus*, principalmente *Quercus ilex* y *Quercus suber*. Causante de la muerte de ramillas y ramas por necrosis de los tejidos corticales y formación de canchales. Se ha comprobado su patogenia experimentalmente. Hongo termófilo y sin duda favorecido por el estrés hídrico, tiene capacidad enzimática para colonizar y avanzar vía xilema, lo que determina en última instancia la interrupción del movimiento de la savia, al anillamiento de las ramillas y la típica sintomatología de muerte basípeta, que empieza a manifestarse desde finales de la primavera con la clorosis de grupos de hojas portados por una ramilla enferma. Un problema añadido se observa en los viveros, y en las posibilidades de regeneración natural ya que el hongo, vía ramilla, coloniza la bellota, dando lugar a alteraciones cromáticas y a la posterior podredumbre pulverolenta de los cotiledones.

3.2 Evaluación de mortalidad.

La mortalidad ó tasa de muerte de una población es el número de individuos que mueren por unidad de población y por unidad de tiempo. La mortalidad tiene un efecto negativo en el crecimiento de la población. Al igual que con la natalidad, existen dos componentes para el concepto de mortalidad que por lo general se expresan en términos

de longevidad ó duración esperada de vida: la longevidad fisiológica máxima y la longevidad lograda (Coulson y Witter, 1990).

Vera *et al* (1997) indican que existen varios modelos que permiten el pronostico de poblaciones como son las tablas de vida; tablas de fertilidad; modelos matemáticos, determinísticos, exponencial, sigmoide, matriciales, de depredación, estocásticos, etc. El método más práctico y utilizado para evaluar la dinámica de una población son las tablas de vida.

3.2.1 Tablas de vida.

Vera *et al* (1997) señalan que una tabla de vida se define como un catálogo, sumario ó inventario que describe la supervivencia y tasas de mortalidad de los individuos de una población según la edad de éstos. Estas tablas fueron desarrolladas por demógrafos para describir poblaciones humanas con el fin de conocer la esperanza de vida media.

Mientras que Coulson y Witter (1990) definen una tabla de vida como un resumen de los agentes de mortalidad que operan en intervalos específicos de edad en una población. Las tablas de vida se han utilizado ampliamente en estudios de insectos forestales.

Las tablas de vida se dividen en dos tipos:

- a. Vertical ó estacionaria ó de tiempo específico. Consiste en determinar la mortalidad de una cohorte imaginaria basándose en la definición de estructuras

de edad, un intervalo de tiempo bien establecido y tomando en cuenta solamente a una porción de la población (Krebs, 1985).

- b. Horizontal ó generacional ó de edad específica. Se basa en la mortalidad de una cohorte estudiada a través de toda su vida (Krebs, 1985).

3.2.1.1 Tablas de vida estática. De acuerdo con Vera *et al* (1997), para una tabla de vida estática llamada también estacionaria, vertical ó de tiempo específico, se tiene que suponer que la población tiene una estructura estable de edades y que su crecimiento es geométrico. El propósito original de estas tablas es evaluar los factores bióticos y abióticos clave que inciden sobre la dinámica poblacional.

Los estadísticos ó variables utilizados en la tabla de vida se definen así:

x : Intervalos de observación ó de edad, expresados en tiempo.

l_x : Número de sobrevivientes al inicio de cada intervalo de edad.

Fd_x : Factores de mortalidad para cada d_x .

d_x : Número de individuos muertos durante el intervalo x a $x+1$.

$100 q_x$: Porcentaje de mortalidad por cada factor que incide en la población entre el intervalo de edad x a $x+1$.

S_x : Índice de sobrevivencia y sus valores fluctúan de 0 a 1.

L_x : Número promedio de individuos sobrevivientes entre los intervalos de edad x a $x+1$.

T_x : Indica el número de intervalos que sobrevivirán los individuos que entran a la edad x .

e_x : Esperanza media de vida para los individuos que logran sobrevivir en el intervalo de edad x .

Lo más importante que se debe hacer notar acerca de una tabla de vida, dice Krebs (1985), es que dada una columna, se puede calcular el resto de ellas.

3.2.2 Identificación de factores de mortalidad.

3.2.2.1 Identificación de patógenos. En el caso de hongos, a veces es posible identificar el organismo hasta nivel de género, con ayuda de manuales para la identificación de hongos, en los que se describen los principales agentes causantes de enfermedades y/o los síntomas que inducen (Anónimo, 1991).

El diagnóstico de las enfermedades presenta diferentes niveles de complejidad en función de la experiencia personal del experto y del conocimiento generado a nivel mundial. Si se tratara de un problema particular que ha sido observado anteriormente por el investigador, este solamente necesitará algunos datos complementarios para llegar a una conclusión, si por el contrario representa un problema nuevo y no existe

información en literatura, el procedimiento para llegar a un diagnóstico se vuelve complejo y requiere una rigurosa metodología científica. El diagnóstico como proceso completo se compone de dos fases, la fase de campo y la fase de laboratorio y/o invernadero (Montes, 1992).

La fase de campo se inicia con la observación del problema, la cual se da a dos niveles: en la población de las plantas y en la planta individual. En el primer nivel podemos tener una idea del patrón de distribución de la enfermedad; si el avance está en una fase inicial, si se encuentra plenamente establecida, nos define el desarrollo de la misma y nos da una idea de la magnitud de su importancia económica (Montes, 1992).

La observación inicial de la distribución de la enfermedad en la población de las plantas es continuada con la observación en las plantas individuales. Aquí es necesario determinar si se trata de una ó varias enfermedades y si esto último es lo que sucede, se debe determinar cual de ellas es la más importante. Es preciso observar diferentes grados de desarrollo de la enfermedad en la planta desde su fase inicial hasta su máxima expresión, debemos detectar que partes de la planta son afectadas y cual es el tipo de afectación (Montes, 1992).

Los síntomas se pueden clasificar usando diversos criterios. Montes (1992), menciona la siguiente clasificación: muerte de tejidos ó necrosis y crecimientos anormales (coloración anormal de tejidos ó marchitez).

En la mayoría de las enfermedades no podemos asociar síntomas con grupos de patógenos e incluso puede variar la expresión de los síntomas de un patógeno en función de condiciones ambientales y tipo de hospedero. Solamente en casos particulares especiales las alteraciones morfológicas ó fisiológicas que provoca un patógeno son iguales en diferentes tipos de hospederos y esto aunado a la manifestación de estructuras características del patógeno en el área enferma (signos), nos permite una rápida identificación del mismo (Montes, 1992).

Cuando el signo está ausente este se puede obtener trabajando el tejido dañado mediante cámara húmeda ó aislamiento, siendo estas las técnicas más utilizadas.

El material enfermo se coloca en una cámara húmeda, ya sea en cajas de petri con papel filtro humedecido, ó bien en bolsas de polietileno, con papel humedecido con una pequeña cantidad de agua. Después de unas 48 a 72 horas el material puede ser nuevamente procesado por las técnicas de cinta adhesiva, raspado ó cortes y se observan signos del hongo (Montes, 1992).

La técnica más utilizada es el aislamiento directo. De acuerdo con Tuite (1977) el procedimiento para aislar hongos fitopatógenos de tejidos leñosos, frutos, etc., es el siguiente:

1. Lavar el material con agua corriente, agitarlo para eliminar el exceso de agua y secarlo.

2. Desinfectar los tejidos en hipoclorito de sodio al 1%, durante diez segundos a dos minutos. Cuando el tejido contiene materia orgánica se utiliza alcohol al 70% y se flamea, puesto que el hipoclorito de sodio se inactiva en esta condición. Este paso deberá eliminarse cuando el hongo que se va a aislar se encuentra únicamente en la superficie del tejido hospedante. También se puede efectuar aislamientos de tejidos desinfectados y no desinfectados.
3. Con una navaja de rasurar flameada se quita la epidermis del tejido, flameando la navaja después de cada corte efectuado.
4. Con la navaja flameada, cortar pequeños pedazos de tejido, de un tamaño de un octavo a media pulgada, seccionando del margen del tejido infectado, sobre todo cuando se trata de tejidos jóvenes, los cuales son más fácilmente invadidos por microorganismos secundarios.

En las áreas más viejas de las lesiones, es probable que el organismo que se desea aislar esté muerto y con un alto grado de contaminación.

5. Bajo condiciones estériles, colocar en una caja de petri con el medio de cultivo específico acidificado, tres ó cuatro secciones del tejido, separadas una de la otra.
6. Después que se observa el desarrollo micelial, transferir trocitos del medio de cultivo, con el micelio, tomándolos del margen de la cepa en desarrollo, transfiriéndolos a otras cajas de petri con medios de cultivo.

3.2.2.2 Identificación de insectos. Cibrián *et al* (2000) mencionan que todas las formas de vida están arregladas en un esquema de organización que se fundamenta en características morfológicas externas. Los organismos que tienen estructuras comunes constituyen un grupo y aquellos con otras estructuras comunes se arreglan en otro grupo. Este esquema de clasificación se utiliza para agrupar artrópodos. Para la identificación de un insecto es importante colocar al ejemplar dentro de un mismo sistema de clasificación, para realizar dicha clasificación se emplean claves de identificación.

La identificación de un espécimen a nivel de género ó de especie es algo que casi únicamente un especialista puede realizar. Hay taxónomos especializados en ciertas familias de insectos ó grupos específicos y a esas autoridades mundiales son a quienes se deben remitir los especímenes para su identificación (Anónimo, 1991).

De manera semejante Borror *et al* (1976) indican que la identificación de los insectos difiere de la identificación de otro tipo de organismos únicamente en que hay más tipos de insectos que de cualquier otro organismo.

Cuatro cosas complican el problema de la identificación de insectos. En primer lugar, existen muchos tipos diferentes de insectos (especies) que para un principiante puede ser desalentador a tal grado que nunca se volverá eficiente en la identificación. En segundo lugar la mayor parte de los insectos son pequeños y la identificación de sus características es muy difícil. En tercer lugar varios insectos son poco conocidos y cuando finalmente se identifican solamente se puede obtener el nombre científico (el

cual podría no ser útil) y no tener el nombre común. En cuarto lugar la mayor parte de los insectos presentan diferentes etapas de vida, pudiendo conocerlos solamente en alguno de estas etapas y aun así saber muy poco de los mismos en cualquier otra etapa de su vida (Borror *et al.*, 1976).

Igualmente Borror *et al* (1976) señalan que hay seis formas para identificar un insecto: 1) remitiendo el insecto a un experto para su identificación; 2) comparándolo con una colección de especímenes identificados; 3) comparándolo con fotografías; 4) comparándolo con descripciones; 5) usando una clave analítica; 6) por medio de la combinación de dos ó más de estos procedimientos.

Otra técnica frecuentemente utilizada actualmente en el muestreo, observación e identificación de insectos, principalmente de aquellos que no se pueden observar a simple vista, es la toma de radiografías. Coulson y Witter (1990) señalan que en algunos hábitats, donde es difícil observar directamente a los insectos ó los daños causados por éstos, puede ser necesario utilizar técnicas más complejas. Por ejemplo, en entomología forestal se han empleado ampliamente técnicas que utilizan rayos X. Los insectos que perforan la madera, los escarabajos descortezadores y los insectos de las semillas se muestrean en forma rutinaria mediante técnicas denominadas “radiografías”.

De la Garza y Nepamuceno (1986), señalan que en los análisis de semillas forestales se distinguen dos procesos radiográficos, que son: radiografía directa y la de contrastes. Para el primer proceso, se examinan las semillas sin ningún pretratamiento que implique

el uso de agentes contrastantes, para mejorar la impresión de los rayos X sobre la película. Sin embargo, en la radiografía de contrastes sí se llevan a cabo de tratamientos previos a la semilla.

Aplicando análisis radiográfico, a través del uso de los rayos X, e interpretando las radiografías obtenidas, Yañez (1991) analizó la producción de semillas de *Pseudotsuga macrolepis* Flous, en Pachuca, Hidalgo, encontrando que la pérdida de semillas debido a insectos correspondió al 7.29%, éste se dividió a su vez en semillas infestadas por *Megastigmus spermatrophus* y dañadas por un cecidomyiido; 55.07% resultaron vanas; 34.97 % se encontraron llenas y 2.67% presentaron malformación.

Empleando esta misma técnica, Varela (1992) determinó y evaluó los factores que afectan la calidad de semilla de *Pinus ayacahuite*, en el municipio de Leonardo Bravo, Guerrero, señalando tres especies de insectos dañando estas semillas: *Leptoglossus occidentales* con el 6.05%, *Cydia nigra* daño 2.59% y *Megastigmus albifrons* afecto 0.92%; mientras que 58.75% correspondió a semillas llenas, 13.07% se encontraron vanas ó vacías y 17.90% resultaron malformadas.

3.2.2.3 Aborción durante el desarrollo y maduración de bellotas. El ovario de las flores femeninas de *Quercus* tiene originalmente de seis a siete óvulos, debido a que es tricarpelar y cada carpelo tiene dos ó a veces tres óvulos. Sin embargo, sólo uno de los óvulos se desarrolla hasta llegar a semilla madura en una bellota, en tanto que todos los demás abortan por distintas causas (falta de fertilización, fracaso en el desarrollo del cigoto ó del embrión, ausencia del saco embrionario ó la presencia de un saco

embrionario vacío). Los óvulos abortivos de las bellotas generalmente permanecen adheridos en al ápice de la misma (encinos rojos). No obstante, la fertilización si puede ocurrir en varios de los óvulos abortivos, desarrollándose hasta ser una semilla madura en una bellota. El fracaso de la mayoría de los óvulos es que éste (el funcional) es fertilizado antes de los demás en un ovario, y subsecuentemente, suprime el crecimiento de los otros ya fertilizados (Zavala y García, 1996). Asimismo Shaw (1968), citado por Zavala (1996), señala que una bellota se considera dañada por aborción cuando, además de presentar un tamaño pequeño, la cúpula cubre casi totalmente a la bellota.

3.3 Generalidades de los encinos.

La familia Fagaceae comprende árboles ó arbustos monoicos, yemas con escamas imbricadas, hojas pecioladas alternadas, persistentes ó deciduas penninervias enteras ó dentadas a profundamente pinatífinadas con estípulas generalmente deciduas, flores axilares, apétalas, el perianto 4 a 7 lobado; en los amentos de las flores estaminadas, cada bráctea encierra una sola flor, estambres tantos como los lóbulos de la corola ó el doble, filamentos delgados anteras con dehiscencia longitudinal; flores postiladas solitarias ó formando espigas cortas, ovario ínfero con 3 a 6 lóculos, 3 estilos en cada lóbulo con tres óvulos, uno de ellos es abortivo, fruto una nuez de 2 a 3 semillas, parcialmente incluida en una copa, semillas sin endospermo (De la Cerda, 1989).

