



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA

“CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CON PRESENCIA DE INSECTOS
BARRENADORES DEL FUSTE DE ENCINOS (*Quercus* spp.) EN EL EJIDO
CERÉCUARO, MUNICIPIO DE YURIRIA, GUANAJUATO”

PRESENTA:

ING. JAIME SÁNCHEZ SÁMANO

DIRECTOR:

DR. SAMUEL PINEDA GUILLERMO

CO-DIRECTOR

DR. GUILLERMO SÁNCHEZ MARTÍNEZ

TARÍMBARO, MICHOACÁN, AGOSTO 2018.



Dedicatoria

A mi esposa Norma, por el apoyo y atención desinteresada mostrada durante esta etapa de mi vida profesional.

A mis hijos Diego, Jaime y Tadeo, porque en ellos encuentro la razón de ser y fuente de motivación para emprender nuevos retos.

A mis padres Nicolás y Ma. Consuelo por su gran apoyo y respaldo con mi familia.

¡ Sinceramente, Muchas Gracias !

**“Cuando hay una tormenta, los pajaritos se esconden,
pero las águilas vuelan más alto”**

Mahatma Gandhi

Agradecimientos

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por darme la oportunidad de formación en sus aulas.

Al Dr. Samuel Pineda Guillermo, por su apoyo y dirección a la presente y sobre todo por la paciencia que tuvo conmigo.

Al Dr. Guillermo Sánchez Martínez, por su apoyo, observaciones y experiencia aportada.

Al Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa, por sus enseñanzas y sugerencias.

A la Dra. María Dolores Uribe Salas, por su apoyo en la identificación de las muestras botánicas de encino.

Al Dr. Fernando Tamayo Mejía, compañero y amigo, quien me motivó e impulsó fuertemente a realizar los estudios, por sus sugerencias y comentarios.

Al C. Francisco Javier Cortes Vega, Comisariado Ejidal de Cerécuaro, por su acompañamiento, recorridos y toma de datos en campo.

Al Tec. José Torres Alfaro, compañero y amigo, que es un profesional en toda la extensión de la palabra y me ha apoyado desinteresadamente en la fase de gabinete y de campo.

Al Dr. José Vidal Cob Uicab, por sus aportaciones al presente.

Al CONACYT por el apoyo económico para realizar el posgrado.

Y finalmente a todos los que me apoyaron y motivaron de manera desinteresada para lograr una meta más en mi vida profesional.

ÍNDICE

Lista de figuras.....	5
Lista de fotografías.....	6
Lista de cuadros.....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Antecedentes.....	11
Justificación.....	16
Objetivos.....	19
Materiales y Métodos.....	20
Resultados.....	29
Discusión.....	47
Referencias.....	51

Lista de Figuras

Figura 1. Macrolocalización del Ejido Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	21
Figura 2. Microlocalización del ejido Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	21
Figura 3. Trampa de malla mosquitera colocada en el fuste de los árboles para capturar adultos de barrenadores de insectos.....	24
Figura 4. Número de individuos por especie del género <i>Quercus</i> presentes en 56 sitios de muestreo en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	29
Figura 5. Especies de encino afectadas por insectos barrenadores en 56 sitios de muestreo en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	33
Figura 6. Ubicación altitudinal de sitios de muestreo de insectos barrenadores de encino en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato	37
Figura 7. Calidad de los sitios muestreados en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato, en búsqueda de insectos barrenadores de encinos.....	38
Figura 8. Árboles de encino afectados por insectos barrenadores, de acuerdo a su edad, en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	38
Figura 9. Árboles de encino afectados por insectos barrenadores según la categoría de copa, en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	39
Figura 10. Presencia de pedregosidad en los sitios muestreados.....	40
Figura 11. Densidad del arbolado en sitios muestreados en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	40
Figura 12. Lluvia total anual en la estación climatológica Céranó, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	41
Figura 13. Evaporación total anual registrada en la estación climatológica Céranó, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	42
Figura 14. Niveles mensuales de sequía presente en el municipio de Yuriria durante el periodo 2008 al 2017.....	43
Figura 15. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato	44
Figura 16. Exposición de los sitios de muestreo de insectos barrenadores de encinos en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.....	44
Figura 17. Pendiente o inclinación de los sitios de muestreo en el área de estudio.....	45
Figura 18. Área basal por sitio muestreado en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato. Los puntos de color rojo representan los sitios donde se detectó la presencia de insectos barrenadores.....	46
Figura 19. Volumen de madera por sitio muestreado en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato	46

Lista de Fotografías

Fotografía 1. <i>Quercus castanea</i> Neé.....	30
Fotografía 2. <i>Quercus pinnativenulosa</i> C. H. Mull.	31
Fotografía 3. <i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl.....	31
Fotografía 4. <i>Quercus glaucoides</i> Mart. & Gal.....	32
Fotografía 5. <i>Quercus deserticola</i> Trel.....	32
Fotografía 6. <i>Quercus laeta</i> Liebm.	33
Fotografía 7. Larva barrenando ramas bajas de un individuo de <i>Quercus castanea</i> Neé.....	34
Fotografía 8. Larva encontrada en el tronco de un árbol de <i>Quercus castanea</i> Neé	35
Fotografía 9. Rama de encino <i>Quercus castanea</i> Neé con orificio de barrenación en el xilema.....	35
Fotografía 10. Orificio de barrenación en rama de <i>Quercus castanea</i> Neé, con presencia de flujo de savia y partículas de aserrín.....	36
Fotografía 11. Orificios de barrenación en tronco de <i>Quercus castanea</i> Neé con presencia de flujo de savia y partículas de aserrín.....	36
Fotografía 12. Orificios de barrenación en tronco de <i>Quercus castanea</i> Neé con presencia de flujo de savia y partículas de aserrín.....	36

Lista de cuadros

Cuadro 1. Formato de campo.....	23
Cuadro 2. Niveles de la sequía de acuerdo al Monitor de Sequía.....	43

Resumen

Los encinos (*Quercus* spp.) constituyen el segundo grupo de vegetación más importante en México, después de las coníferas. Sus usos son diversos: madera aserrada, muebles, carbón, leña, medicinal, alimenticio, generador de biodiversidad, entre otros, por lo que es importante fomentar su manejo para su conservación. En el estado de Guanajuato, las comunidades de encinos ocupan el 9.7% de la superficie total estatal; sin embargo, estos árboles son poco valorados. Si a ello le agregamos que las variaciones climáticas han ocasionado sequías en los últimos años, algunas comunidades de encinos viven en condición de estrés que las predispone al ataque de insectos barrenadores y otros organismos. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la vulnerabilidad de especies de encino al ataque de insectos barrenadores, considerando variables ecológicas y fisiográficas de las áreas donde se desarrollan, dentro del Ejido Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato. Se realizó una caracterización de los sitios donde se presentan insectos barrenadores de encinos, para lo cual se delimitó una superficie de 193.70 ha con problemas fitosanitarios, levantando 56 sitios de muestreo en toda el área afectada con una superficie de 400 m² cada uno, donde se tomaron datos tanto de los árboles como de las condiciones del terreno en cada sitio. De todas las variables evaluadas se encontró que la que tiene mayor influencia en la presencia de insectos barrenadores es la densidad del arbolado, seguida de la pendiente del terreno. Actualmente, la presencia de insectos barrenadores no se considera plaga; sin embargo, se están presentando condiciones como sequías recurrentes en la zona y cambios de uso del suelo, principalmente, que están haciendo vulnerables al ataque de estos insectos a los encinos rojos, sobre todo a las especies *Quercus castanea* Neé y *Q. sideroxylla* Humb. & Bonpl., que requieren mayor cantidad de humedad y menor temperatura para su desarrollo adecuado. Es importante continuar con el monitoreo de estos insectos para obtener su estado adulto, conocer la especie y evaluar el nivel de afectación en el lugar; así mismo, es necesario incorporar el predio a un aprovechamiento forestal sustentable, con la finalidad de que sus dueños los usen de mejor manera, mejorar su economía familiar y fomentar la conservación de este ecosistema.

Palabras clave: *Quercus* spp., insectos barrenadores de encinos, declinamiento de encinos, densidad del arbolado, conservación.

Abstract

Oaks (*Quercus* spp.) are the second most important vegetation group in Mexico, after conifers. Their uses are diverse: as sawn timber, furniture, charcoal, firewood, medicinal, food, and biodiversity generator, among others. In Guanajuato, Mexico, oak communities represent 9.7% of the total area of the state; however, they have been poorly valued. If we further consider that climatic variations have caused drought in recent years, some oak communities live in a stressful situation and are predisposed to attacks by oak borers and other organisms. The aim of this study was to determine the vulnerability of oak species to oak borers, considering ecological and physiographical variables of the areas where they grow within the Ejido Cerécuaro, municipality of Yuriria, Guanajuato. A characterization was made on sites with presence of oak insect borers. An area of 193.70 ha, with phytosanitary problems, was delimited, taking data from 56 sample plots (400 m² each) in all the affected area. Data was taken at both, at tree and the terrain condition. Of all the evaluated variables it turned out that stand density was variable with most influence on the presence of insect borers, followed by slope. At present, oak insect borers in the area of study are not considered as pests; nevertheless, conditions such as recurrent droughts and land use changes are being presented, that make oaks vulnerable to the attack this group of insects, especially on *Quercus castanea* Neé and *Q. sideroxylla* Humb. & Bonpl. (classified as red oaks) that require more moisture and lower temperature for proper development. It is important to continue monitoring the immature insects found in this study to obtain specimens in adult stage, determine the species and to evaluate the affectation level. Likewise is necessary to incorporate the land to a sustainable forest use, with the purpose that its owners use them in a better way, improve their family economy and encourage the conservation of these ecosystems.

Keywords: *Quercus* spp., oak borers, stand density, oak declination, conservation.

Introducción

A nivel mundial, los encinos se desarrollan ampliamente de manera natural en los bosques templados, tropicales y semitropicales y en los matorrales de climas secos del hemisferio norte (Arizaga et al., 2009). Los encinos pertenecen al género *Quercus* (Fagaceae) y se caracterizan por ser árboles de gran porte, aunque también se incluyen especies arbustivas y de hábito foliar perenne y caduco. La distribución de las especies de encinos corresponde principalmente a las zonas montañosas con condiciones de clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Quintanar, 2002).

En México se encuentran aproximadamente 161 especies de encinos, de las cuales 109 son endémicas del país; es decir, 68% de las que cuenta el Continente Americano, siendo así un país con gran riqueza de estas especies (Arizaga et al., 2009). En este país, las especies de encinos forman el segundo grupo más abundante en la vegetación forestal de las zonas de clima templado frío, después de las coníferas. El género *Quercus* es el más grande de la familia Fagaceae e incluye alrededor de 500 especies en el mundo y cuenta con especies distribuidas en casi todo el territorio nacional, excepto en los estados de Yucatán (Romero et al., 2015) y Quintana Roo (Rodríguez y Romero, 2007), por lo que los especialistas consideran a México el segundo centro de diversificación de este género (Quintanar, 2002).

Las especies del género *Quercus* juegan un papel ecológico múltiple, ya sea mediante el ciclo hidrológico, como refugio y alimento de la fauna silvestre, así como previniendo los procesos de erosión de suelos e influyendo en el clima del lugar. Existe gran interés en torno a este género atribuido a su alta diversidad y a su importancia ecológica y económica. Sin embargo, el conocimiento sobre su riqueza aún es deficiente debido a la gran variación morfológica específica, a la escasez, carencia e inaccesibilidad del material tipo de la literatura original, descripciones originales deficientes de los encinos, la sobre descripción de muchas de las especies (Muller, 1942a; Muller y Mc Vaugh, 1972, citados por

Valencia 2004) y a la frecuente hibridación de las mismas (Hardin, 1975; Grant, 1989, citados por Valencia 2004).

Valencia (2005) menciona que no existe una revisión integral sobre la riqueza de las especies del género *Quercus* en México. Incluso, es difícil hacer una estimación precisa de la diversidad y el endemismo de este género en este país.

La madera de los encinos es ampliamente recomendada para muebles, chapa, pisos, pasamanos, artesanías, decoración de interiores en general, usos estructurales en construcciones permanentes, en durmientes, postes, pilotes para minas, ruedas de vehículos de labranza, implementos agrícolas, tarimas, ataúdes y tonelería para añejamiento de licores (Pérez-Olvera y Dávalos-Sotelo, 2008). Espejel et al., (1999) comentan que además de la madera, los encinos se usan para leña, carbón, corcho, taninos, colorantes, alimento para el ganado y alimento para el hombre a través de las bellotas, las yemas foliares, las flores, las hojas y las agallas (Luna et al., 2003).

Antecedentes

Las plagas de insectos de árboles forestales se inician cuando el equilibrio de estos ecosistemas es alterado, cuando ocurren incendios que destruyen la vida del suelo, cuando hay lluvias de cenizas volcánicas que matan a los depredadores o a los parasitoides de insectos plaga, cuando se debilitan los árboles dominantes por la escasez de nutrientes y humedad, cuando se efectúan aplicaciones frecuentes de insecticidas, que por baratos son más residuales y menos selectivos, y cuando se lleva a cabo el desmonte inmoderado de estas áreas boscosas (Morón, 1985).

Cuando las plantas están afectadas adversamente por algún factor ambiental como bajo contenido de humedad, deficiencia de nutrientes, contaminación

atmosférica o heladas, generalmente quedan debilitadas y predispuestas a la infección causada por uno o varios patógenos (Agrios, 2001). Cuando los árboles son trasplantados o estresados por sequía, compactación de suelo, escaldado solar o heridas pueden sufrir debilitamiento y por lo tanto ser más susceptibles al ataque de insectos (Potter y Potter, 2016).

- Declinación del bosque de encino

La muerte de los árboles de encinos no es un fenómeno nuevo, éste se presenta por una combinación de múltiples factores tales como destrucción del hábitat, contaminación, prácticas silvícolas inadecuadas, deficiencia de nutrimentos en el suelo y fuertes variaciones de temperatura y humedad (Vázquez et al., 2004). Wegulo y Gleason (2001) mencionaron que los factores abióticos como las sequías, heladas, nevadas, granizada, inundaciones, incendios y vientos están fuertemente asociados con el inicio de la declinación forestal. Por ejemplo, Fierke et al. (2007) reportaron que en el Parque Nacional Ozark en Arkansas, Estados Unidos, se han presentado eventos de declinamiento y mortalidad del encino rojo que están vinculados con variables del sitio y eventos climáticos. Thomas et al. (2002), en un estudio que realizaron en Europa Central mencionaron que la combinación de defoliación severa en al menos dos años consecutivos con climas extremos es el más significativo complejo de factores en la incidencia de declinamiento de los encinos.

La discusión general de declinamiento de los encinos no puede ser separada del problema más amplio de declinamiento forestal y perturbaciones ambientales como contaminación y cambio climático. Adicionalmente, las plagas y enfermedades están involucradas en la muerte de encinos, aunque su importancia en la cadena causal no se ha estudiado a profundidad. Sin embargo, como miembros del ecosistema, su impacto en la salud de los encinos podría también ser influenciada por el impacto de factores físicos y químicos externos. Estrés

hídrico y brote de defoliadores, combinados con daños por heladas, parecen ser los indicadores primarios del declinamiento de los encinos (Führer, 1998).

Los ecosistemas forestales son dinámicos, donde ocurren fenómenos naturales y antropogénicos que en ocasiones pueden interrumpir los procesos ecológicos, afectando la productividad, la biodiversidad y la provisión de bienes y servicios ambientales (Stanturf, 2004).

Stephen et al. (2001), citados por Haavik et al. (2012) mencionaron que el declinamiento de los bosques de encino en las partes altas de Arkansas, Missouri y Oklahoma coincidió con un evento inesperado de brote de un escarabajo barrenador nativo, el barrenador del encino rojo (*Enaphalodes rufulus*) (Haldeman) (Coleoptera: Cerambycidae). Galford (1983) examinó, en el centro y sureste de Ohio, Estados Unidos, entre los años 1977 y 1981, la presencia de barrenación en encinos blancos provocado por este barrenador y encontró que las larvas jóvenes se alimentan del tronco de los árboles de manera horizontal, mientras que en el encino rojo su alimentación es de modo vertical.

En años recientes, en varios estados de la República Mexicana se comenzó a observar una declinación y muerte de los bosques de las especies del género *Quercus* de etiología desconocida (Alvarado-Rosales et al., 2007). Se realizaron estudios sobre los organismos que contribuyen con el declinamiento de los encinos de la Sierra Fría en Aguascalientes, México, y al respecto Romo et al. (2007) concluyeron que dentro de los factores bióticos, aun cuando el declinamiento de encinos en regiones vecinas ha sido atribuido principalmente a los hongos, no se encontraron indicios de que éstos sean el causante principal debido a que encontraron nematodos parásitos e insectos de las familias Buprestidae y Cerambycidae con efecto potencial en el declinamiento de encinos.

- Insectos barrenadores del encino

Caldera (1997) identificó a los insectos asociados a las especies del género *Quercus* en la Sierra Madre Oriental en el estado de Nuevo León y, según el daño causado, los agrupó en 12 categorías: primero ubicó al grupo de los defoliadores, seguido por los formadores de agallas y finalmente al grupo de los succionadores de savia.

Cerambycidae es una familia de coleópteros que representa una importancia económica relevante, especialmente en sistemas agrícolas y forestales (Solis, 2012, citado por Aguilar, 2012), ya que sus larvas se alimentan de una gran variedad de especie vegetales y atacan un gran número de árboles de interés forestal. Muchas especies de cerambícidos juegan un papel importante en el proceso de descomposición de la madera de los bosques, ya que están presentes en diversas fases sucesionales de la madera muerta, hábitat que ofrece refugio, alimento y lugares de cría para muchos organismos (Morón, 1985; Delgado y Pedraza, 2002 citados por Aguilar, 2012; Miss y Deloya, 2007, citados por Aguilar, 2012).

Referente a los insectos coleópteros barrenadores de encinos vivos, en México, Cibrián et al. (1995) mencionaron a *Tylcus hartwegii* (White) (Coleoptera: Cerambycidae) que se alimenta de ramas de *Quercus* spp., en el estado de Nuevo León, algunas especies no identificadas de *Agrilus* (Coleoptera: Buprestidae) que se alimentan de ramas de hasta 8 cm de diámetro. En el este de Estados Unidos, el barrenador del encino rojo (*Enaphalodes rufulus* Haldeman) (Coleoptera: Cerambycidae) ataca encinos vivos y participa en el complejo de factores contribuyentes a la declinación y muerte de los encinos (Lawrence et al., 2002; Heitzman et al., 2007).

Los insectos barrenadores son plagas importantes de árboles de madera dura, ya que ocasionan pérdida de crecimiento en la yema terminal, daños a ramillas y frutos y daños a la madera que reducen su valor comercial (Solomon, 1995). Sánchez et al., (1998) encontraron a los siguientes insectos barrenadores en ramas y troncos de encino en el estado de Guanajuato: *Agrilus* sp. de la familia

Buprestidae, *Pseodopityophthorus* sp. de la familia Scolytidae, *Gnatotrichus* sp., perteneciente a la familia Cucurilionidae y larvas de la familia Sesiidae.

El gusano carpintero, *Prionoxystus robiniae* (Peck) (Lepidoptera: Cossidae), es un insecto barrenador de madera que causa daños significativos en varias especies de árboles ornamentales y frutales. Su amplio rango de alimentación llega hasta ramas grandes, lo que puede causar que se debiliten y rompan con presencia de vientos fuertes. El cinchamiento, que es un corte en forma de anillo alrededor de las ramas, lo cual las rompe e impide el flujo de nutrientes y agua en los árboles, también puede causar muerte descendente de las ramas (Geisel, 2010). Además, las heridas ocasionadas por esta especie sirven como puntos de entrada para hongos que causan pudriciones de la madera o patógenos que originan canchros (Swiecki y Bernhardt, 2006). Sánchez-Martínez et al. (2010) en la investigación que desarrollaron sobre el barrenador de los encinos, *Crioprosopus magnificus* LeConte (Coleoptera: Cerambycidae) en Aguascalientes, México en su discusión mencionan que su estudio provee de una línea base de información en la distribución y biología de este insecto forestal poco conocido.