Esta familia comprende 6 géneros y de 600 a 900 especies ampliamente distribuidas en ambos hemisferios, especialmente en regiones templadas y subtropicales rara vez en áreas tropicales. En México representada por especies nativas de *Quercus* (encinos) y

Fagus (haya), incluye también del viejo mundo los castaños *Castanea sativa* ocasionalmente cultivada (De la Cerda, 1989).

Bello y Labat (1987) mencionan que el género *Quercus* comprende árboles ó arbustos, generalmente de madera dura; estípulas tubuladas ó liguladas, generalmente deciduas, más bien asociadas con las yemas que con las hojas; estas generalmente pecioladas; amentos masculinos largos y colgantes; inflorescencia femenina en forma de racimo reducido con un caquis leñoso corto ó largo y con una ó varias flores; flores masculinas con un cáliz formado de 5 lóbulos fusionados en un perianto más ó menos en forma de cúpula que envuelve 5 – 10 estambres libres con anteras cortas y filamentos delgados, flores femeninas con un cáliz de 6 lóbulos que se adhieren a la base de los estilos y se fusionan en un tubo, pistilo de 3 carpelos que forman un ovario trilocular, cada lóbulo con 2 óvulos, 3 estilos libres; fruto unilocular con una semilla, los otros 5 óvulos abortivos; la semilla envuelta en una cubierta rígida que forma la bellota, ésta protegida parcialmente en su base por la cúpula, generalmente cubierta de escamas. Género con unas 1 000 especies caso todas en el hemisferio norte, la mitad de las cuales existen en el Nuevo Mundo, especialmente concentradas en México y Centroamérica, sobre todo en las regiones montañosas; llegan a formar bosques puros ó bien asociados particularmente a coníferas.

Rzedowski (1978) menciona que los bosques de encino son comunidades cuya altura varía entre 2 y 30 m, alcanzando en ocasiones hasta 50, generalmente son de tipo cerrado, pero también los hay abiertos y muy abiertos. Varían de totalmente caducifolios

a totalmente perennifolios y el tamaño de las hojas de las especies dominantes de nanófilas a megáfilas. Pueden formar masas puras, pero es más frecuente que la dominancia se reparta entre varias especies del mismo género y a menudo admiten la compañía de pinos, así como de otros árboles.

En el Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán el bosque de encino ocupa una superficie de 3, 294 ha que corresponde al 31.98% de la superficie del bosque. Ángel (2004), reporta que en el bosque de encino se identifican un total de 102 especies y 76 géneros distribuidos en 35 familias. Este bosque en el paraje “Las Antenas” es bastante denso, mientras que el paraje “Cerro Tres Cabezas” presenta una condición de densidad media y en algunas zonas del paraje denominado “Arcos del Sitio” se observa un bosque abierto. En el estrato arbóreo del bosque de encino se distinguen dos niveles de altura, en el primer nivel los árboles presentan alturas que van de los 11 a 20 m, donde se encuentran *Quercus rugosa* y *Q. mexicana*, las cuales tienen valores de importancia de 100 y 29 respectivamente. El segundo nivel va de 6 a 10 m, las especies dominantes son *Q. laeta* y *Q. obtusata*, con valores de importancia de 19 y 31 respectivamente, siendo estas las especies dominantes en este estrato.

3.3.1 Descripción de *Quercus mexicana*.

3.3.1.1 Sinonimias. *Quercus pablillensis* C. H. Mull. *Quercus rugulosa* Mart & Gal. (Zavala, 1995). *Quercus castanea mexicana* A. DC. *Quercus castanea integra* Oerts. *Quercus imbricariaefolia* Trel. *Quercus malifolia* Trel. *Quercus mexicana*, f. *glabrata*

trel. *Quercus mexicana* f. *confertifolia* Trel. *Quercus mexicana* f. *perfertilis* Trel (Martínez, 1977).

3.1.1.2 Descripción. Según Martínez (1977) *Quercus mexicana* es un árbol de 6 a 8 metros de altura a veces mucho más. Ramillas acanaladas, de color moreno rojizo, con lentejuelas esparcidas, pequeñas y blancas. Yemas ovoides, de unos 3 mm. Hojas delgadas, elíptico – acuminadas u oval – acuminadas (a veces ambas formas en una misma planta), de 7 a 8.5 cm de largo por 2 a 2.5 de ancho, excepcionalmente algo mayores, de color verde claro y algo brillante en la cara superior, y amarillento ferrugíneo en la inferior; ápice breve y obtuso, pocas veces redondeado y rara vez con mucrón; base generalmente redondeada; borde entero y algo ondulado; la cara superior lisa y la inferior tomentosa, con penachos de 7 a 10 pelillos que fácilmente se desprenden dejando ver una superficie finamente granulosa. Nervadura central hundida arriba y prominente abajo; las laterales, unas 17 a cada lado, también hundidas arriba y prominentes abajo, algo encorvadas, bifurcadas y ascendentes, formando con la central ángulos de 45 grados aproximadamente; se notan pocas nervaduras intermedias, las cuales suelen ser extendidas y poco visibles. Pecíolo de 5 a 8 mm ligeramente veloso. Fruto de unos 20 mm; cúpula casi hemisférica, con escamas ovado – acuminadas, morenas y lisas; pedúnculo de unos 5 a 6 mm, generalmente grueso, a veces tanto como en el *Quercus crassipes*; otras veces delgado; bellota oval, con el ápice truncado, de unos 17 mm de largo, de color moreno amarillento, incluida un medio.

Es una especie distribuida en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico, extendiéndose en porciones montañosas del sur hasta Oaxaca y Chiapas (Figura 1). Se encuentra en laderas de cerros, colinas de terrenos montañosos, en bosques de oyamel, bosques de pino, bosques de encino y bosques de pino – encino; frecuentemente forma bosques puros ó en asociación con *Quercus obtusata* entre 2 300 y 2 900 msnm (Zavala, 1995).

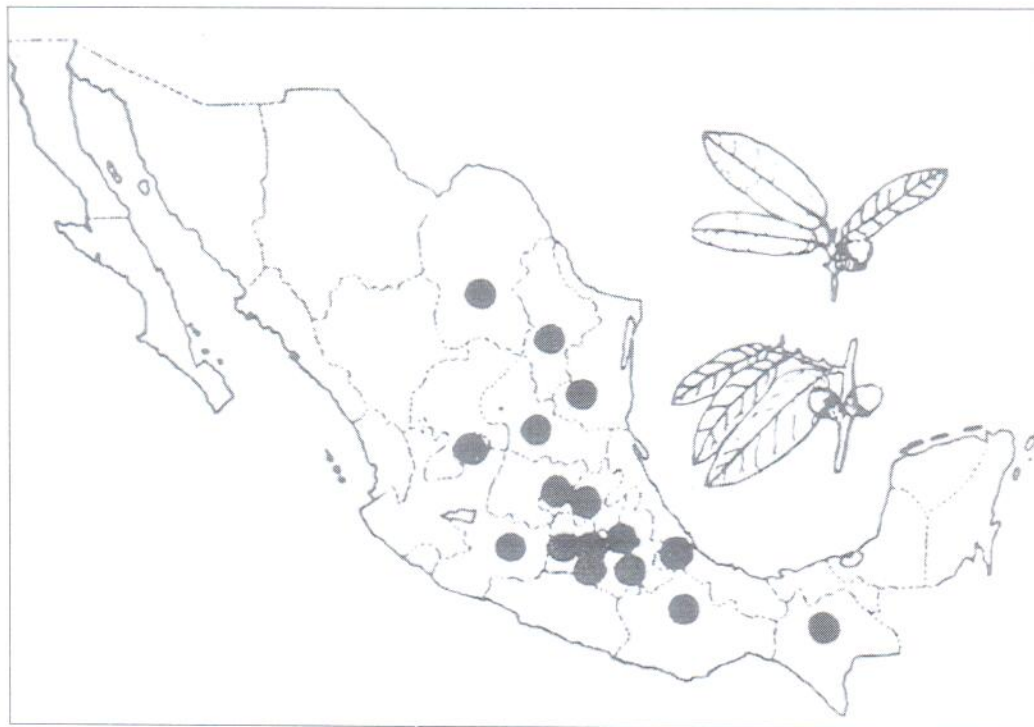


Figura 1. Distribución de *Quercus mexicana* (Tomado de Zavala, 1995).

3.1.1.3 Usos. Artesanal, el tallo se usa para la elaboración de figuras, juguetes, fabricación de toneles y en Michoacán es común para construir arcos de violín. Otros usos artesanales incluyen la elaboración de mangos y cabos para implementos agrícolas. Combustible, el tallo se usa como leña y para elaborar carbón. Construcción, los tallos se usan como postes para cerca y horcones. Medicinal, la corteza se usa contra

hemorroides, leucorrea, contra diarreas, y "mal del corazón". Las bellotas tostadas se usan para tratar las diarreas infantiles. La corteza en té es usada para hacer enjuagues bucales para amacizar encías¹.

3.2 Biología de las bellotas de encinos.

3.2.1 Flores y floración. Las flores masculinas de los encinos se producen en amentos desnudos, en tanto que las femeninas, en espigas de dos a muchas flores en el mismo árbol durante la primavera (marzo – mayo), antes ó junto con las hojas. Las flores son axilares, las masculinas en brotes del año anterior y las femeninas en los del año corriente. La mayoría de las flores masculinas caen tan pronto como se ha desprendido el polen (Zavala y García, 1996).

La fenología reproductiva de los encinos puede cambiar de un año a otro, ya sea dependiendo de los factores físico ambientales ó de los bióticos, como respuesta al ataque de los herbívoros ó de los carpófagos (Zavala y García, 1996).

3.2.2 Frutos y fructificación. Los encinos son árboles y arbustos monoicos, con su fruto desarrollado característicamente en una nuez. Esta se encuentra asociada con un involucre en forma de copa (cúpula) alrededor de la base de la nuez madura. El término bellota, se utiliza para referirse a la nuez junto con la cúpula (Figura 2). La bellota sin la cúpula es el fruto en nuez. La nuez de los encinos contiene una semilla carente de

¹ Especies con usos no maderables en bosques de encino, pino y pino - encino. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Fecha de consulta: 25/01/2006. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/pfnn/QuercusCrassipes.html>

endospermo, con un embrollón recto y con dos cotiledones. En bellotas de algunas especies mexicanas (por ejemplo, *Quercus mexicana* y *Q. rugosa*) se pueden encontrar dos semillas, pero no se ha documentado en que proporción (Zavala y García, 1996).

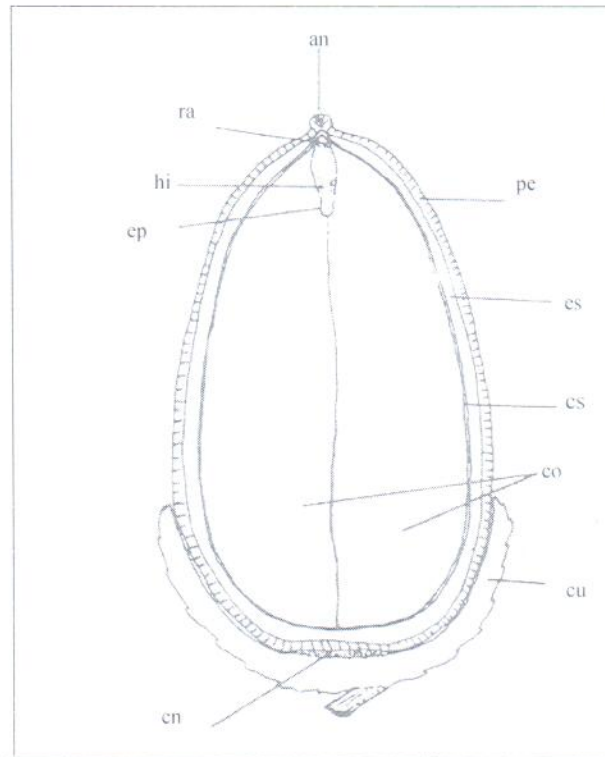


Figura 2. Corte longitudinal de una bellota madura. an= ápice de la nuez; cn= cicatriz de la nuez (punto de unión entre la nuez y la cúpula); co= cotiledones; es= cubierta de la semilla o testa; cu= cúpula; ep= epicotilo; hi= hipocotilo; pe= pericarpio; ra= radícula. (Tomado de Zavala y García, 1996).

En general, las bellotas de los encinos blancos maduran en el año en que ocurre la fertilización (bellotas anuales, ciclo reproductivo de un año) y no presentan reposo; las de los rojos requieren de dos años para madurar (bellotas bianuales, ciclo reproductivo de tres años) y en muchas especies presentan un reposo aunque breve (2 a 3 meses) (Zavala y García, 1996).

Entre las distintas fases de los ciclos reproductivos de encinos rojos y blancos que difieren notablemente, destaca la fertilización. Esta ocurre instantes después de la polinización en los blancos, pero puede efectuarse entre 12 y 14 meses después en los rojos. Aparentemente, el periodo de diseminación en los encinos rojos es más largo, pero existen especies cuya diseminación no parece prolongarse más que en los encinos blancos. Este podría ser el caso de *Quercus crassipes* y *Q. mexicana* del centro del país, pero tanto en encinos blancos como en los rojos pueden haber especies tempranas y tardías. El hecho que los encinos rojos tengan un ciclo reproductivo más largo podría, en primera instancia, representar una desventaja debido a que sus bellotas son expuestas a los depredadores (carpófagos) por periodos más largos (Zavala y García, 1996).

3.2.3 Diseminación y dispersión. El termino diseminación se define aquí como el desprendimiento de bellotas de la planta productora, ya sea con ó sin la intervención de agentes dispersores. De esta manera, las bellotas, al alcanzar la madurez, son diseminadas al desprenderse de las ramas por abscisión y caen al suelo, las bellotas son esparcidas generalmente mediante agentes dispersores (Zavala y García, 1996).

3.2.4 Producción de bellotas. La producción de frutos en muchas especies leñosas es periódica, con altas producciones en algunos años e interespaciados por otros en los cuales pocos frutos son producidos. Los árboles de un área geográfica que muestran este hábito, conocido como año semillero, comúnmente tienen reproducción sincronizada y, en consecuencia, hay grandes diferencias en el número de semillas que llega al suelo entre un año y el siguiente. Esto es considerado como un mecanismo de defensa contra

los depredadores tanto de las etapas previas como de las posteriores a la diseminación (Zavala y García, 1996).

En años de abundante producción de semillas, el hábito de año semillero resulta en la saciedad del depredador de semillas con la producción masiva de bellotas que excede el número de semillas que pueden ser consumidas por los depredadores. En el caso de los encinos, la diferenciación de óvulos varía ampliamente de un año a otro, en una rama y en todo un árbol. Esta variación en tiempo y espacio trae como consecuencia la fluctuación en la frecuencia de la producción, así como en la cantidad de bellotas producidas por cada especie de encino. Tal variación ha sido estudiada por diversos investigadores y los resultados han mostrado que aparentemente no existen patrones definidos ni ciclos regulares en la producción de frutos (Zavala y García, 1996).