Los árboles del género *Quercus* y otras especies que crecen en sitios pobres con suelos secos y poco profundos en las partes altas de las montañas o en laderas, son especialmente sujetos al ataque y daños por el gusano carpintero *P. robiniae* (USDA, 2011). Por su parte, Sánchez et al. (2014) realizaron un diagnóstico de la distribución e incidencia del barrenador de los encinos, *Megapurpuricenus magnificus* LeConte (antes *Crioprosopus magnificus* LeConte) (Coleoptera: Cerambycidae) en varios estados del centro de México, así como sobre la presencia de otros barrenadores de encinos y en una de sus conclusiones constata la presencia de este insecto en algunas partes de los estados de Guanajuato y Querétaro, afectando principalmente a especies de porte bajo a mediano, tales como *Quercus potosina* Trel., *Q. eduardii* Trel., *Q. grisea* Liebm. y *Q. obtusata* Bonpl.

De acuerdo con Cruz-Cuevas y Víctor-Rosas (2017) prácticamente todos los cerambícidos son fitófagos, pero hay amplia variabilidad respecto a sus plantas

hospederas, e incluso respecto a la parte de la planta de la que se alimentan. Los adultos usualmente se alimentan de polen, flores, hojas o madera, mientras que las larvas son barrenadoras de madera o de raíces. En el estado de larva, todas las especies de este grupo son fitófagas. La mayoría se alimenta de madera recién muerta o previamente dañada, algunas de árboles o arbustos vivos y otras de madera podrida (Noguera, 2014).

Justificación

A nivel local, los bosques de encino son fuertemente explotados; sin embargo a nivel silvícola e industrial existen limitaciones tecnológicas severas en su aprovechamiento (Cibrián et al., 1995). Aunque el género *Quercus* conforma el segundo grupo de vegetación más abundante en México, después del género *Pinus*, no refleja su importancia en la producción nacional forestal ya que históricamente ha representado sólo 8% de la producción maderable (Cruz et al., 2012). Los bosques de encino del estado de Guanajuato representan un 9.7% de la superficie total, siendo la vegetación arbórea que ocupa mayor superficie con 295,747.98 ha, lo que la hace la de mayor cubierta vegetal de este ecosistema en el Estado (Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural, 2013).

A pesar de su importancia, los ecosistemas templados donde se ubican los encinares están disminuyendo, por causas naturales o debido a la intervención del hombre. Por ejemplo, áreas que originalmente estaban cubiertas por encinos han sido desplazadas por las actividades agropecuarias (Challenger, 1998).

Del Rio y Mayo (1985) mencionan que la influencia del hombre en el ecosistema bosque es un factor importante de disturbio en la sucesión o conservación del mismo y que ha propiciado una modificación en la composición de las diversas especies maderables del bosque. Estos autores también mencionan la importancia del inicio de estudios sobre algunos de los factores que impiden el buen desarrollo de los encinares; siendo uno de ellos el referente al grupo de insectos que se les asocia, algunos de los cuales se pueden convertir en verdaderas plagas, que influyen de cierto modo en el óptimo crecimiento de los

encinos, mientras que otros son de suma importancia en el equilibrio ecológico dentro de las complicadas interrelaciones entre los organismos cuyo hábitat es el bosque.

Por otro lado, desde hace varios años, en México se ha observado una muerte de encinos en diferentes estados tales como Colima, Guanajuato, Jalisco, Nayarit y Aguascalientes (Tainter et al., 2000; Kliejunas, 2005). La literatura sobre este problema en México es escasa. Tainter et al. (2000) señalan al oomiceto *Phytophthora cinnamomi* Rands. como el principal agente causal de la muerte de encinos en el estado de Colima. En el mismo estado, Alvarado-Rosales et al. (2007) aislaron a *P. cinnamomi* de *Quercus elliptica*, *Q. salicifolia* y *Q. acutifolia*. Además, estos mismos autores confirmaron que *P. cinnamomi* fue el causante de muerte masiva de encinos en Tecoaapa, Guerrero, siendo los más dañados *Q. elliptica* y *Q. salicifolia*. Asimismo, en la Sierra de Lobos, Guanajuato, Vázquez et al. (2004) encontraron que la combinación de los hongos ascomicetos *Nectaria galligena* (Bres.) Rossman & Samuels e *Hypoxylon thouarsianum* (Lév.) Lloyd fueron los que causaron más muerte en los encinos. De acuerdo a Sosa-Ramírez et al. (2011), en el estado de Aguascalientes, desde hace varios años se ha estado observando enfermedad y muerte de encinos que antes de morir presentan muerte descendente de las ramas, amarillamiento, muerte y caída de las hojas y presencia de canchales en el tallo y ramas. Al respecto, Alvarado et al. (2007), realizaron estudios sobre el declinamiento de encinos en Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco y Nayarit. En el caso de la Sierra Fría, en Aguascalientes, reportaron la presencia del hongo ascomiceto *Hypoxylon atropunctatum* (Schwein.) Cooke y de la planta superior parásita *Phoradendron villosum* (Nutt.) Nutt. afectando a encinos y al oomiceto *Pythium* sp. en el suelo. A pesar de lo anterior, es importante conocer si existen otros agentes causantes de enfermedad y muerte de encinos en dicha zona.

Normalmente, los brotes epidémicos de insectos y enfermedades en las comunidades y poblaciones vegetales se relacionan estrechamente con fenómenos climáticos como sequías prolongadas y temperaturas extremas, erupciones volcánicas, entre otras, que generan estrés en las comunidades

vegetales y las predisponen al daño por algún insecto o enfermedad, eliminando individuos del ecosistema y propiciando ventanas de regeneración (Schowalter et al., 1997).

En la zona del Ejido Cerécuaro, el bosque de encino se ubica entre los 2,400 y 2,800 m s n m. La presencia de insectos plaga como la gallina ciega, gusano de alambre, gusano barrenador, chinche del sorgo y catarinita fitófaga, asociadas a otras enfermedades o incendios, han ocasionado el deterioro del bosque de encino (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2006). Ante la falta de información sobre la diversidad de especies del género *Quercus*, en el Ejido Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato, así como de los insectos barrenadores que los afectan y los fenómenos ambientales que contribuyen al deterioro, es necesario generar indicadores de manejo para este ecosistema y que reditúe en usos con un mayor valor comercial y nos permita su conservación para las generaciones futuras.

En una de las conclusiones del Programa de Manejo Forestal Maderable del ejido autorizado por la SEMARNAT en el año 2010, se menciona que es necesaria la incorporación de estos bosques a un plan de ordenación ya que la degradación del recurso es en forma paulatina y sin probabilidad a restaurarse.

Objetivos

General

- Determinar la vulnerabilidad de especies de encino al ataque de insectos barrenadores que dañan su fuste, considerando las variables ecológicas y fisiográficas donde se desarrollan dentro del Ejido Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.

Específicos

- Identificar las especies de encino afectadas así como de la presencia de insectos barrenadores en el fuste de los árboles del género *Quercus*.
- Determinar la distribución geográfica de los árboles del género *Quercus* con presencia de insectos barrenadores en el fuste.
- Determinar las características fisiográficas del área donde se presentan los barrenadores del fuste del género *Quercus*.

Materiales y Métodos

Localización del área de estudio

Este trabajo se desarrolló en el Ejido Cerécuaro, ubicado en la parte suroeste del municipio de Yuriria, Guanajuato (Figuras 1 y 2). El territorio de este ejido está conformado por un área de 2,259.43 ha, de las cuales 584 ha son terrenos forestales y de ellas 450 ha corresponden a bosque de encino, encontrando en esta superficie, de acuerdo al Programa de Manejo del Área Natural Protegida Cerro de Amoles, especies como *Quercus castanea* Née (encino colorado), *Q. obtusata* Humb. & Bonpl. (oreja de ratón), *Q. deserticola* Trel. (tocús), *Q. magnoliifolia* Née (encino roble), *Q. laurina* Humb. & Bonpl. (encino colorado laurelillo) y *Q. microphylla* Née (charrasquillo).

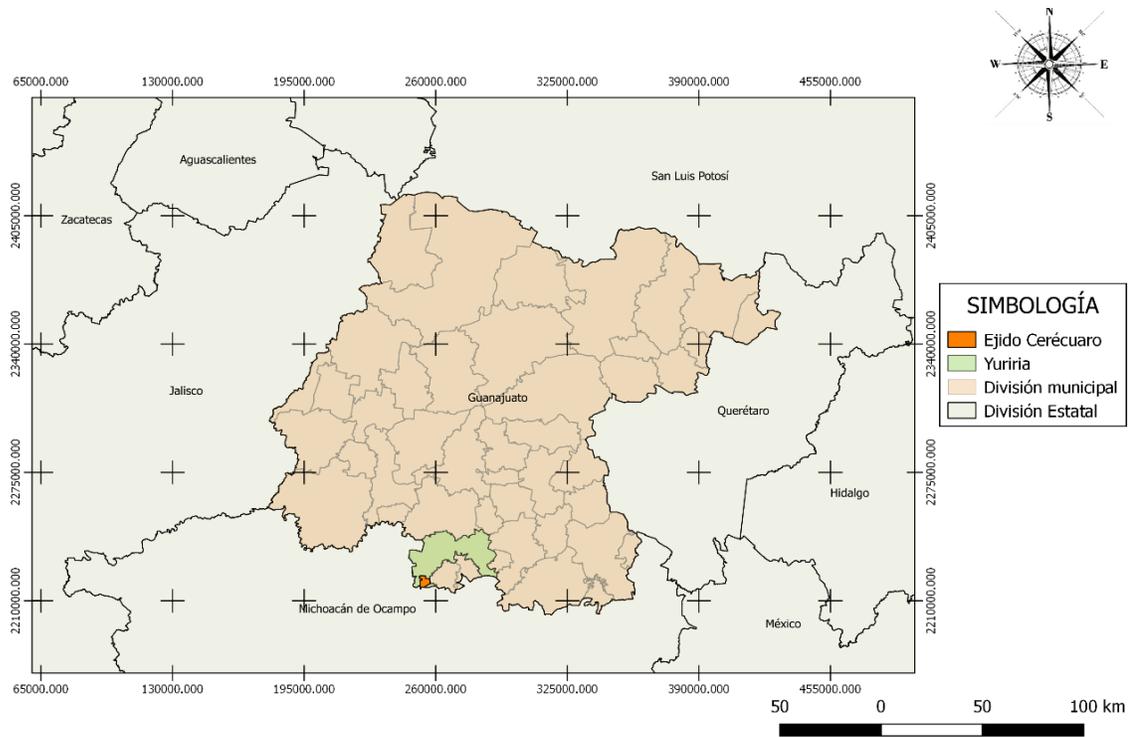


Figura 1. Macrolocalización del ejido Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.

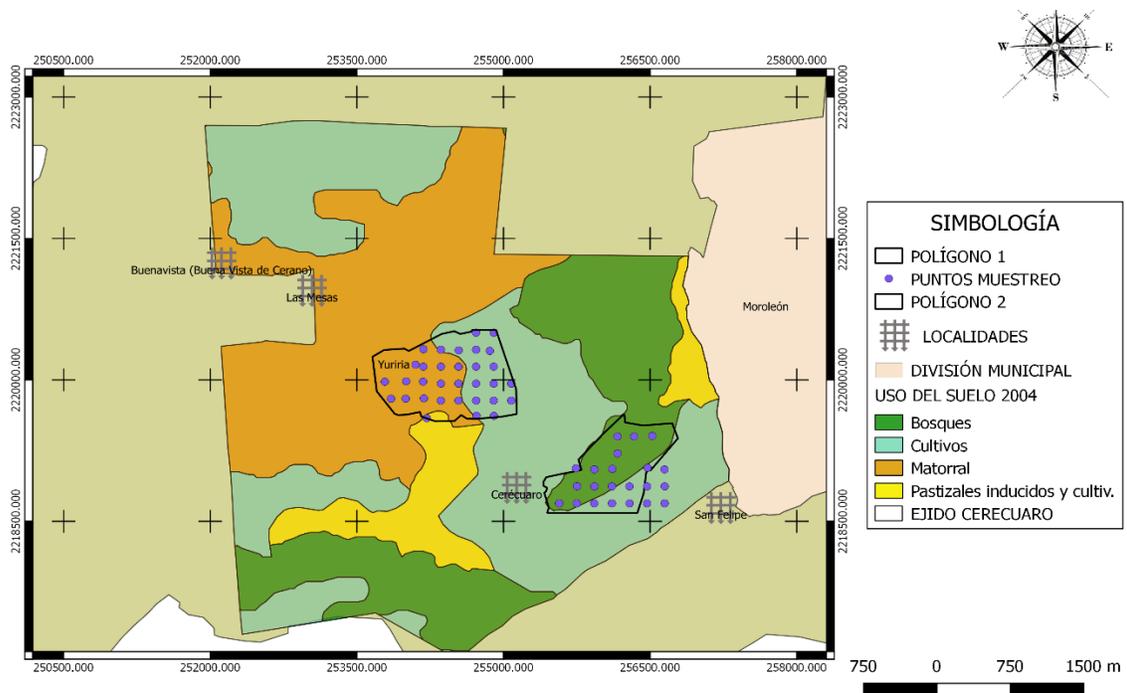


Figura 2. Microlocalización del ejido Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.

Para atender los objetivos del proyecto, previamente se llevó a cabo un recorrido por el área forestal del Ejido Cerécuaro tomando las coordenadas geográficas, con un geoposicionador espacial (GPS), de los vértices de las áreas donde se encuentran los árboles mayormente impactados por agentes bióticos y abióticos que traen como consecuencia la declinación del bosque de encino. Las coordenadas se capturaron en una tabla Excel que se cargó al software QGis para obtener la superficie afectada en dos polígonos, que es de 193.70 ha.

Con la obtención de esta superficie y conociendo los polígonos de las áreas dañadas, se diseñó un método de muestreo sistemático, estableciendo una intensidad de muestra de 1% y se definieron sitios de 400 m² cada uno con una malla cuadriculada en el programa QGis a una equidistancia de centro a centro de los sitios de 185 m. De esta forma, se obtuvieron 56 sitios de muestreo, los cuales se ordenaron de manera ascendente con la orientación de norte a sur y los recorridos de oeste a este.

Por otra parte, también se elaboró un formato de campo para la toma de datos con las siguientes variables del sitio: coordenadas geográficas, altitud, pendiente del terreno, exposición del terreno, calidad del sitio, densidad del arbolado, pedregosidad, y variables de los árboles como: especie, edad, diámetro, altura, categoría de copa, orificios de alimentación, orificios de salida de insectos barrenadores de la madera (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formato de campo

FECHA: _____		HORA: _____		NO. SITIO: _____		LOCALIDAD: _____		PREDIO O PARAJE: _____	
LATITUD NORTE: _____			LONGITUD OESTE: _____			ALTITUD (MSNM): _____			
PENDIENTE (%): _____		EXPOSICIÓN: _____		CALIDAD DE SITIO: _____		DENSIDAD DEL ARBOLADO: _____		PEDREGOSIDAD: _____	
No. Árbol	Especie	Edad	Diámetro (cm)	Altura (m)	Categoría de copa	No. Orificios de alimentación	No. Orificios de salida	Insecto*	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
Observaciones:									
Categoría de condición de copa:		Calidad de sitio:	Pedregosidad:	Categoría de edad:	Densidad del arbolado:	*Insecto: Se refiere al causante de las barrenaciones de acuerdo con los síntomas:			
0= Saludable		1= Bueno	1= Sin pedregosidad	1= Joven	1= Muy denso	1= <i>Megapurpuricenus magnificus</i>			
1= Menos de 33% de muerte regresiva		2= Regular	2= Pedregoso	2= Adulto	2= Denso	2= <i>Prionoxystus</i> sp.			
2= 34 a 66% de muerte regresiva		3= Pobre	3= Muy pedregoso	3= Sobremadu	3= Poco denso	3= Otro (Mencionar el taxón conocido o más probable)			
3= 66-99% de muerte regresiva									
4= Muerto recientemente									
Responsable de la toma de datos									

Identificación de las especies del género *Quercus* afectadas y presencia de insectos barrenadores del fuste

Dentro del área afectada, previamente delimitada, se llevaron a cabo recorridos durante el transcurso de un año y medio (de abril de 2016 a diciembre de 2017) para obtener los datos de los sitios de muestreo, en donde se recolectó material botánico (ramillas y frutos) de las especies de encino presentes en el lugar. Con la ayuda de un machete y tijeras para podar, se cortaron ramillas de la parte media de la copa de los árboles, las cuales se colocaron en una prensa botánica con la finalidad de mantener sus características morfológicas. También se recolectaron frutos, mismos que se colocaron en papel periódico. En una etiqueta, se anotaron los siguientes datos de recolecta: fecha, coordenadas geográficas, altitud, abundancia de la especie, asociación con otras plantas y observaciones, así también se ubicaron las especies de encino con evidencia de barrenación en el fuste. Estos árboles se marcaron con pintura color amarillo y posteriormente se les colocó una trampa construida con malla mosquitera de aluminio y cinta velcro (Figura 3) y se monitorearon periódicamente durante el periodo de un año y medio.



Figura 3. Trampa de malla mosquitera colocada en el fuste de los árboles para capturar adultos de barrenadores de insectos.

Las muestras botánicas recolectadas se trasladaron al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), donde se pusieron a secar en una cámara de secado por un tiempo de 15 días. Después de este periodo se realizó la identificación de las plantas con la ayuda de un microscopio estereoscopio y literatura especializada en encinos como el de Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, Fascículo 181, familia Fagaceae (Romero et al., 2014), y Encinos de México (*Quercus*, Fagaceae) 100 especies (Romero et al., 2015) y *Quercus pinnativenulosa* Muller (Fagaceae) un encino poco conocido de la Sierra Madre Oriental (Valencia y Cartujano, 2002). Para corroborar la identificación de las especies, el material recolectado se cotejó con el que se encuentra resguardado en el herbario del Instituto de Ecología A.C., Centro Regional Bajío, localizado en Pátzcuaro, Michoacán.

Durante los recorridos se realizaron observaciones minuciosas en los árboles para detectar acumulación de aserrín en la base del fuste, orificios de alimentación a lo largo del fuste, orificios grandes de emergencia, circulares y limpios, escurrimientos de savia o la presencia de algún estado de desarrollo del insecto (larva, pupa o adulto), que son signos de barrenación. En los árboles con estas características se instalaron las trampas (1 m de ancho x 1.10 m de largo) construidas con malla mosquitera de aluminio y cinta velcro, para capturar insectos en estado adulto. Estas trampas se colocaron de tal modo que los orificios de barrenación estuvieran en la parte media de la trampa y en sus extremos sujetos con alambre recocado. En algunos casos, se cortaron muestras barrenadas del fuste o ramas con presencia de aserrín en el orificio y/o exudado de savia, ya que esto caracteriza la presencia de larvas dentro de la madera. Estas trozas cortadas se llevaron al laboratorio del IIAF antes mencionado y se colocaron en costales ventilados de fibra sintética y se monitorearon hasta la emergencia de insectos adultos.

De acuerdo con la literatura, la emergencia y presencia de los adultos de insectos barrenadores en madera viva se presenta principalmente en los meses

de mayo a agosto, y sobre todo en años impares, por lo que durante el año 2017 las revisiones y monitoreo de las trampas colocadas fueron más frecuentes. Durante los recorridos se utilizó la siguiente herramienta: machete, navaja, pinzas para extracción de larvas y frascos de plástico transparente con alcohol al 70% donde se colocaron larvas colectadas. Se registraron los siguientes datos: edad del árbol, densidad de los árboles en el lugar, especie y condición de vigor del árbol. Estas larvas extraídas de la madera se llevaron al laboratorio de Entomología Agrícola del IIAF-UMSNH para su identificación con claves taxonómicas y guías ilustrativas encontradas en la literatura especializada.