Durante los años de poca producción de semillas, los depredadores consumen semillas sin efectuar la dispersión. Esto sucede con los venados, algunos roedores y varias especies de insectos consumidores de bellotas (gorgojos) *Curculio* spp., los cuales consumen fácilmente toda la cosecha disponible (Zavala y García, 1996).

Las diferencias en la manera en que los frutos ó semillas son aglomerados estacionalmente puede ó no reflejar presión de selección que representa algún momento del pasado. El tamaño de la producción de frutos cambia de un año a otro en una población y puede depender de algunas características de los árboles individuales, ó de sus semillas en combinación con factores ambientales. La magnitud de esta variación puede ser muy diferente en distintas especies. En particular, algunas especies de árboles

(*Fagus* spp., *Pinus* spp., *Quercus* spp.) producen grandes cantidades de frutos en algunos años (años semilleros) pero muy pocas en los años siguientes. Típicamente, la producción de frutos por diferentes individuos en tales poblaciones está sincronizada y los años semilleros están comúnmente correlacionados con variables climáticas (Zavala y García, 1996).

La producción de frutos en las especies leñosas depende de dos grupos de factores. Por un lado, los que afectan la diferenciación de primordios florales y, por otro, los que afectan el desarrollo de frutos y semillas ó causan pérdidas en ellos. La confirmación de estos hechos es imprescindible para explicar lo que sucede al respecto en alguna especie particular de encino (Zavala y García, 1996).

3.2.5 Maduración de bellotas. La maduración de las bellotas y su diseminación subsecuente ocurre generalmente de agosto a noviembre, ó a veces hasta diciembre, pero en algunas especies puede extenderse hasta enero ó febrero. En concordancia con el ciclo reproductivo, éstas maduran en un año (encinos blancos) ó en dos (encinos rojos). La apariencia física de una bellota madura depende, de manera particular, de la especie, pudiéndose semejar a otras. Las bellotas son generalmente de color verde antes de madurar y se tornan de cafés a negras después de que han madurado; en cuanto a la forma ocurre algo semejante. Estos rasgos son de mucha importancia en el manejo de especies de encino, debido a que las semillas pueden no germinar cuando el fruto no esta totalmente maduro a causa de la inmadurez del embrión (Zavala y García, 1996).

La calidad de las bellotas generalmente es mejor en los años de baja producción que en los llamados años semilleros, debido a que en estos últimos ocurre mayor infestación del fruto por gorgojos (*Curculio* spp.) u otros insectos carpófagos. Por tanto la recolecta en tales años debe intensificarse (Zavala y García, 1996).

De acuerdo con Zavala y García (1996), en cuanto a la identificación de la madurez de las bellotas, independientemente que las características químicas pueden ser los mejores indicadores, las físicas e identificables a simple vista son las más sencillas. Entre dicho tipo de características en los encinos rojos se pueden considerar a las siguientes:

1. El pericarpio ha perdido su color verde y se ha tornado café oscuro ó negro.
2. La nuez se desprende fácilmente de la cúpula sin romperse.
3. La cicatriz de la cúpula es de color claro, en apariencia; en algunas especies puede ser de color rosa ó naranja claro, pero el color amarillo puede ser común en otras.
4. La bellota en sección transversal muestra los siguientes colores: en especies con alto contenido de grasa, de amarillo oscuro a naranja; en otras con bajo contenido en grasa amarillo claro.

4.2 Características del medio biótico.

4.2.1 Vegetación. Dentro del Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán se identifican tres tipos de vegetación bosque de encino (*Quercus* spp.), matorral xerófilo y pastizales (Anónimo, 1987).

Asimismo Hernández (1999) señala que el Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán cuenta con algunas zonas de alta perturbación, zonas erosionadas y pequeñas áreas de cultivo. Entre los 2 350 y 2 500 msnm la especie *Quercus rugosa* es la que predomina; de los 2 500 a los 2 800 msnm encontramos *Q. laeta* asociado con *Q. crassipes*. Existen áreas con matorral de encino, que se limita a ejemplares de entre 40 y 80 cm de alto de la especie *Q. microphylla*. La vegetación más abundante corresponde al matorral xerófilo, en el se encuentran varias especies del género *Opuntia* tales como *Opuntia streptacantha*, *O. tunicata*, *O. imbricada*, *O. robusta* y *O. tomentosa*; también se encuentran *Acacia farnesiana*, *A. filicoides*, *Prosopis juliflora* y varias especies de cactáceas tales como *Heliocereus* sp., *Echinocereus* sp., *Mammillaria discolor*, *M. elegans*, *M. magnimama*. El pastizal se localiza en las partes medias y bajas, e encuentran ejemplares de *Bouteloa* sp., *Andropogon* sp., *Bromus* sp., *Digitaria* sp., *Mulhembergia* sp., *Poa* sp. y *Stipa* sp. Alrededor de los 2 700 msnm prosperan los zacatonales de *Mulhembergia* sp. y *Stipa* sp., con una altura de 60 a 120 cm, resultantes de la perturbación del bosque de encino.

4.3 Método de trabajo.

El presente trabajo se realizó en tres fases, la de campo, la de laboratorio y la de gabinete.

4.3.1 Fase de campo. Es importante mencionar que al momento de realizar el recorrido por el Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, ubicando rodales de varias especies de *Quercus*, solamente *Q. mexicana* presentaba una buena producción de bellotas de segundo año, y tomando como criterio de selección la cantidad producida de bellota, se seleccionaron 5 árboles.

En cada árbol se eligieron 10 ramillas con suficientes bellotas para el estudio, las cuales posteriormente fueron revisadas periódicamente, colectadas y analizadas. A cada ramilla se le contó el número de bellotas vivas presentes y se les colocó una etiqueta de plástico indicando fecha, número de árbol, número de ramilla y número de bellotas vivas al inicio del trabajo. Al final del etiquetado se marcaron 1735 bellotas; además a cada una de dichas ramillas se les colocó una bolsa de malla de tela que impidió la pérdida de bellotas por caída y a la vez permitió el libre acceso de insectos, patógenos u otros agentes, a las bellotas (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Ramilla con bellotas de segundo año de *Quercus mexicana*, etiquetada y cubierta con la bolsa de malla. Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México. 2005.

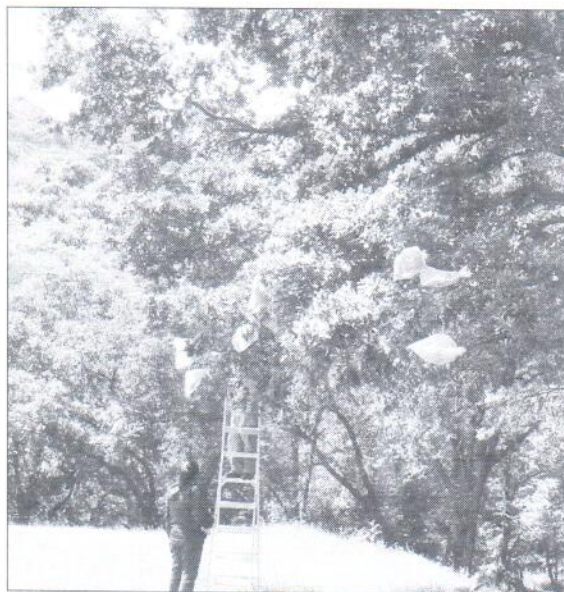


Figura 5. Árboles de *Quercus mexicana*, con bellotas de segundo año etiquetadas y cubiertas con las bolsas de malla. Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México. 2005.

La revisión de las bellotas se realizó cada 15 días (intervalo), durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2005, meses correspondientes al periodo de maduración de estas bellotas. Dicha revisión se llevó a cabo retirando la bolsa de

mallas de tela, diferenciando las bellotas vivas de las bellotas muertas, colectando éstas últimas, contando y registrando el número de bellotas sobrevivientes. La colecta de las bellotas muertas se realizó colocándolas en bolsas de papel, rotulando cada una de estas bolsas, indicando el número de árbol, número de ramilla y número de bellotas muertas y colectadas. Las muestras se trasladaron al laboratorio de Entomología y Patología Forestal para su análisis posterior.

4.3.2 Fase de laboratorio. Consistió en observar a detalle cada una de las bellotas muertas, utilizando el microscopio estereoscópico. Se registraron los síntomas externos y a continuación se procedió a examinarlas internamente, aplicando un método destructivo; es decir, se seccionó cada una de las bellotas muertas para identificar el factor causante del daño.

En el caso de síntomas de enfermedad no hubo presencia de signos (estructuras reproductivas), mientras que en el caso de daño por plaga se realizó la extracción de los insectos encontrados. Una vez registrados los factores de mortalidad se describieron los síntomas o características presentes en las bellotas muertas y se separaron las diferentes especies de insectos obtenidos. A continuación, se procedió a identificar al agente patógeno, así como a los insectos extraídos de las bellotas muertas.

La identificación del agente patógeno se realizó mediante su aislamiento en medio de cultivo. El medio utilizado fue Papa – Dextrosa – Agar (PDA), mientras que las estructuras reproductivas se obtuvieron utilizando Agua – Agar (AA).

Para la preparación del medio de cultivo Papa – Dextrosa – Agar (PDA) se procedió según la metodología de Tuite (1977). Se utilizaron 15 gramos de PDA bacteriológico comercial para 500 mililitros de agua destilada.

La preparación del medio de cultivo Agua – Agar (AA) se realizó siguiendo este mismo procedimiento. La cantidad de agar utilizado se basó en lo establecido por Tuite (1977), quien indica 7.5 g de agar comercial para 500 ml de agua destilada.

Como solo existieron síntomas, y no signos del patógeno causante de muerte en las bellotas analizadas se realizó el aislamiento en medio de cultivo, para lo cual se aplicó la siguiente metodología: a) se cortaron pequeñas porciones de 0.25 a 0.9 cm² que contenían parte de tejido vivo y tejido enfermo; b) los cortes se lavaron con tres pasos de agua destilada estéril, después se desinfectaron, mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 1.5 % durante 1 minuto; c) se enjuagaron mediante tres pasos de agua destilada estéril; d) se colocaron en papel filtro estéril con el fin de eliminar el exceso de agua; e) en la cámara de flujo laminar con ayuda de una aguja de disección previamente esterilizada se sembraron los cortes en medio de cultivo Papa – Dextrosa – Agar (PDA); g) las cajas se sellaron con cinta parafilm con el fin de evitar su contaminación; h) las cajas se dejaron para que el cultivo se desarrollara y se revisaron cada 24 horas con el fin de encontrar el desarrollo micelial y las estructuras reproductivas; i) posteriormente, se hicieron transferencias de micelio a cajas petri con Agua - Agar, con la finalidad de obtener estructuras reproductivas del hongo desarrollado en las muestras sembradas; y j) una vez obtenida la cepa pura bien desarrollada, se pasó a tubos de ensaye y posteriormente se les colocó aceite mineral

para conservar el hongo en el cepario (colección de cepas) de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. La metodología aplicada se basó en Tuite (1977).

Con las estructuras reproductivas obtenidas, se elaboraron preparaciones temporales y fijas, las últimas con el objetivo de observarlas en el microscopio compuesto y realizar mediciones de conidios y conidióforos; las mediciones realizadas fueron: largo, ancho y número de septas del conidióforo, largo y ancho de conidios y número de conidios en cadena, características que se usaron para seguir las claves de identificación de hongos.

La identificación del patógeno se llevó a cabo observando y comparando la colonia del hongo (estructura micelial, color, aspecto y formación de estructuras reproductivas) y las preparaciones (fijas y temporales) de sus estructuras reproductivas, con las claves de identificación genérica y específica; además de contar con el apoyo de un especialista en patología forestal (M. C. Silvia Edith García Díaz). Las claves utilizadas fueron las elaboradas por Barnet y Hunter (1972) y Romero (1988).

La identificación de insectos se realizó a través de los diferentes estados de desarrollo. Los adultos se montaron sobre alfileres entomológicos y las larvas fueron previamente preparadas a través de inmersión, durante 2 minutos, en agua caliente, con la finalidad de matarlas y conservarlas en alcohol al 70%. En la identificación se usó el microscopio estereoscópico. La identificación fue realizada por el M. C. Rodolfo Campos Bolaños quien utilizó claves de Borror *et al* (1976) y Arnett (1963) para identificar a nivel de

familia y género. El material montado y etiquetado se envió a especialistas de Estados Unidos para su corroboración.

Para especificar la muerte de bellotas debida a abortición primero se seccionó a cada una de las bellotas analizadas, posteriormente se procedió a observarlas detenidamente en el microscopio estereoscópico para comprobar la ausencia de plagas ó enfermedades, una vez hecho lo anterior se verificó que el crecimiento de la semilla había sido interrumpido ó no se había dado, es decir las bellotas presentaban un tamaño pequeño (± 5 mm) y el interior de las mismas mostraba poco ó nulo crecimiento, además la bellota se encontró casi totalmente cubierta por la cúpula (3/4 partes ó más).

La muerte de bellotas debida a factores ambientales se determinó, al igual que para los factores anteriores, seccionando cada una de las bellotas y observándolas en el microscopio estereoscópico, en este caso también se verificó la ausencia de plagas ó enfermedades, posteriormente se comprobó que el crecimiento de la semilla se estuviera presentando antes de ser interrumpido por algún factor ambiental (viento, lluvia, etc.), es decir, aunque las bellotas aún no maduraban y mostraban un tamaño medio (12 a 18 mm), su interior se encontraba total ó casi totalmente cubierto por la semilla.

4.3.3 Fase de gabinete. Para el análisis de los datos obtenidos se aplicaron las ecuaciones para una tabla de vida estática utilizadas por Contreras (1992). Dichas ecuaciones son:

$$100 q_x = \frac{\text{Número de bellotas dañadas por factor de mortalidad} * 100}{\text{Número total de bellotas}}$$

$$l_x = l_{x_{n-1}} - d_x$$

$$S_x = \frac{l_x + 1}{l_x}$$

$$L_x = \frac{l_x + (l_x + 1)}{2}$$

$$T_x = (L_x) + (L_x + 1) + (L_x + 2) + + L_w$$

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

Finalmente, y con apoyo del Área de Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria (CENID - COMEF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se hicieron tomas con rayos X a algunas bellotas muertas, colectadas durante el periodo de muestreo, dichas bellotas no formaron parte de la cohorte bajo estudio, se tomaron al azar de árboles vecinos. La toma de estas radiografías sirvió para corroborar la muerte de bellotas maduras.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Identificación de los factores de mortalidad.

Con los datos obtenidos durante la fase terminal del desarrollo (producción) hasta la maduración de bellotas de *Quercus mexicana* durante el 2005, se elaboró una forma típica de tabla de vida (Cuadro 2). El análisis de la cohorte inició con 1735 bellotas de segundo año el 5 de septiembre de 2005 y finalizó el 12 de diciembre del mismo año, cuando el total de bellotas contabilizadas alcanzó la madurez y, en consecuencia, el total de la cohorte bajo estudio se había desprendido del árbol correspondiente. Es importante señalar que los resultados que se presentan corresponden al último periodo de desarrollo de las bellotas de *Q. mexicana*, es decir los cuatro meses del 2005 y que lo anterior fue debido a la baja ó nula producción de bellotas durante el año mencionado.

De estas 1735 bellotas de segundo año, 1678 (96.72%) murieron durante el periodo de observación debido a la incidencia de alguno de los factores de mortalidad registrados, mientras que 57 (3.28%) sobrevivieron.

En la columna Fdx (Cuadro 2) se identifican los factores de mortalidad que afectaron a la cohorte de bellotas de segundo año estudiadas. De esta manera se registraron siete factores de mortalidad: a) el hongo *Alternaria tenuissima* Ness; b) un díptero de la familia Cecidomyiidae (Díptera); c) abortición; d) el picudo de las bellotas *Curculio* sp. (Coleoptera: Curculionidae); e) un cinípido de la familia Cynipidae (Hymenoptera); f) una palomilla del orden lepidoptera y g) factores ambientales.

Cuadro 2. Tabla de vida estática de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana*, en el Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México, 2005.

Fecha	lx	Fdx	dx	100qx	Sx	Lx	Tx	e _x
05/09/2005	1735				0.88	1628	3026	1.74
		<i>Alternaria tenuissima</i>	39	2.25				
		Aborción	103	5.94				
		<i>Curculio</i> spp.	49	2.82				
		Cynipidae	3	0.17				
		Lepidoptera	16	0.92				
		Factores ambientales	4	0.23				
		Subtotal	214	12.33				
	1521				0.84	1398	2543	1.67
19/09/2005		<i>A. tenuissima</i>	62	3.57				
		Cecidomyiidae	17	0.98				
		Aborción	53	3.05				
		<i>Curculio</i> spp.	44	2.54				
		Cynipidae	1	0.06				
		Lepidoptera	40	2.31				
		Factores ambientales	29	1.67				
		Subtotal	246	14.18				
	1275				0.80	1145	1939	1.52
03/10/2005		<i>A. tenuissima</i>	90	5.19				
		Cecidomyiidae	7	0.40				
		Aborción	29	1.67				
		<i>Curculio</i> spp.	85	4.90				
		Lepidoptera	13	0.75				
		Factores ambientales	36	2.07				
		Subtotal	260	14.99				
	1015				0.56	794	1252	1.23
17/10/2005		<i>A. tenuissima</i>	73	4.21				
		Cecidomyiidae	9	0.52				
		Aborción	51	2.94				
		<i>Curculio</i> spp.	151	8.70				
		Lepidoptera	35	2.02				
		Factores ambientales	123	7.09				
		Subtotal	442	25.48				

Continúa ...

Cuadro 2. Continuación

Fecha	lx	Fdx	dx	100qx	Sx	Lx	Tx	e _x
	573				0.60	458	689	1.20
31/10/2005		<i>A. tenuissima</i>	11	0.63				
		Cecidomyiidae	1	0.06				
		Aborción	22	1.27				
		<i>Curculio</i> spp.	123	7.09				
		Lepidoptera	6	0.35				
		Factores ambientales	67	3.86				
		Subtotal	230	13.26				
14/11/2005	343				0.35	231	319	0.93
		<i>A. tenuissima</i>	3	0.17				
		Aborción	39	2.25				
		<i>Curculio</i> spp.	73	4.21				
		Lepidoptera	7	0.40				
		Factores ambientales	102	5.88				
		Subtotal	224	12.91				
28/11/2005	119				0.48	88	116.5	0.98
		<i>A. tenuissima</i>	10	0.58				
		Cecidomyiidae	1	0.06				
		Aborción	24	1.38				
		<i>Curculio</i> spp.	15	0.86				
		Cynipidae	1	0.06				
		Lepidoptera	11	0.63				
		Subtotal	62	3.57				
12/12/2005	57	Sobrevivientes	0	0.00	1.00	28.5	28.5	0.50

El factor de mortalidad con mayor incidencia fue *Curculio* spp. con 540 bellotas dañadas el 31.12% de las bellotas analizadas, mientras que el factor de menor ocurrencia fue la avispa cinípida con 5 bellotas dañadas equivalentes al 0.29% de la cohorte bajo estudio. *Alternaria tenuissima* mató 288 bellotas (16.6%); la mosquita cecidómida eliminó 35 individuos (2.02%); el factor aborción propició la muerte de 321 bellotas (18.5%); el lepidóptero destruyó 128 bellotas (7.38%) y los factores ambientales afectaron 321 individuos (20.81%) (Figura 6).

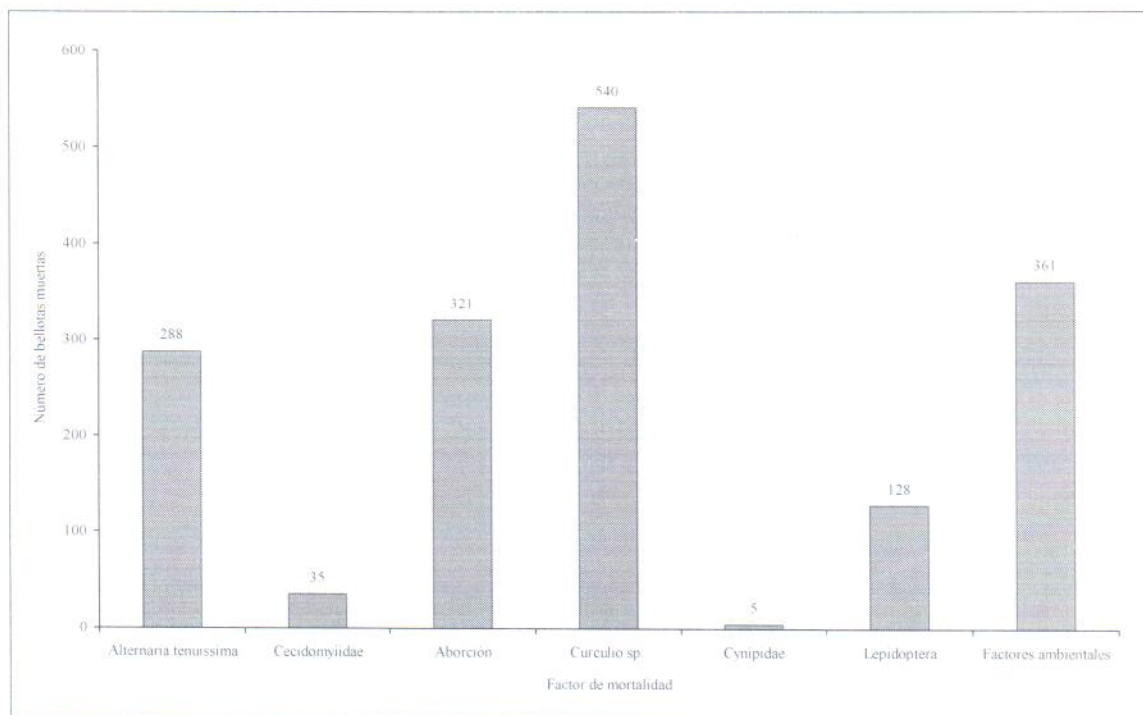


Figura 6. Impacto por factor de mortalidad sobre las bellotas de segundo año de *Quercus mexicana*, en el Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México, 2005.

Una vez analizados los datos obtenidos en la tabla de vida se elaboró la curva de mortalidad correspondiente, en donde podemos observar que la proporción de bellotas muertas más alta fue de 442 que se presentó entre el 17 y 31 de octubre de 2005, mientras que la menor cantidad de bellotas muertas, 62 individuos, se observó del 28 de noviembre al 12 de diciembre del mismo año (Figura 7).

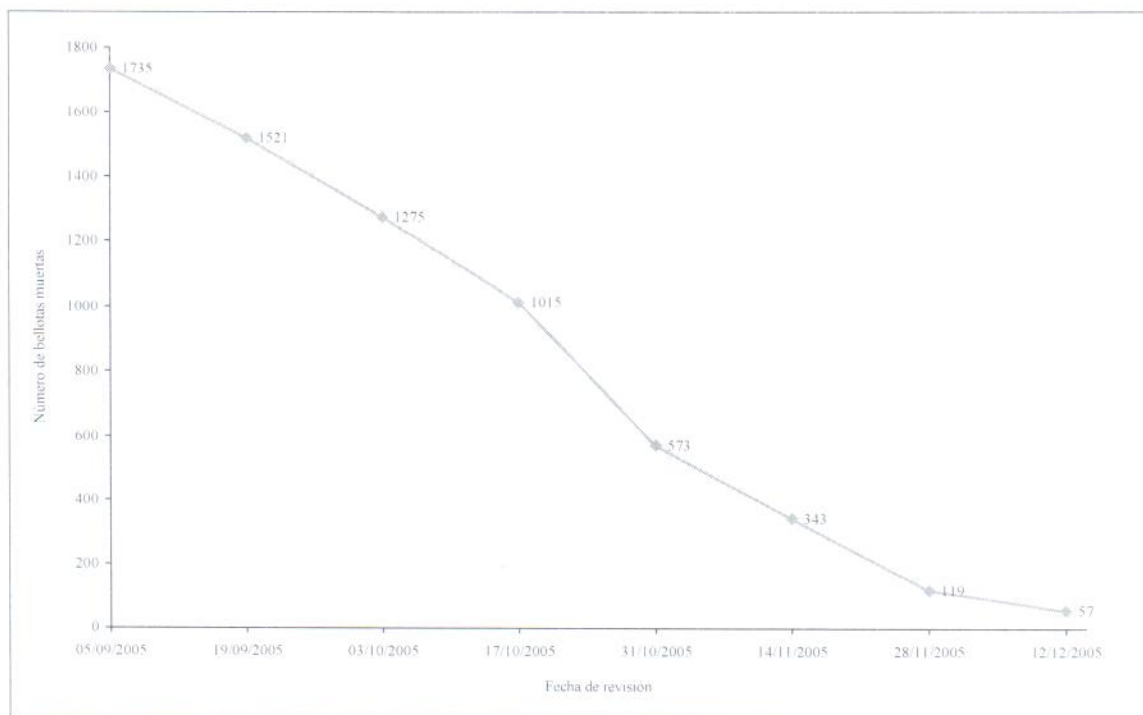


Figura 7. Curva de mortalidad de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana*, del Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México. 2005.

En relación al índice de sobrevivencia de las bellotas de *Q. mexicana* se observó que el menor valor fue de 0.35, el promedio de 0.69 y el máximo de 0.88 considerando estos valores podemos confirmar que en la cohorte de bellotas de segundo año muestreada se presentó una mortalidad alta (Figura 8).

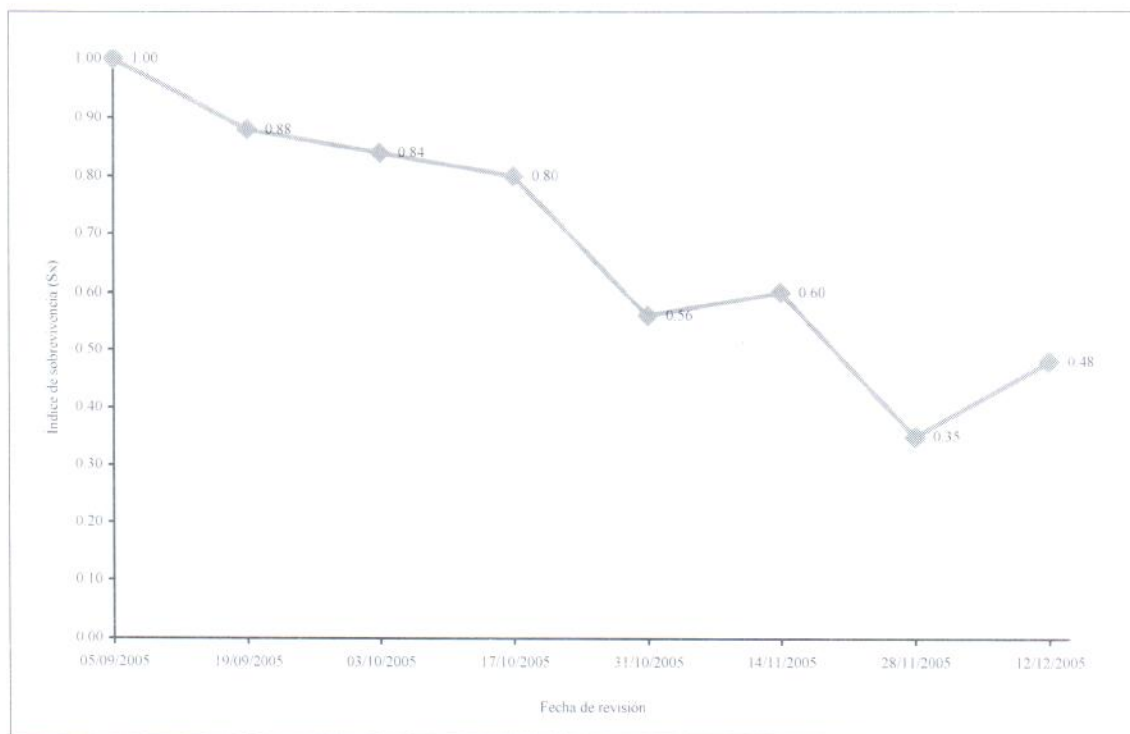


Figura 8. Comportamiento del índice de sobrevivencia de la cohorte de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana* en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México, 2005.

En cuanto a la esperanza de vida (ex) podemos observar que al inicio de las observaciones, la cohorte de bellotas de segundo año estudiada presentó una esperanza de vida de 1.74 (26 días), este valor disminuye conforme transcurre el tiempo, debido a que durante el tiempo de muestreo se presentaron algunos ó todos los factores de mortalidad (7 factores) identificados.

El factor de mortalidad más importante fue *Curculio* sp., con 540 bellotas de segundo año muertas correspondientes al 31.12 % del total de la cohorte. La mayor cantidad de bellotas muertas por este insecto se presentó en el periodo del 17 al 31 de octubre de 2005, con 151 bellotas dañadas (Figura 9). Estos resultados concuerdan con varias investigaciones que se realizaron en diferentes partes del mundo para evaluar mortalidad

de bellotas y en las cuales se encontró una variación del 15% al 47% de mortalidad (Kristek 1973, citado por Del Río y Mayo, 1985; Kearby *et al.*, 1986, y Lewis, 1992, citados por Johnson *et al.*, 2002; Pavlick *et al.*, 2000, y Del Río y Mayo, 1985), concluyendo que el picudo *Curculio* es la plaga principal de las bellotas de encino.