Determinar la distribución geográfica de los árboles del género *Quercus* con presencia de insectos barrenadores en el fuste.

De cada sitio de muestreo en campo se registraron los datos de nombre del predio o paraje y, con la ayuda de un GPS, se determinaron las coordenadas geográficas y la altitud. Para el caso de la exposición y pendiente del terreno se empleó una brújula y un clinómetro, respectivamente, además a las variables de calidad del sitio, densidad del arbolado y pedregosidad del suelo, se les hizo una descripción de acuerdo a las condiciones del lugar. Para el caso de la variable edad de los árboles, las categorías se describieron como sigue:

Joven: Árboles con diámetro de hasta 0.15 m, tomado a la altura de 1.30 m a partir del nivel del terreno.

Adulto: Árboles con diámetro de 0.16 a 0.45 m, tomado a la altura de 1.30 m a partir del nivel del terreno.

Sobremaduro: Árboles con diámetro mayor a 0.45 m, tomado a la altura de 1.30 m a partir del nivel del terreno.

De la variable densidad del arbolado, su descripción es la siguiente:

Muy denso: El sitio se encuentra con una cobertura de copa de los árboles presentes en el sitio mayor al 75%.

Denso: El sitio se encuentra con una cobertura de copa de los árboles presentes en el sitio, que va del 25 al 75%

Poco denso: Los árboles presentes en el sitio presentan una cobertura de copa de menor del 25%.

La variable pedregosidad se describe como sigue:

Sin pedregosidad: Menos del 15% de la extensión de suelo del sitio presenta piedras de diámetro igual o mayor a 10 cm.

Pedregoso: Del 16% al 50% de la extensión de suelo en el sitio se encuentran piedras de diámetro mayor a 10 cm.

Muy pedregoso: Más del 50% de sitio se observan piedras con diámetro mayor a 10 cm en la extensión de suelo del sitio.

La descripción de la variable calidad del sitio es:

Bueno: El sitio se encuentra con una densidad de arbolado de denso a muy denso, con pedregosidad de pedregoso a sin pedregosidad y categorías de edad de joven a sobremaduro en la mayoría de los árboles presentes.

Regular: El sitio se encuentra con una densidad de arbolado denso, con pedregosidad de pedregoso a sin pedregosidad y categorías de edad de adulto a sobremaduro en la mayoría de los árboles presentes.

Pobre: El sitio se encuentra con una densidad de arbolado poco denso, con pedregosidad de pedregoso a muy pedregoso y categorías de edad de sobremaduro en la mayoría de los árboles presentes.

Estos datos se tomaron durante un año y medio a través de recorridos de campo en los sitios de muestreo previamente fijados y puestos en una base de

datos para realizar el análisis estadístico a través de Excel, donde se aprecian las variables que tienen una mayor influencia en la presencia de insectos barrenadores en el fuste de los encinos.

Así mismo se solicitó a la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) los datos climatológicos de los últimos diez años de la estación meteorológica que se ubica en la comunidad de Cerano, municipio de Yuriria, que es la estación más próxima al área de estudio en la que se tienen datos históricos, con la finalidad de conocer si han existido cambios significativos en las condiciones de temperatura y de precipitación que puedan influir en un posible estrés de los árboles y correlacionarlo con la presencia de insectos barrenadores.

Con los datos tomados en campo y la información proporcionada por CONAGUA sobre las condiciones climáticas que se han presentado en la zona se capturaron en una base de datos y se realizó un análisis estadístico en el programa Excel para conocer la distribución geográfica de las especie de los insectos barrenadores en el bosque de encino.

Determinación de las características fisiográficas del área donde se presentan los barrenadores del fuste de los árboles del género *Quercus*

Se realizaron recorridos de campo durante abril 2016 a diciembre de 2017 tomando los datos de las variables de los árboles y sitios en el formato que se elaboró para tal fin en los puntos de muestreo definidos. Para la información del sitio, se consideran las variables: coordenadas geográficas, altitud, pendiente del terreno, exposición del terreno, calidad del sitio, densidad del arbolado, pedregosidad y de los datos de los árboles se toma en cuenta la información siguiente: especie, edad, diámetro, altura, categoría de copa, orificios de alimentación, orificios de salida, documentando en qué época del año se presentan los insectos barrenadores y su estadio de desarrollo. Esto nos ayuda a conocer las fechas en las que se presentan los insectos barrenadores de los

encinos en el sitio de estudio o bien comprobar que los insectos en estadio adulto están presentes en los meses de mayo a agosto como se menciona en la literatura para el caso de insectos barrenadores de las familias Cerambycidae y Platipodidae del orden Coleoptera y Cossidae del orden Lepidoptera, además de conocer la edad de los árboles más afectados, así como la altura a la que se encuentran barrenando ya sea en el fuste o ramas.

Resultados

Identificación de especies del género *Quercus* y presencia de insectos barrenadores del fuste

Dentro de los sitios de muestreo se contabilizaron 259 árboles de encino pertenecientes al género *Quercus*. La especie con mayor presencia fue *Q. castanea*, conocida localmente como “encino”, seguida por *Q. glaucoides* (roble), *Q. deserticola* (tocus), *Q. laeta*, *Q. pinnativenulosa* y *Q. sideroxyla* (Figura 4).

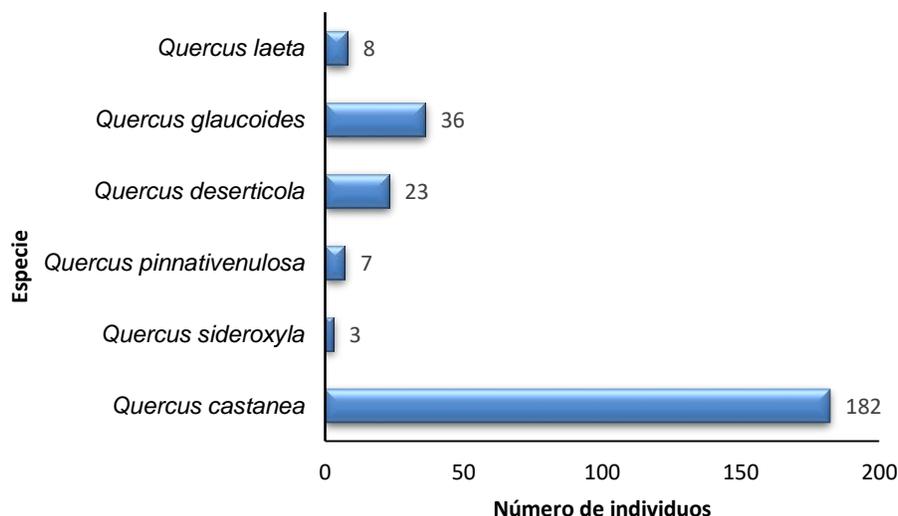
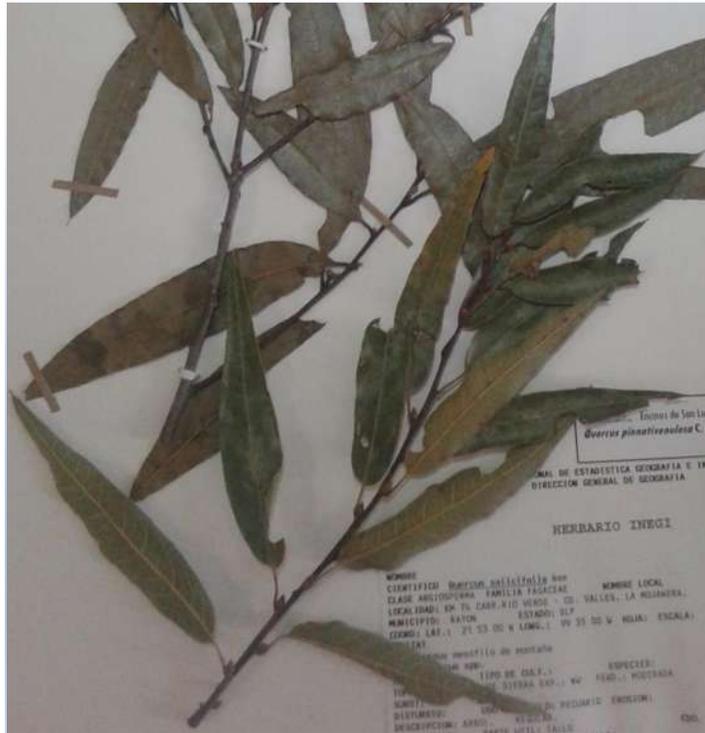


Figura 4. Número de individuos por especie del género *Quercus* presentes en 56 sitios de muestreo en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.

De los 259 árboles registrados en este trabajo, 192 individuos pertenecen al grupo de los encinos rojos y de éstos 182 pertenecen a la especie *Quercus castanea* (Fotografía 1), 7 a *Q. pinnativenulosa* C. H. Mull (Fotografía 2) y 3 a *Q. sideroxya* Humb. & Bonpl (Fotografía 3). Del grupo de los encinos blancos se registraron 67 individuos; 36, 23 y 8 pertenecen a las especies *Q. glaucoides* Mart. & Gal (Fotografía 4), *Q. desertícola* (Fotografía 5) y *Q. laeta* Liebm (Fotografía 6), respectivamente.



Fotografía 1. *Quercus castanea* Neé.



Fotografía 2. *Quercus pinnativenulosa* C. H. Mull



Fotografía 3. *Quercus sideroxylla* Humb. & Bonpl.



Fotografía 4. *Quercus glaucoides* Mart. & Gal.



Fotografía 5. *Quercus deserticola* Trel.



Fotografía 6. *Quercus laeta* Liebm.

De las especies presentes, 7% presentaron daños por insectos barrenadores, las cuales pertenecen al grupo de los encinos rojos; 17 ejemplares de estos encinos pertenecen a la especie *Q. castanea* y uno a *Q. sideroxyla*, como se aprecia en la figura 5.