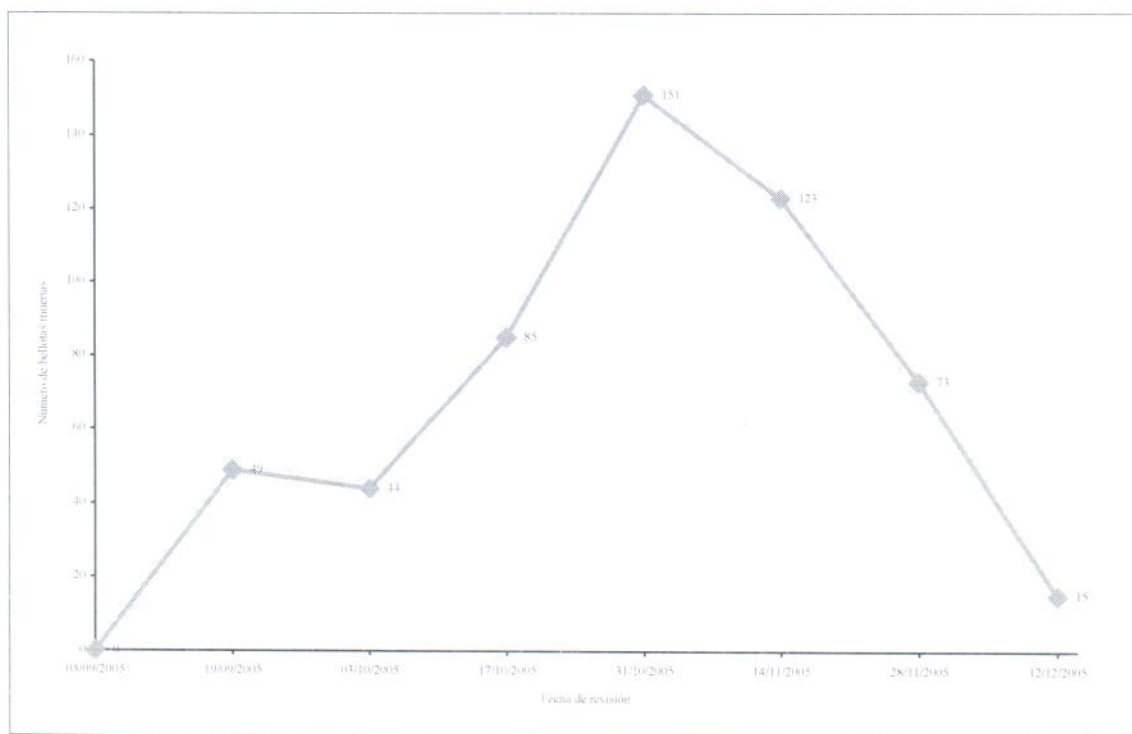


Figura 9. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana* ocasionada por *Curculio* sp. en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México, 2005.

Los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con los datos obtenidos por Kristek (1973) citado por Del Río y Mayo (1985), quien observó que 27.3% de las bellotas de *Quercus* sp., fueron afectadas por un picudo del género *Curculio* en Moravia, Checoslovaquia. Comparando los datos obtenidos por Kristek (1973) citado por Del Río y Mayo (1985) (27.3%) y los obtenidos en la presente investigación (31.12%) podemos decir que este picudo es el principal factor de

mortalidad de bellotas de *Quercus mexicana*. De manera semejante Kearby *et al* (1986) citados por Johnson *et al* (2002) señalaron que *Curculio* sp. infestó el 31% de 10, 000 bellotas maduras de siete especies de *Quercus* en Missouri, U. S. A. Asimismo Lewis (1992) citado por Johnson *et al* (2002) señala que en una especie de encino de la costa de California, 27% de las bellotas colectadas en una estación fueron infestadas con larvas de una especie de *Curculio*. De manera similar Pavlick *et al* (2000) mencionan que en el norte de California el 47% de las bellotas de *Quercus* sp. se encontraron dañadas por larvas de picudo (*Curculio* sp.). Por otra parte en México, Del Río y Mayo (1985) analizaron la entomofauna asociada a *Quercus* sp. en la meseta tarasca, encontrando que del 15 al 20% de las bellotas estudiadas se encontraron barrenadas por *Curculio* sp. lo que reafirma al picudo como la principal plaga de las bellotas de encino.

Dentro de los factores de mortalidad correspondientes a insectos el segundo lugar en importancia correspondió a la palomilla del orden lepidoptera, con 128 bellotas de segundo año aniquiladas, correspondientes al 7.38% de la cohorte. La mayor cantidad de bellotas muertas fue 40 individuos, la cual se observó en el período correspondiente del 19 de septiembre al 3 de octubre de 2005 (Figura 10).

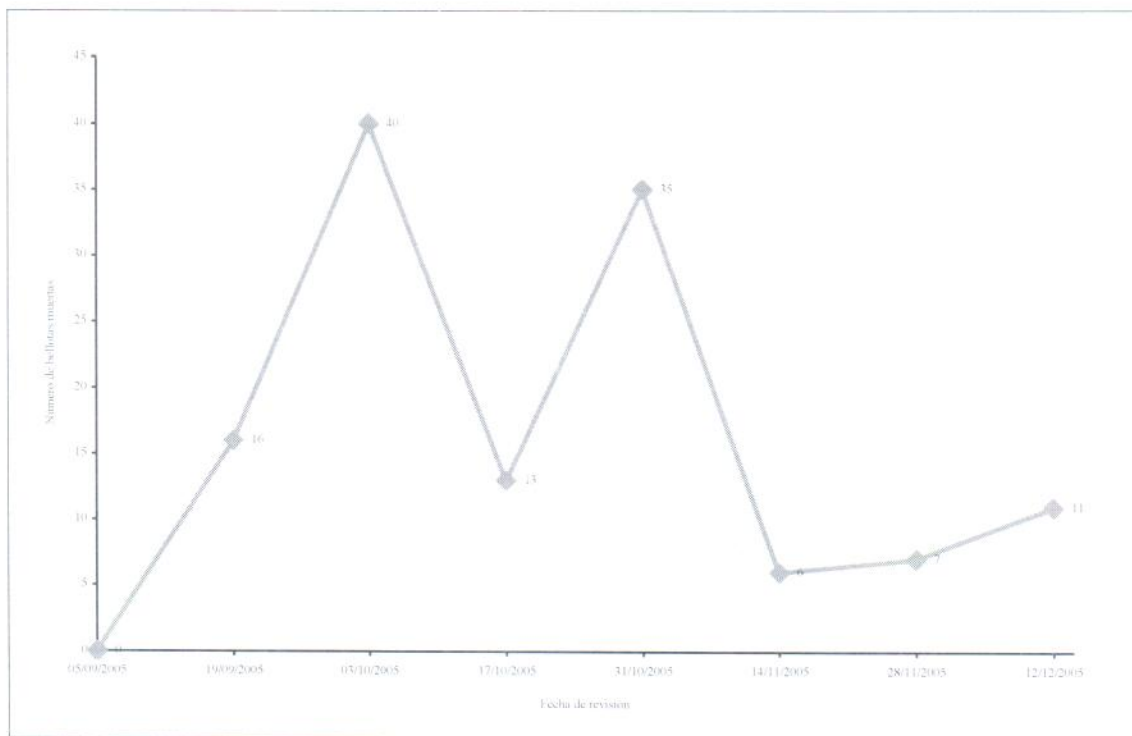


Figura 10. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana* ocasionada por la palomilla del orden lepidoptera en el Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México, 2005.

Para el factor palomilla del orden lepidóptera, Gibson (1982) reporta que los lepidópteros *Mellisopus latiferreanus* (Walsingham) y *Valentinia glandulilla* (Riley), dañan de 0 a 36.1% de las bellotas del encino rojo del norte (*Quercus rubra* L.) en California. Lo cual sugiere que este grupo tiene su importancia en la mortalidad de bellotas de *Q. mexicana* en el Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México.

Steven Myers (1978), citado por Gibson (1982), señala que de 0 a 63% de bellotas maduras y de 0 a 30% de bellotas inmaduras de encino rojo del norte (*Quercus rubra* L.) se pueden encontrar infestadas por larvas de lepidóptero.

La siguiente posición dentro de los factores pertenecientes a insectos causantes de mortalidad en bellotas de segundo año de *Q. mexicana*, correspondió a algunas mosquitas cecidómidas con 35 bellotas muertas, correspondientes al 2.02% del total de individuos de la cohorte estudiada. La mayor cantidad de bellota dañada fue 17 bellotas en el período del 19 de septiembre al 3 de octubre de 2005 (Figura 11).

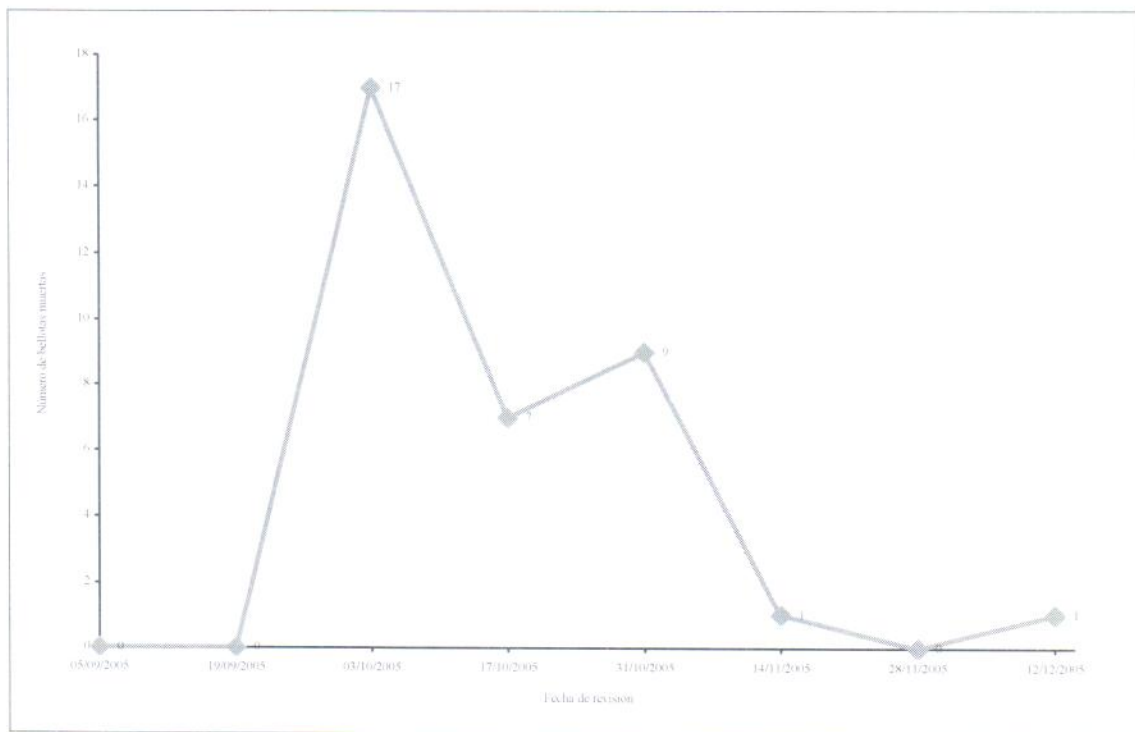


Figura 11. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana* ocasionada por mosquitas cecidómidas en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México, 2005.

La muerte de bellotas provocada por la presencia de mosquitas cecidómidas no ha sido reportada previamente en investigaciones realizadas en nuestro país ó fuera de éste. El porcentaje de mortalidad correspondiente a estas mosquitas para el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán fue de 2.02%.

El factor menos importante dentro del grupo plagas fue el correspondiente a una avispa agalladora de la familia Cynipidae aniquilando 5 bellotas de segundo año, equivalentes al 0.28% del total de bellotas analizadas. El mayor número de bellotas muertas fue 3, el cual se pudo observar en el periodo del 5 al 19 de septiembre de 2005. (Figura 12).

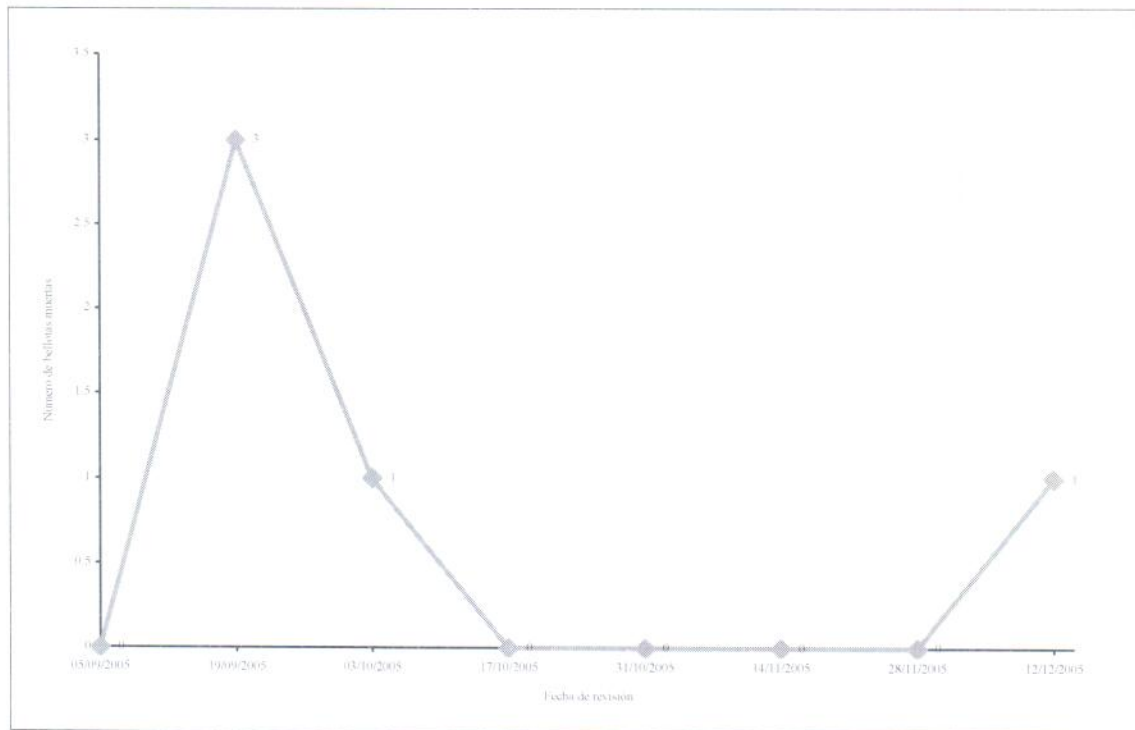


Figura 12. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana* ocasionada por una avispa agalladora en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México. 2005.

Para el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán solo se registró una avispa agalladora de la familia Cynipidae, mientras que Gibson (1982) reporta, en bellotas de encino rojo del norte (*Quercus rubra* L), una tasa de infestación para *Callirhyti* sp. que va de 0 a 31% en Estado Unidos y de 0 a 37% en Canadá. Myers (1978), citado por Gibson (1982), indica una tasa de infestación de 0 a 24% en bellotas maduras en Missouri. Lo anterior sugiere

que haber encontrado daños ligeros no descarta la posibilidad que en otros años las infestaciones de estas avispa sean altas.

Dentro de los factores ambientales (segundo lugar en orden de importancia dentro de los siete factores de mortalidad), se consideraron agentes como el viento, la lluvia, el granizo, etc., estos factores mataron 361 bellotas de segundo año (20.81%). La mayor cantidad de bellotas extintas se presentó en el período correspondiente del 17 al 31 de octubre de 2005, con 123 bellotas (Figura 13).

En el caso de muerte de bellotas debida a factores ambientales, no se encontraron antecedentes que señalen a éstos como un agente de mortalidad, a pesar que para la presente investigación dichos factores eliminaron el 20.81% del total de individuos de la cohorte analizada.

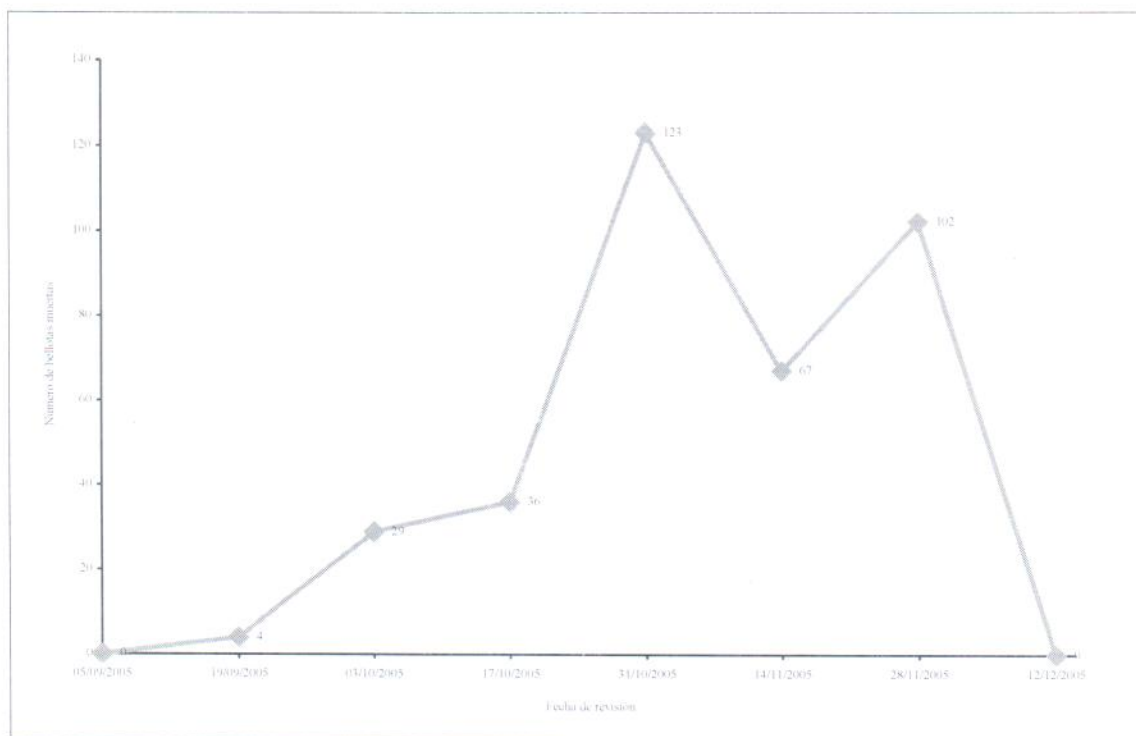


Figura 13. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana* ocasionada por factores ambientales en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México, 2005.

El siguiente factor de mortalidad fue la absorción (tercer lugar dentro de los siete factores de mortalidad), la cual se presentó ya que la especie analizada forma grupos de bellotas (3 a 4). Este factor mató 321 bellotas de segundo año equivalentes al 18.5% de las bellotas analizadas. La mayor cantidad de bellotas muertas se observó del 5 al 19 de septiembre de 2005, muriendo 103 bellotas de segundo año (Figura 14).

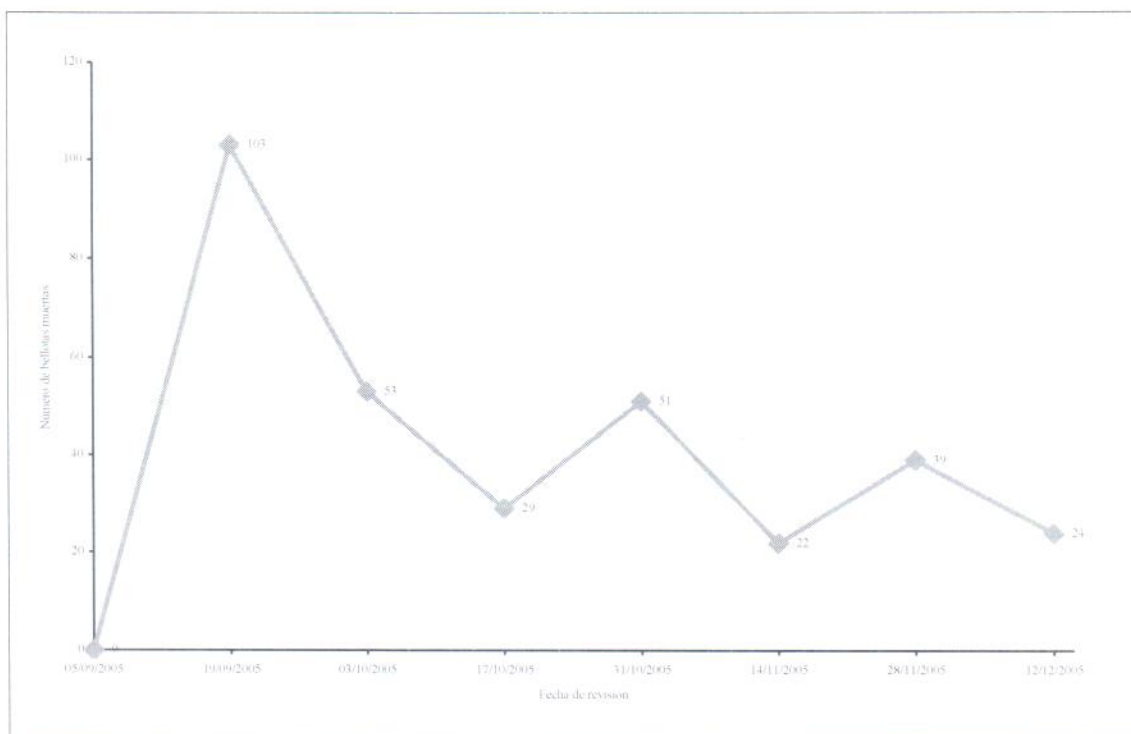


Figura 14. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana* ocasionada por aborto en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México, 2005.

Para el factor aborto no se encontraron datos que señalen a este factor como agente causante de muerte en bellotas de encinos. El que este factor no sea considerado como un agente de mortalidad en bellotas probablemente se deba a que la competencia entre bellotas en desarrollo se presenta de manera natural en una población, sin embargo para la presente investigación el daño fue considerable, correspondió al 18.5% de la cohorte bajo estudio.

Finalmente encontramos al hongo *Alternaria tenuissima* (cuarta posición en cuanto a cantidad de bellota dañada), el cual afectó un total de 288 bellotas de segundo año, correspondiente al 16.6% del total de bellotas muestreadas. El mayor número de bellotas dañadas por este patógeno se presentó del 3 al 17 de octubre de 2005, muriendo 90 bellotas (Figura 15).

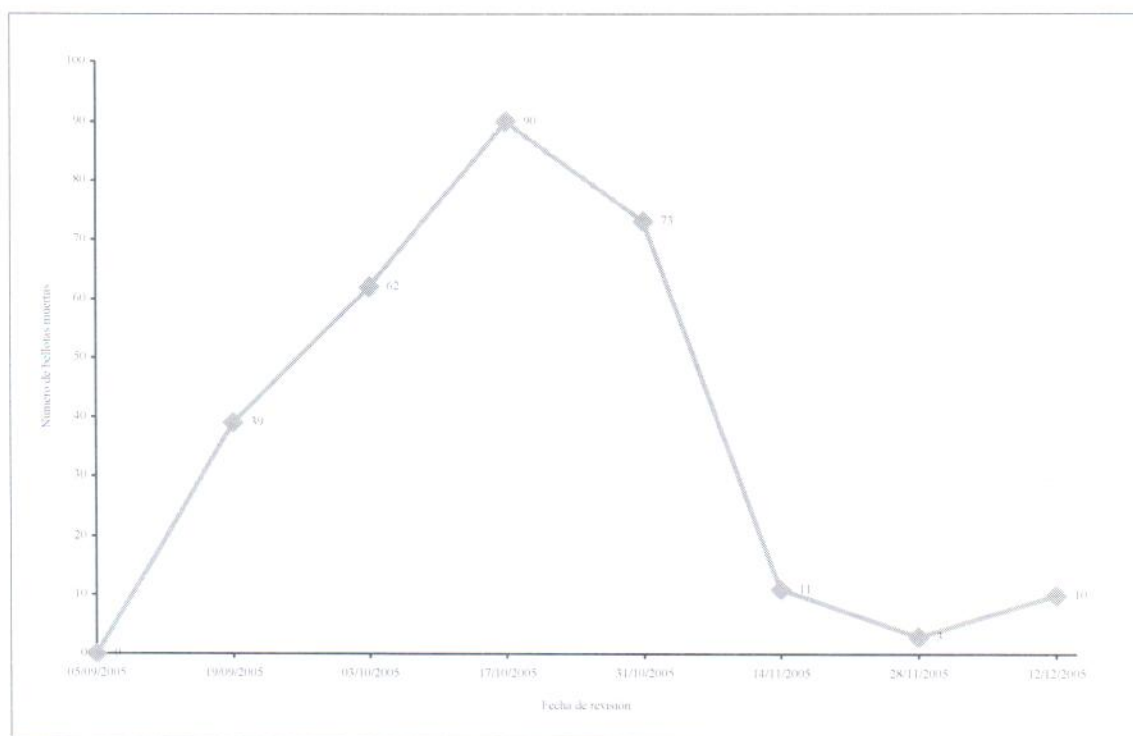


Figura 15. Distribución de la mortalidad de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana* ocasionada por *Alternaria tenuissima* en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México. 2005.

Para el caso de agentes patógenos no se encontró información cuantitativa que señalará a *Alternaria tenuissima* como factor de mortalidad en bellotas de encino; no obstante Peace (1962) menciona que *Valsa intermedia* daña bellotas de encino almacenadas. Strauch – Valeva (1954, citado por Peace, 1962) señala a *Phomopsis quercella* y *Sclerotinia pseudotuberosa* igualmente dañando bellotas almacenadas. Del mismo modo Swiecki *et al* (1990) reportan a *Penicillium* y *Aspergillus*; además de *Fusarium oxysporum*, *Stemphylium* sp., *Trichothecium* sp., y un Coelomiceto colonizando bellotas en el norte de California. Muñoz *et al* (2003) reportan a *Botryosphaeria stevensii* y *Taphira kruchii* dañando bellotas de encino en España.

5.2 Descripción de los factores de mortalidad.

Se identificaron siete factores de mortalidad dañando bellotas de segundo año de *Q. mexicana*, cuatro de estos factores corresponden a factores bióticos y específicamente insectos de los ordenes Coleoptera, Díptera, Lepidoptera e Hymenoptera, quienes en conjunto dañaron la mayor cantidad de bellotas de segundo año (40.81%).

5.2.1 Curculio sp. El daño causado por *Curculio* spp. inició cuando los adultos realizaron una perforación en las bellotas y ovipositaron en ellas; al nacer las larvas se alimentaron consumiendo la bellota. Se encontraron de 1 a 6 larvas por bellota, éstas midieron en promedio 8.8 mm de largo por 3.9 mm de ancho. Además se localizaron algunos picudos adultos en las bolsas de malla colocadas para atrapar las bellotas. Los adultos encontrados midieron en promedio 6.9 mm de largo, 3.1 mm de ancho y aparato bucal (pico) de 3.7 mm, con una coloración café clara parda (Figuras 16, 17 y 18).

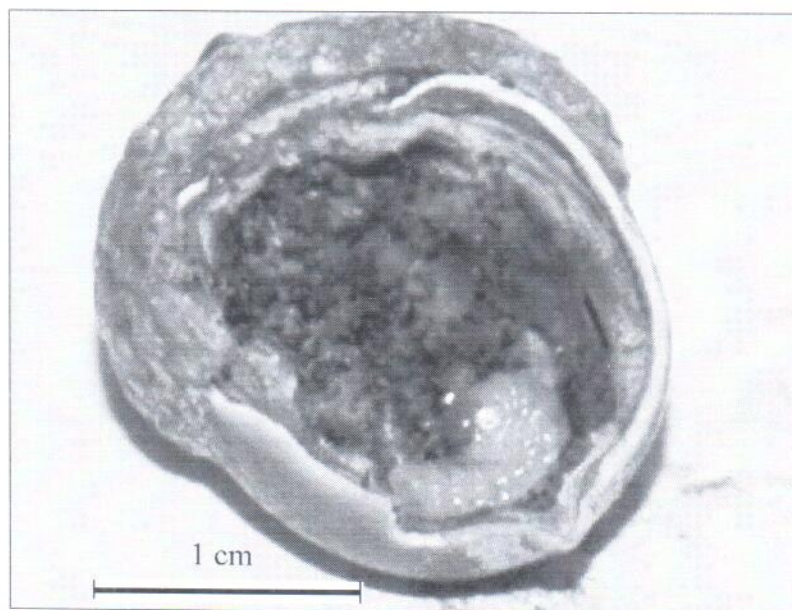


Figura 16. Bellota de segundo año de *Quercus mexicana* atacada por una larva de *Curculio* sp. Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México. 2005.

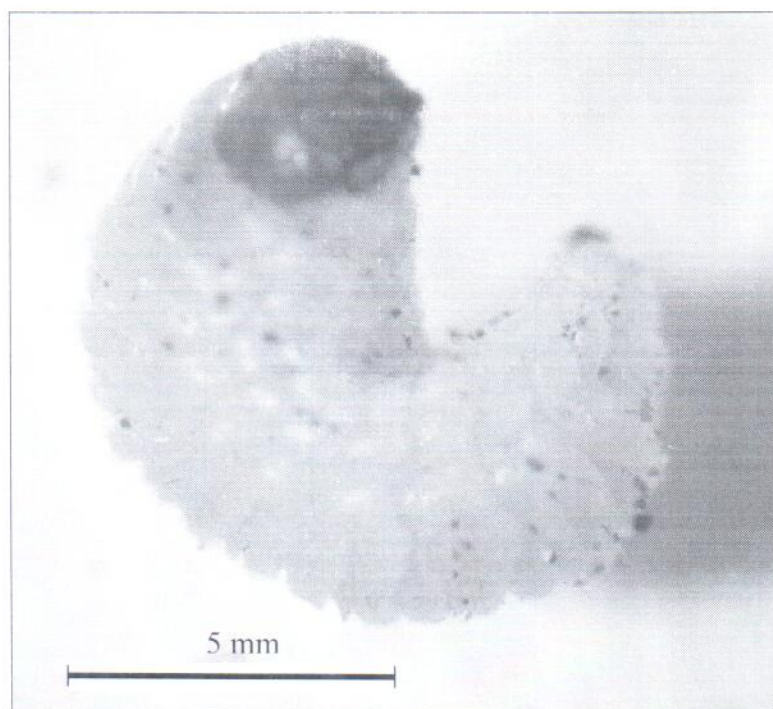


Figura 17. Larva de *Curculio* sp. extraída de bellotas de *Quercus mexicana*. Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México. 2005.