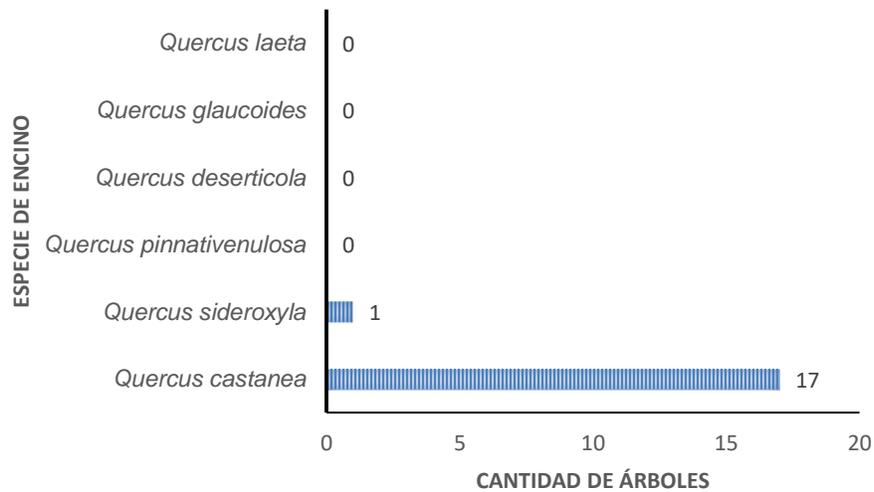


Figura 5. Especies de encino afectadas por insectos barrenadores en 56 sitios de muestreo en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.

Para la detección de los árboles barrenados, el tronco de estos individuos se revisó minuciosamente. Esto debido a que los insectos con estos hábitos alimenticios se encuentran por debajo de la corteza o dentro de la madera, lo que en ocasiones hace difícil su detección. Al respecto, se encontraron algunas larvas barrenando el xilema (Fotografías 7 y 8), así como orificios de barrenación en xilema de rama cortada del tronco principal (Fotografía 9).

Así mismo, se encontraron 18 árboles con síntomas de barrenación tales como orificios, manchas oscuras y escurrimientos provenientes de los orificios y escasa presencia de aserrín sobre el tronco y ramas bajas (Fotografías 10, 11 y 12).



Fotografía 7. Larva de Cerambycidae barrenando ramas bajas de *Quercus castanea* Neé.



Fotografía 8. Larva de Cerambycidae encontrada barrenando el tronco de un árbol de *Quercus castanea* Neé.



Fotografía 9. Rama de *Quercus castanea* Neé con orificio de barrenación en el xilema.



Fotografía 10. Orificio de barrenación en rama de *Quercus castanea* Neé, con presencia de flujo de savia y partículas de aserrín.



Fotografía 11 y 12. Orificios de barrenación en tronco de *Quercus castanea* Neé con presencia de flujo de savia y partículas de aserrín.

Características de las condiciones ecológicas asociadas con la presencia de insectos barrenadores en el fuste de los árboles del género *Quercus*

Los sitios de muestreo se ubicaron en un rango altitudinal desde 2,250 hasta 2,550 m s.n.m. Los puntos en color rojo de la figura 6 representan las áreas donde

se encontraron árboles barrenados por insectos, y estas áreas se encuentran en el intervalo de 2,270 a 2,430 m s.n.m.

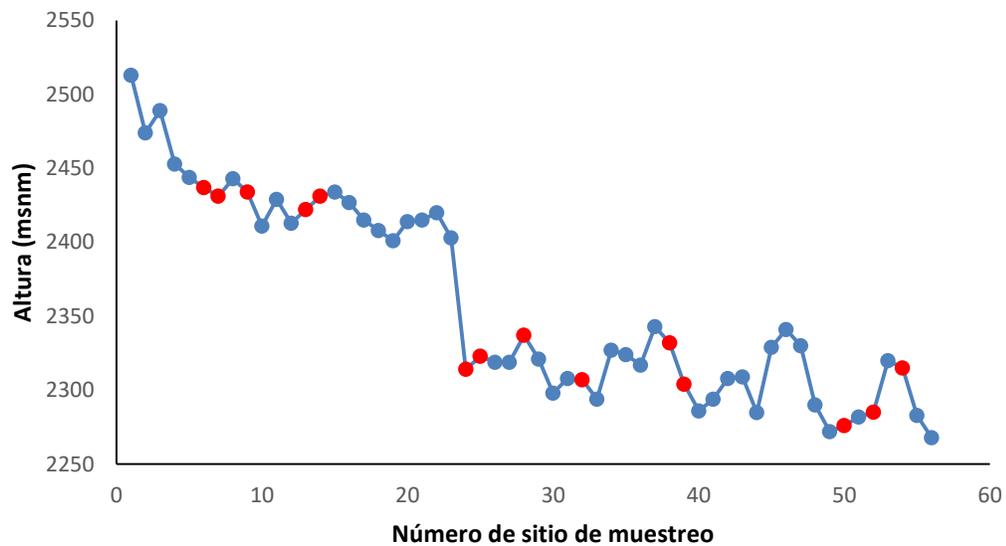


Figura 6. Ubicación altitudinal de sitios de muestreo de insectos barrenadores de encino en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato. Los puntos rojos indican la presencia de barrenadores.

De los 56 sitios estudiados; 9 de calidad regular presentan árboles con orificios de barrenación, 5 de calidad pobre tuvieron árboles barrenados y en la calidad bueno de sitio, las especies de encino no presentaron síntomas de barrenación (Figura 7).

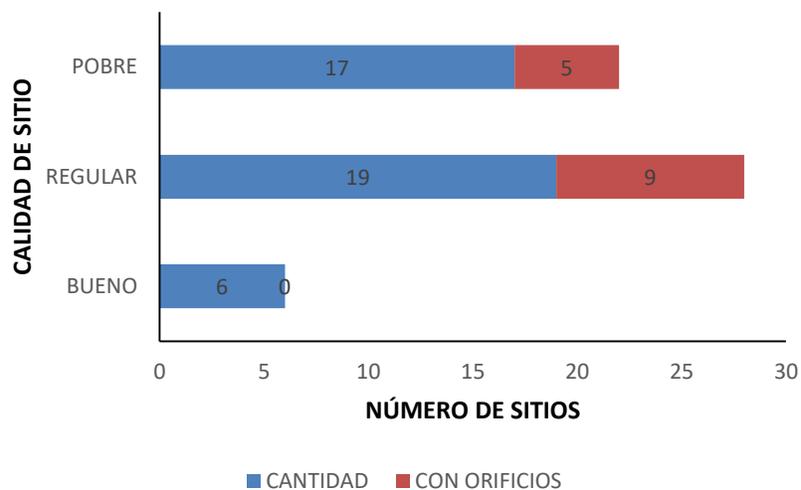


Figura 7. Calidad de los sitios muestreados en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato, en búsqueda de insectos barrenadores de encinos.

Por otro lado, se observó que los árboles más afectados son los que se encuentran en etapa de adulto, con una afectación de 67%, seguido de los sobremaduros con 17% y los jóvenes con 16% (Figura 8).

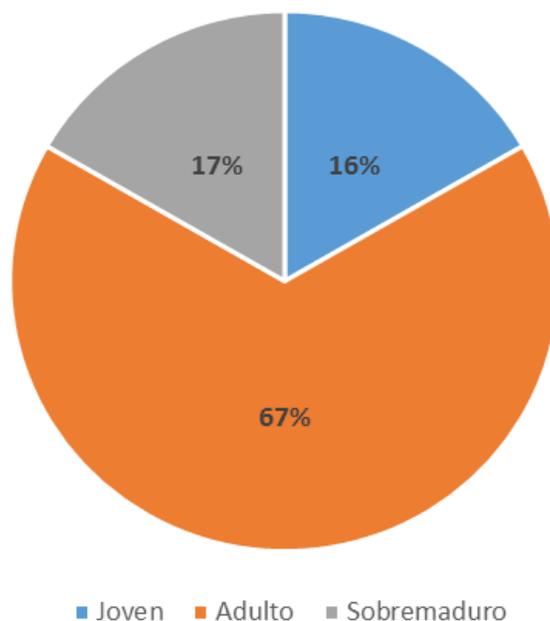
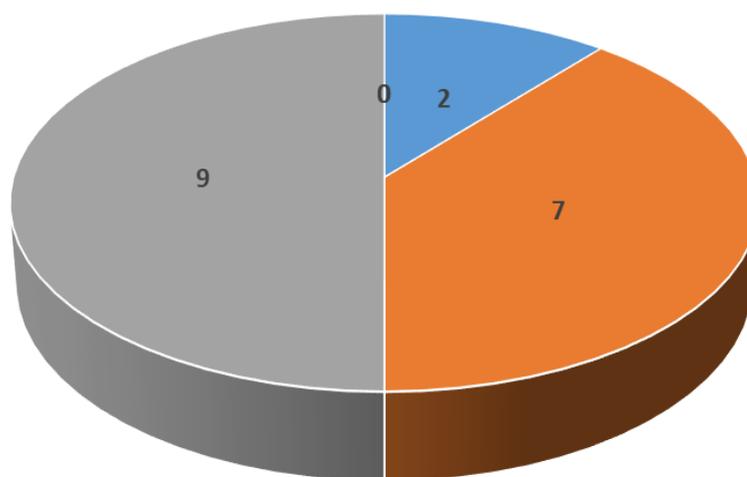


Figura 8. Árboles de encinos afectados por insectos barrenadores, de acuerdo a las categorías de edad, en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.

De los 18 árboles encontrados con barrenación: 9 presentan una copa o cobertura de ramas con muerte regresiva del 34 a 66%, 7 con menos de 33% de muerte regresiva, 2 en la categoría de saludable; en las categorías de muerte regresiva (del 66 a 99% de su copa y los muertos recientemente) no se encontraron individuos con presencia de orificios de barrenación (Figura 9).



- Saludable
- Menos de 33% de muerte regresiva
- 34 a 66% de muerte regresiva
- 66 a 99% de muerte regresiva
- Muerto recientemente

Figura 9. Árboles de encino afectados por insectos barrenadores según la categoría de copa, en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.

En cuanto a la variable de pedregosidad para los sitios considerados en esta evaluación; en 7 sitios pedregosos existen evidencias de barrenación en los encinos, en 5 sitios que no existe pedregosidad hay árboles barrenados y solamente se encontraron 2 sitios muy pedregosos con presencia de árboles dañados (Figura 10).