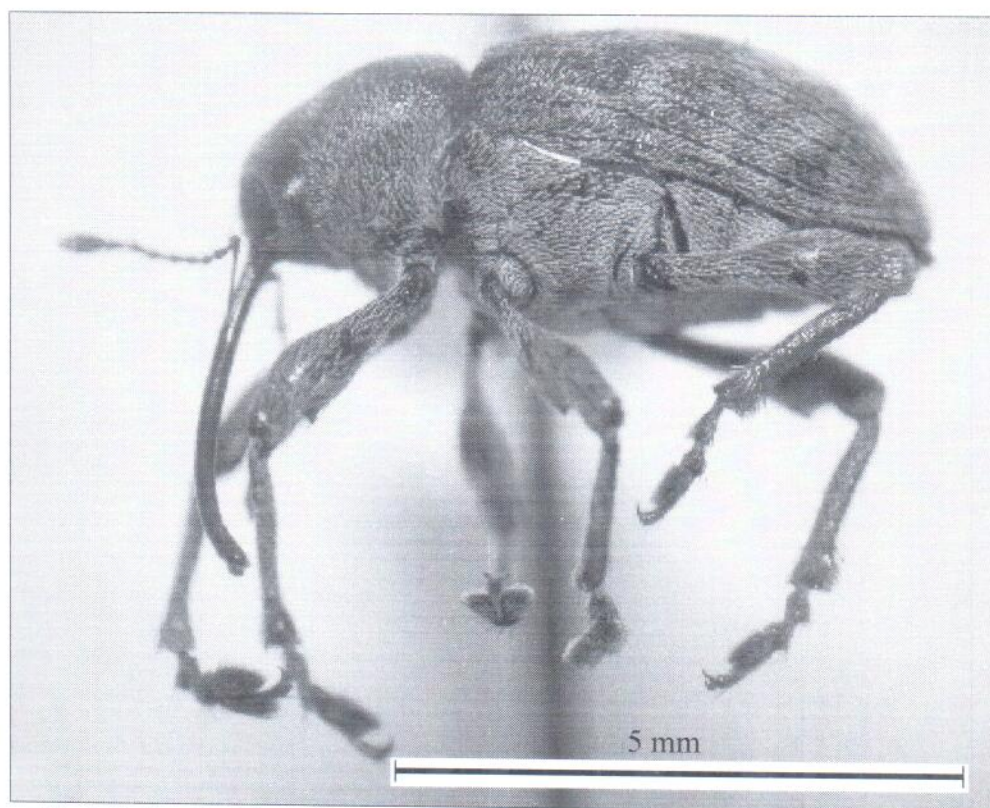


Figura 18. Adulto de *Curculio* sp., de bellotas de *Quercus mexicana*. Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México. 2005.

5.2.2 Palomilla de lepidoptera. Las larvas de esta palomilla consumieron el interior de las bellotas destruyéndolas totalmente. Se encontró una larva por bellota. Las larvas encontradas son eruciformes, midiendo en promedio 2.8 mm de nacho y 8.9 mm de largo. Los adultos obtenidos presentan un color café - amarillo grisáceo con lustre metálico, midiendo en promedio 25.5 mm de expansión alar, 9.7 mm de largo y 2.4 mm de ancho (Figuras 19 y 20).

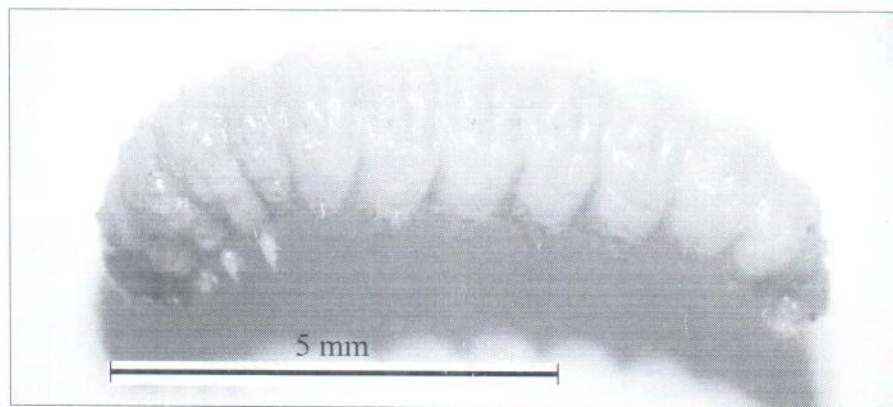


Figura 19. Larva de lepidóptero, en bellotas de segundo año de *Quercus mexicana*, Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México, 2005.

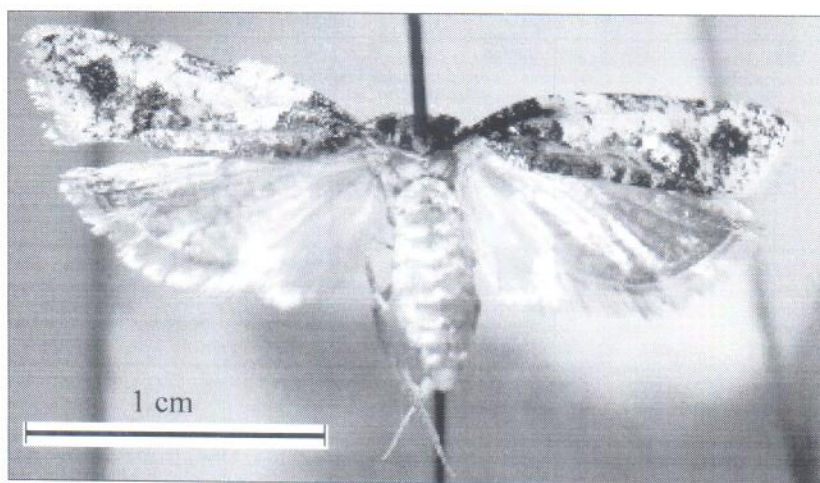


Figura 20. Adulto de lepidóptero (obtenido de larvas extraídas de las bellotas de segundo año de *Quercus mexicana*), Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México, 2005.

5.2.3 Mosquitas cecidómidas. Las larvas de la mosquitas cecidómidas (Figura 21) encontradas dentro de las bellotas de segundo año, provocaron un daño directo, el cual se dio al momento de que éstas se alimentaron; las larvas son pequeñas el mayor daño se presentó una vez que las larvas se introdujeron en la bellotas, ya que al perforar las bellotas éstas comienzan a deshidratarse. Se encontraron de 2 a 16 larvas por bellota. Estas larvas midieron 2.8 mm de largo y 0.56 mm de ancho, en promedio.

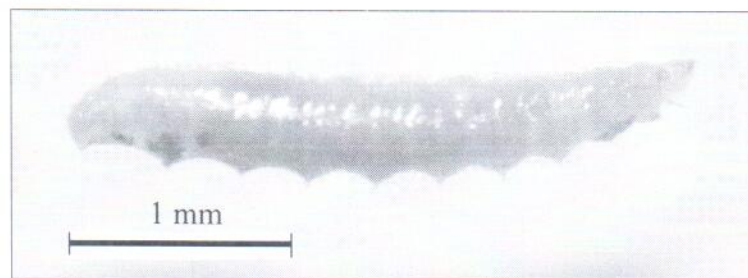


Figura 21. Larva de mosquita cecidómida encontrada en bellotas de segundo año de *Quercus mexicana*, Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México. 2005.

5.2.4 Avispa cinípida. A pesar de que los cinípidos son insectos muy comunes en los bosques de encino, aparentemente, no produjeron daño que se pudiera considerar de importancia económica.

El daño de esta avispa se presentó cuando la formación de las agallas impidió físicamente el desarrollo y crecimiento de la bellota, debido a que dichas agallas ocuparon alrededor del 75% del espacio de crecimiento disponible en la bellota. Esta avispa midió en promedio 2.5 mm largo y 0.6 mm de ancho (Figuras 22 y 23).

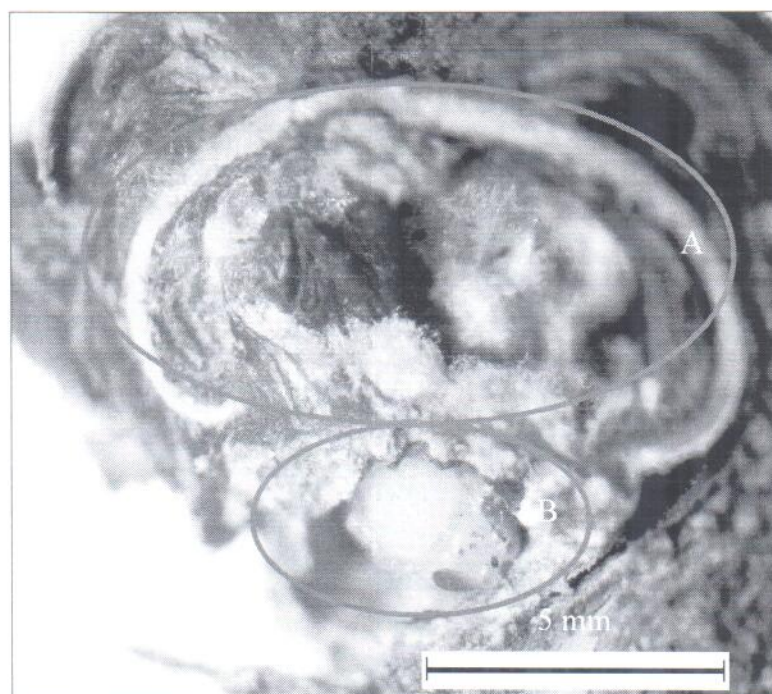


Figura 22. Bellota de *Quercus mexicana*, atacada por la avispa cinípida. A, bellota inmadura. B, agalla en desarrollo. Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México. 2005.

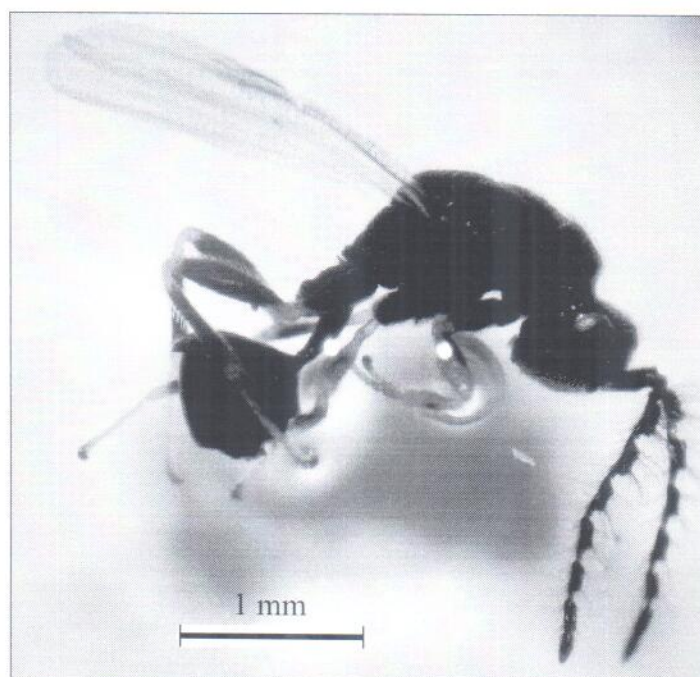


Figura 23. Adulto de la avispa cinípida, extraído de bellotas de *Quercus mexicana*, Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán, Estado de México. 2005.

5.2.5 Factores ambientales. Se consideraron como factores ambientales causantes de muerte a agentes como viento, lluvia, granizo, etc., debido a que al sacudir ó golpear las ramillas ó bellotas éstas se desprendían del árbol, lo cual provocaba su muerte posterior.

5.2.6 Aborción. El factor aborto se presentó debido a que la especie bajo estudio desarrolla grupos de frutos de 3 a 4 bellotas y sólo una semilla de cada bellota se desarrolla y madura, sólo una bellota (en ocasiones dos) de dichos grupos logró desarrollar y madurar.

5.2.7 *Alternaria tenuissima*. La presencia de este hongo patógeno provoco necrosis y momificación total del interior de la bellota, además de producir manchas oscuras y difusas en la cubierta de la misma y la presencia de algunas protuberancias negras tanto en la bellota como en la cúpula.

La colonia de *A. tenuissima* obtenida, presentó crecimiento circular; con coloración verde oscura difusa en el centro de la colonia y una coloración blanquecina semitransparente en la periferia; se desarrollo en 10 días. Las estructuras reproductivas obtenidas fueron conidios y conidióforos, los conidios formaron cadenas con 3 esporas y 3 septas en promedio. Los conidióforos midieron 50.3 μm en promedio de largo y 3.8 μm de ancho. Los conidios midieron 25.4 μm de largo por 11.2 μm de ancho en promedio (Figuras 24 y 25).

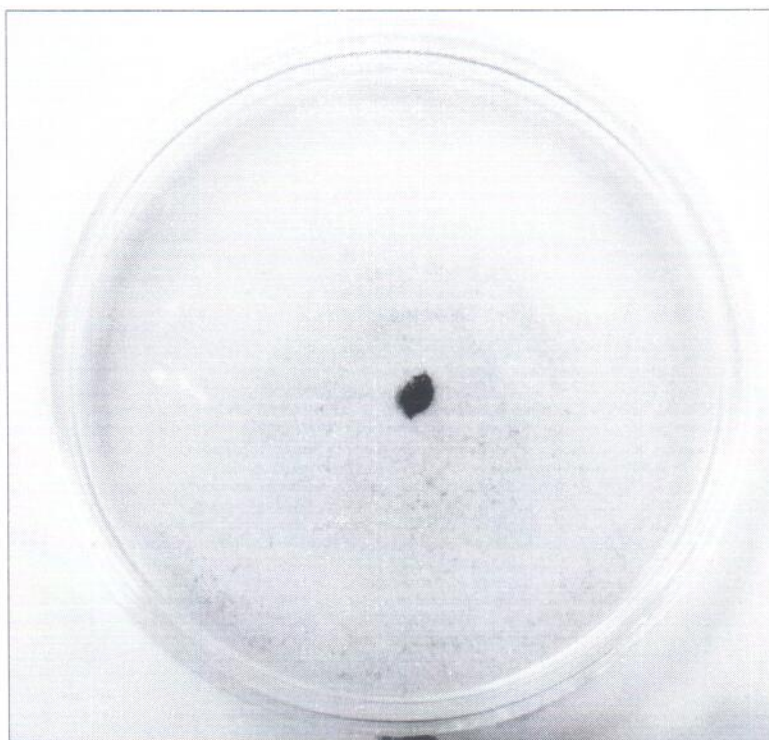


Figura 24. Colonia de *Alternaria tenuissima*.