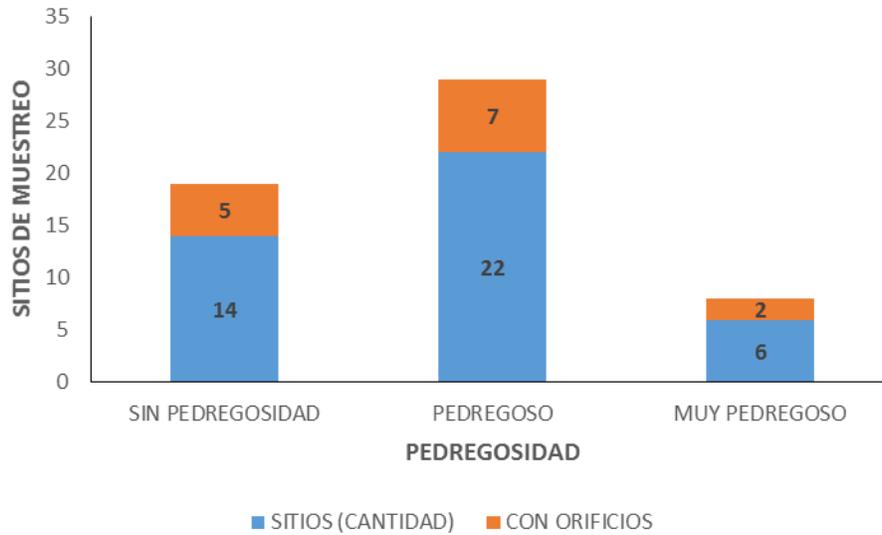


Figura 10. Presencia de pedregosidad en los sitios muestreados.

En la variable densidad; 13 sitios en condición poco denso tienen árboles barrenados y un sitio con categoría de denso presenta árboles con orificios; la categoría de muy denso no tiene ejemplares dañados (Figura 11).

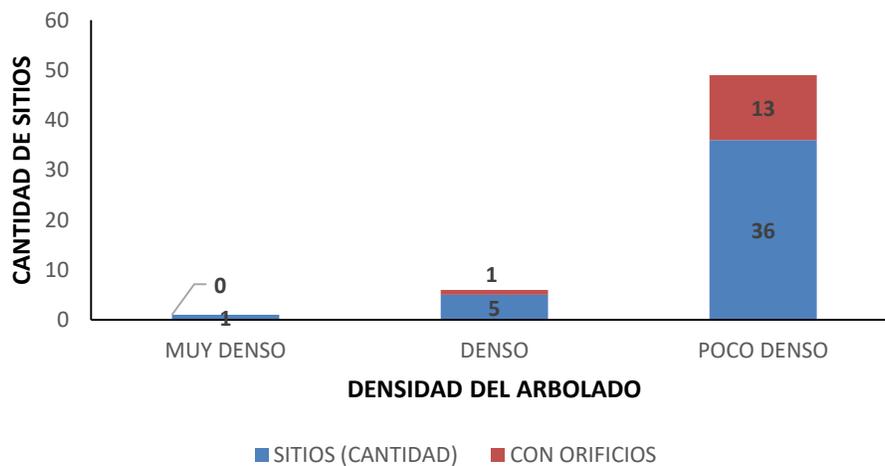


Figura 11. Densidad del arbolado en sitios muestreados en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.

Analizando los datos climáticos de los últimos 55 años proporcionados por la CONAGUA, Dirección Local Guanajuato, estación Cerano, del municipio de Yuriria, la más próxima al área de estudio, se puede apreciar la precipitación total anual (Figura 12).

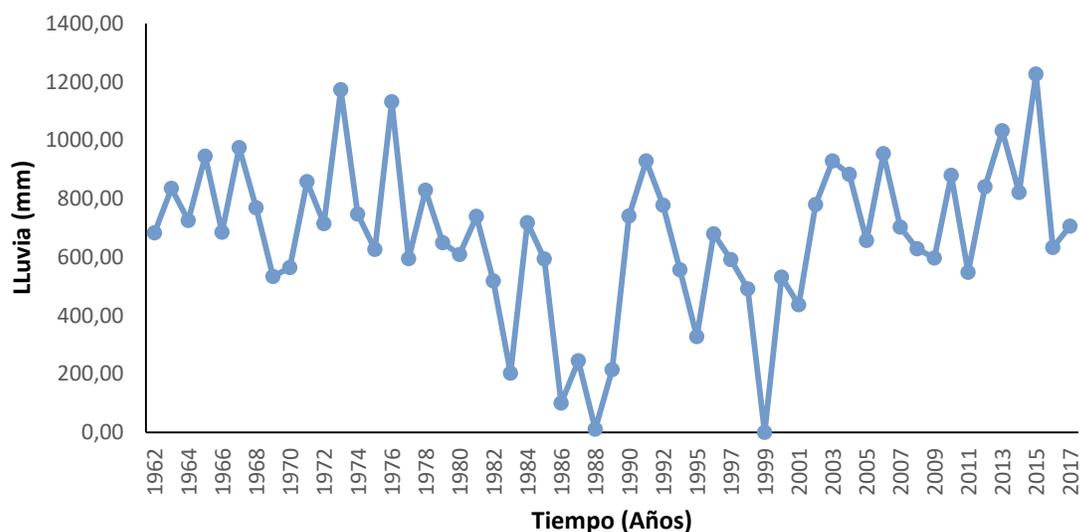


Figura 12. Lluvia total anual en la estación climatológica Cérano, municipio de Yuriria, Guanajuato.

En esta figura se muestran las precipitaciones totales por año a partir de 1962 hasta 2017 y durante los últimos diez años han sido relativamente estables.

En la figura 13, se muestra la evaporación total anual de la estación climatológica Cerano, municipio de Yuriria, Guanajuato, donde se aprecia que en el año 2010 hubo un aumento muy importante en los niveles de evaporación, para posteriormente disminuir a niveles ligeramente superiores a los previos manteniendo un nivel estable hasta el 2017.

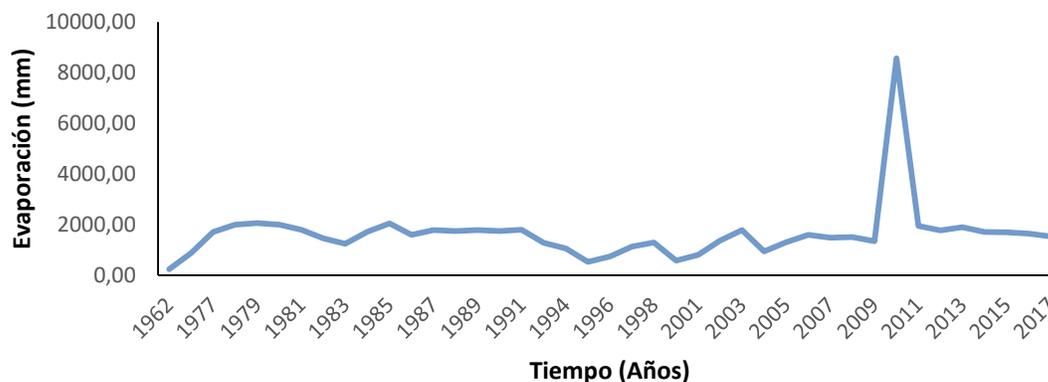


Figura 13. Evaporación total anual registrada por la estación climatológica Cérano, municipio de Yuriria, Guanajuato.

Analizando estas dos gráficas es notorio que en los últimos 10 años la evaporación ha sido mayor que la precipitación, lo que provoca que exista una deficiencia de humedad ocasionando un estrés hídrico en las plantas que trae como consecuencia su predisposición al ataque de plagas o enfermedades.

Así mismo uno de los fenómenos climáticos que más afecta a las actividades económicas del país es la sequía, por lo que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se encarga de detectar el estado actual y la evolución de este fenómeno. Para ello se apoya en el Monitor de Sequía en México (MSM), de donde se obtuvieron datos para la zona de estudio y en el análisis se observa que durante los años 2008 y 2009, y del 2010 al 2012 se presentaron niveles de sequía desde severa hasta extrema y los subsecuentes años se han presentado años con niveles de normales a anormalmente secos (Figura 14 y Cuadro 2). Lo anterior sugiere que las condiciones del clima están cambiando y los bosques nativos se ven fuertemente afectados.

Sáenz-Romero et al. (2016) sugieren que esta situación creará presiones fisiológicas debido al aumento de temperatura combinado, en muchos casos, con precipitación reducida y como se observa en esta investigación, bajo tales circunstancias, los árboles son mucho más susceptibles al ataque de insectos y enfermedades endémicos.

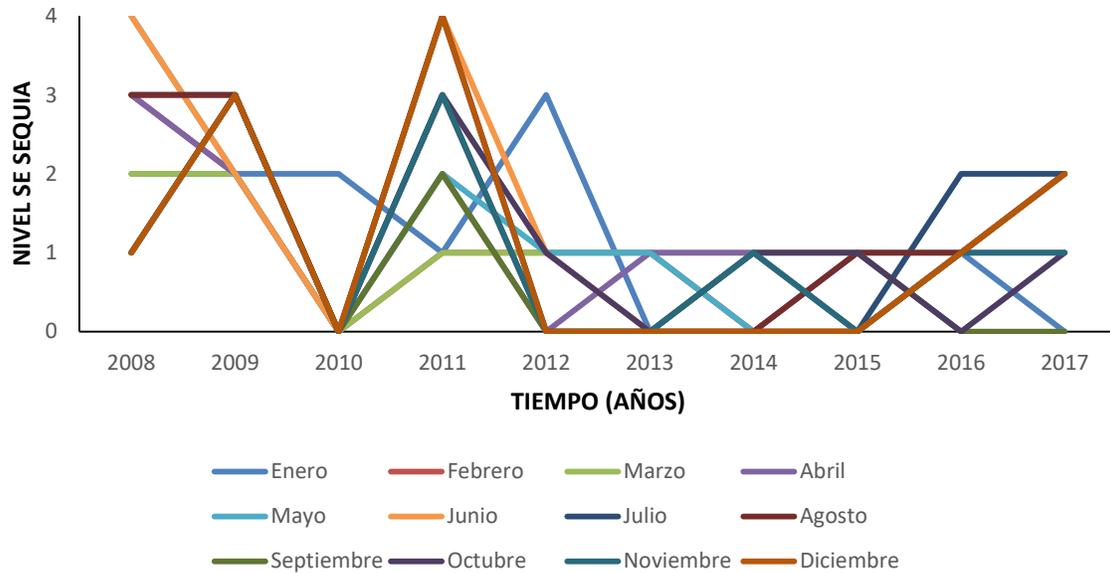


Figura 14. Niveles mensuales de sequía presentes en el municipio de Yuriria durante el periodo 2008 al 2017

Cuadro 2. Niveles de sequía de acuerdo al Monitor de Sequía

Normal	0
Anormalmente Seco	1
Sequía Moderada	2
Sequía Severa	3
Sequía Extrema	4

Características fisiográficas del área donde se presentan los barrenadores del fuste del género *Quercus*.