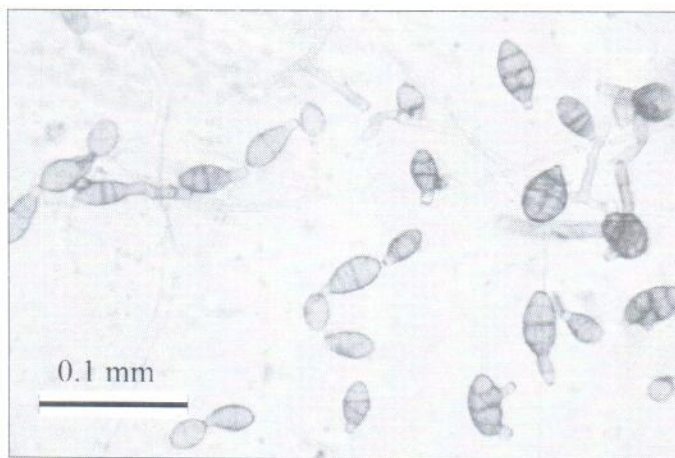


Figura 25. Conidióforos y conidios (formando cadenas) de *Alternaria tenuissima*.

5.3 Toma de rayos X.

A un grupo de bellotas maduras de *Quercus mexicana* se le tomaron radiografías, en plano longitudinal y transversal, para verificar la presencia de larvas de *Curculio* sp., lepidóptero y de las mosquitas de la familia Cecidomyiidae.

La utilización de la metodología de toma de radiografías fue únicamente con la finalidad de ratificar el daño por insectos en las bellotas (Figuras 25 y 26).

Sin embargo, y probablemente debido a la época del año en que se tomaron las radiografías (febrero de 2006), solamente se observó el daño producido por alimentación de las larvas, así como bellotas con desarrollo incompleto (vanas) y bellotas completamente desarrolladas y sanas.

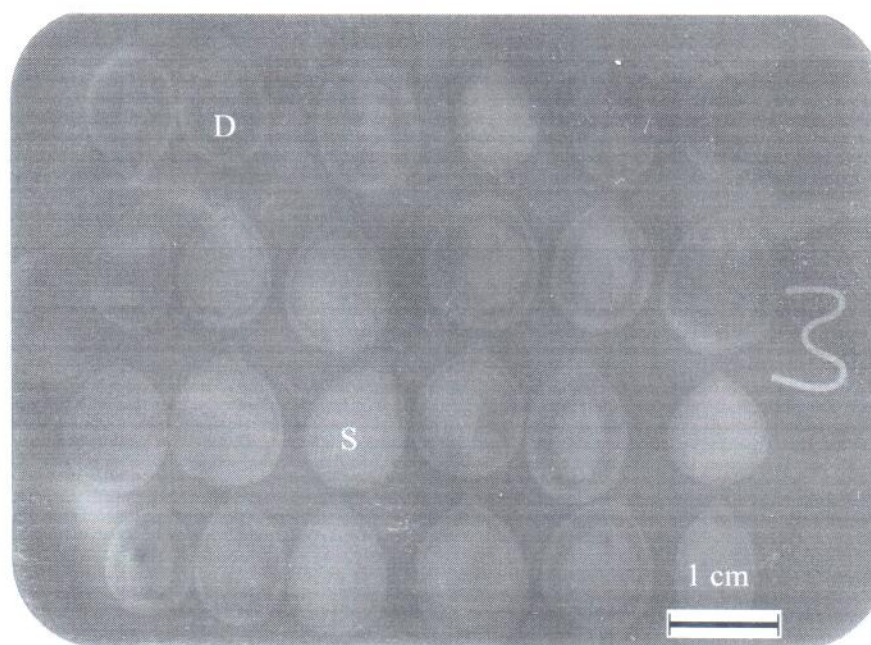


Figura 25. Radiografía de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana*, en plano longitudinal. D, dañada; S, sana.

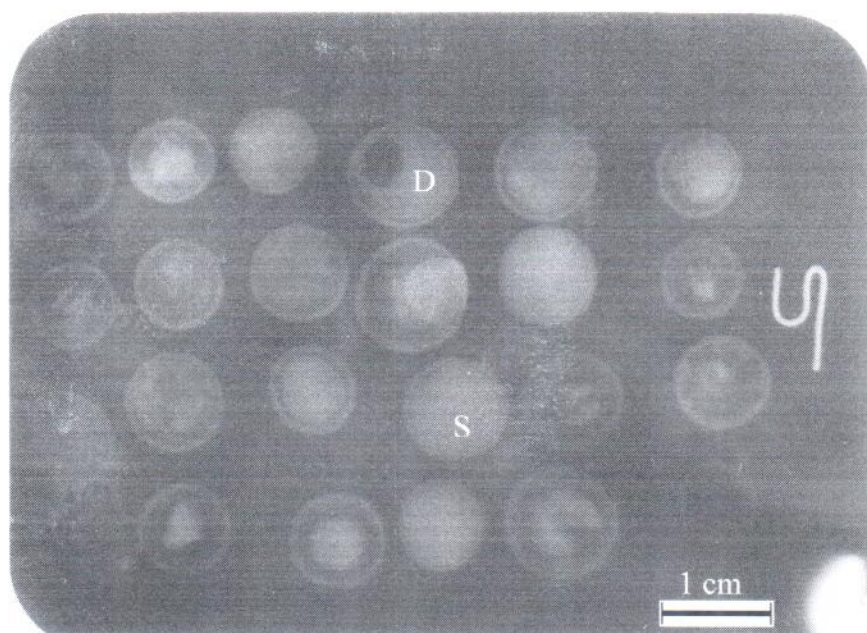


Figura 26. Radiografía de bellotas de segundo año de *Quercus mexicana*, en plano transversal. D, dañada; S, sana.

5.4 Bellotas sobrevivientes.

Al final del análisis de la tabla de vida únicamente 57 bellotas de segundo año de crecimiento de *Q. mexicana* se encontraron sanas, correspondientes al 3.28% de las 1735 bellotas estudiadas. Estas bellotas presentaron las características propias de las bellotas maduras y sanas, es decir la semilla cubría totalmente el espacio de crecimiento disponible en la nuez y mostraron una coloración amarilla clara.

6. CONCLUSIONES

1. Durante la fase terminal del desarrollo (producción) de bellotas de *Q. mexicana* hasta la maduración de las mismas, los insectos y enfermedades (factores bióticos) y factores ambientales fueron los agentes que destruyeron altos porcentajes de bellota, *Curculio* spp. con el 31.12% y los factores ambientales (granizo, lluvia, viento) con 20.81%.
2. Se registraron siete factores de mortalidad en las bellotas de segundo año de *Q. mexicana*, cinco correspondientes a factores bióticos específicamente cuatro a insectos y un hongo; dos a factores abióticos, uno por competencia durante el desarrollo y maduración de bellotas y el último que correspondió a agentes abióticos. Los siete factores identificados fueron: *Curculio* spp. (Coleoptera: Curculionidae); una palomilla del orden Lepidoptera; la familia Cecidomyiidae (Díptera); un cinípido (Hymenoptera: Cynipidae); factores ambientales; abortición y *Alternaria tenuissima*.
3. El daño total causado por los factores de mortalidad fue 96.72% de la cohorte muestreada y solo quedaron 57 bellotas de segundo año de crecimiento vivas equivalentes al 3.28% del total de bellotas.

4. El factor de mortalidad que causó mayor mortalidad de bellotas de segundo año fue *Curculio* spp. (31.12%) (Coleoptera: Curculionidae), en tanto que el factor con menor cantidad de bellotas de segundo año dañadas (0.29%) fue la avispa de la familia Cynipidae (Hymenoptera). Los cinco factores restantes fueron: *A. tenuissima* (16.6%); una mosquita cecidómida (2.02%); competencia (18.5%); un lepidóptero (7.38%) y factores ambientales (20.81%).

7. LITERATURA CITADA

ÁNGEL, A. L. 2004. Estructura de la vegetación del Parque Estatal “Sierra de Tepotzotlán”, Estado de México. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 63 p.

ANÓNIMO. 1987. Cartas de vegetación y uso del suelo E14A18, E14A19, E14A28 y E14A29, escala 1:50 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática México.

ANÓNIMO. 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central: manual de consulta. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 187 p.

ANÓNIMO. 2003. Resumen ejecutivo del programa de manejo del Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán. Gobierno del Estado de México. Comité Editorial de la Administración Pública Estatal. Toluca, Estado de México. 91 p.

ARNETT, R. H. 1963. The beetles of the United States (A manual for Identification). The Catholic University of America. Press Washington, D. C. 1119 p.

BARNETT, H.L. y HUNTER, B. B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Tercera Edición. Burgess Publishing Company. United States of America. pp 128.

BELLO, G. M. A. y LABAT, J. N. 1987. Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México. Cuadernos de estudios michoacanos 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centre d Etudes Mexicaines et Centramericaines. Collection Etudes Mésoaméricaines Série 11 – 9. 97 p.

BORROR, D. J.; DELOG, D. M.; TRIPLEHORN, C. A. 1976. An introduction to the study of insects. 4 ed. New York, Holt, Rinehart & Winston. 852 p.

CIBRIÁN, T. D.; MÉNDEZ, M. J. T.; CAMPOS, B. R.; YATES III, H. O. y FLORES, L. J. 2000. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Primera reimpresión español – inglés. Chapingo, Estado de México. 453 p.

CONTRERAS, A. R. 1992. Factores de mortalidad en conos de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 68 p.

COULSON, R. N. y WITTER, J. A. 1990. Entomología Forestal. Ecología y control. Editorial LIMUSA S. A. de C. V. México, D. F. 751 p.

DAJOZ, R. 2001. Entomología forestal: los insectos y el bosque. Mundi-Prensa. Madrid, España. 548 p.

DE LA CERDA, L. M. 1989. Encinos de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. 84 p.

DE LA GARZA, L. P. y NEPAMUCENO, M. F. 1986. Análisis radiográfico de semillas forestales en México. Ciencia Forestal. 2 (59). México. 1 - 14 p.

DEL RÍO, M. A. y MAYO, J. P. 1985. Entomofauna asociada a *Quercus* spp. en la meseta tarasca. Boletín técnico No. 21. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D. F. 16 p.

DÍAZ, O. B. E. 1987. Insectos forestales en la Sierra de Juárez, Baja California. Ciencia Forestal. 12 (62). México. 51 – 90 pp.

FLORES, A. J. R.; MARTÍNEZ, R. S. 1987. Contribución al conocimiento de la biología e importancia de algunos insectos que se alimentan de algunas semillas de *Pinus cembroides* Zucc. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 182 p.

GIBSON, L. P. 1982. Insects that Damage Northern Red Oak Acorns. United States Department of Agriculture. Forest Service. Northeastern Forest Experiment Station. Research Paper NE 492. pp 1.

HERNÁNDEZ, R. J. C. 1999. Estrategias de manejo para el Parque Estatal “Sierra de Tepotzotlán”, Estado de México. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 100 p.

JOHNSON, P. S.; SHIFLEY, S. R.; ROGERS, R. 2002. The ecology and silviculture of oaks. CABI Publishing. Reino Unido. pp. 69 – 77.

KREBS, C. J. 1985. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. Editorial Harla. Segunda edición. México, D. F. 753 p.

MARTÍNEZ, M. 1977. Los encinos de México. Anales del Instituto de Biología, México. Comisión Forestal. Serie Técnica de Manejo. Época Segunda. Michoacán, México. pp. 38 – 39.

MONTES, B. R. 1992. Identificación de hongos fitopatógenos. Unidad Oaxaca del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. 149 p.

MUÑOZ, L. C.; PÉREZ, F. V.; COBOS, S. P.; HERNÁNDEZ, A. R.; SÁNCHEZ, P. G. 2003. Sanidad Forestal. Guía de imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Mundi Prensa. Madrid, España. 576 p.

PAVLIK, B. M.; MUICK, P. C.; JOHNSON, S. G.; POPPER, M. 2000. Oaks of California. Cachuma Press and the California Oak Foundation. Cuarta impresión, con revision. Singapore. 184 p.

PEACE, T. R. 1962. Pathology of trees and shrubs with special reference to Britain. Oxford at the claredon press. Gran Bretaña. 753 p.

ROMERO, C. S. 1988. Hongos patógenos. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 317 – 320.

RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Editorial LIMUSA. México, D. F. 431 p.

SALAS, A. M. D.; ROMERO, N. J.; EQUIHUA, M. A.; GONZÁLEZ, H. H., y CARRILLO, S. L. 1998. Curculionoideos (Coleoptera: Curculionoidea) asociados a los encinos en el Estado de Guanajuato, México, en: Folia Entomológica Mexicana. Sociedad Mexicana de Entomología. Número 103. Xalapa, Veracruz, México. pp. 81 – 95.

SWIECKI, T. J; BERNHARDT, E. A. y ARNOLD, R. A. 1990. Insect and disease impacts on blue oak acorns and seedlings in: Proceedings of the Symposium on Oak Woodlands and Hardwood Rangeland Management. United States Department of Agriculture. Pacific Southwest Research Station. Reporte Técnico General PSW – 126. Davis, California. 376 p.

TUITE, J. 1977. Plant pathological methods. Fungi and bacteria. Burgess Publishing Company. Indiana, U. S. A. 239 p.

VÁZQUEZ, S. L.; TAMARIT, U. J. C. En prensa. Reproducción e identificación de *Curculio* spp.: insecto plaga de las bellotas de encinos (*Quercus* spp.). INIFAP CIR – Centro, Campo Experimental San Martinito. 6 p.

VARELA, P. A. 1992. Factores que afectan la calidad de semilla de *Pinus ayacahuite* Ehr., en el ejido “Carrizal de Bravos”, municipio Leonardo Bravo, Guerrero. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 78 p.

VERA, G. J.; PINTO, V. M.; LOPEZ, C. J. 1997. Ecología de poblaciones de insectos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 132 p.

YÁÑEZ, E. L. 1991. Análisis de la producción de semilla de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. en una población natural de la Sierra de Pachuca, Hidalgo. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 116 p.

ZAVALA, CH. F. 1995. Encinos Hidalguenses. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 101 – 103 pp.

ZAVALA, CH. F. 1996. Repoblación natural de encinos en la Sierra de Pachuca, Hidalgo. Tesis de doctorado en ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 148p.

ZAVALA, CH. F. y GARCÍA, M. E. 1996. Frutos y semillas de encinos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 47 p.