En la figura 15, se aprecia la ubicación de los sitios de muestro evaluados en el ejido Cerécuaro. Los puntos en colores azul y anaranjado representan los sitios donde se encontraron árboles barrenados.

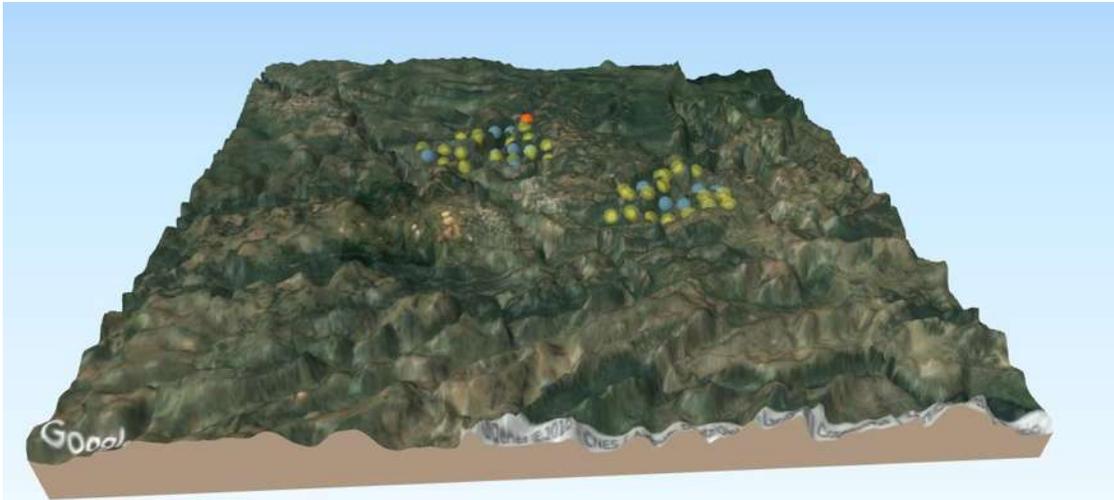


Figura 15. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato. Los puntos azules y anaranjados señalan la presencia de insectos barrenadores de encinos.

En el área de estudio, la ubicación de un mayor número de sitios de muestreo donde se encontraron ejemplares de árboles con orificios de barrenación es la exposición Sur con 10 sitios, en la exposición Norte la afectación se ubicó en 4 sitios de muestreo (Figura 16).

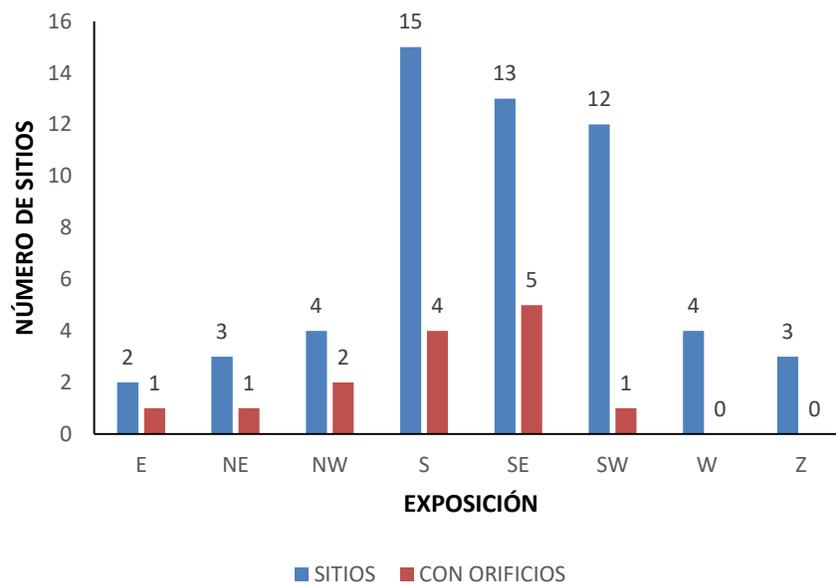


Figura 16. Exposición de los sitios de muestreo de insectos barrenadores de encinos en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato. Las barras rojas indican sitios con arbolado afectado por orificios causados por insectos barrenadores.

Los sitios evaluados están en el intervalo de pendiente entre 0° y 45° y dentro de este, las áreas muestreadas con presencia de insectos barrenadores en árboles vivos están entre 10° y 35° de pendiente; es decir, que en terrenos planos y en los muy inclinados no se observaron árboles dañados por insectos barrenadores (Figura 17).

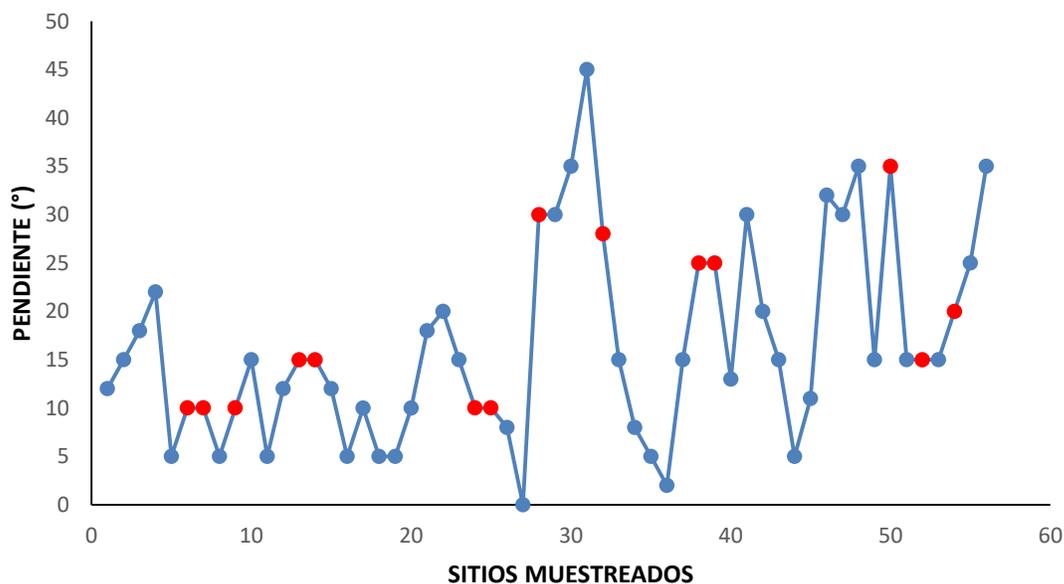


Figura 17. Pendiente o inclinación de los sitios de muestreo en el área de estudio. Los puntos de color rojo representan los sitios donde se detectó la presencia de insectos barrenadores.

La figura 18, muestra que los insectos barrenadores de encinos se presentaron principalmente en sitios con baja densidad del arbolado, con áreas basales menores a 10 m² ha⁻¹.

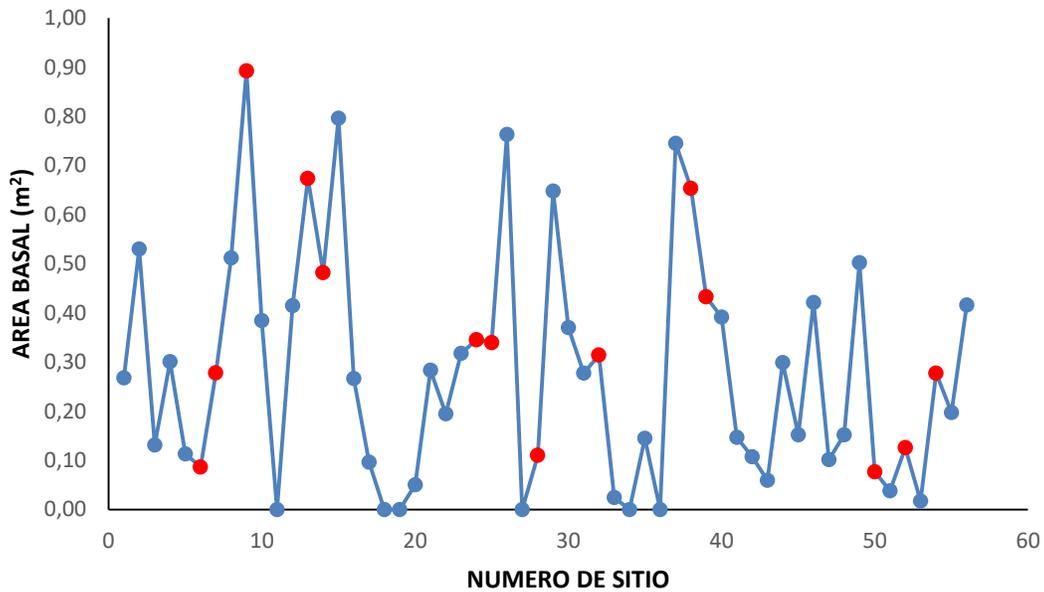


Figura 18. Área basal por sitio muestreado en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato. Los puntos de color rojo representan los sitios donde se detectó la presencia de insectos barrenadores.

Los volúmenes de madera en metros cúbicos por sitio se aprecian en la figura 19, los puntos de color oscuro representan los sitios donde se detectó la presencia de insectos barrenadores.

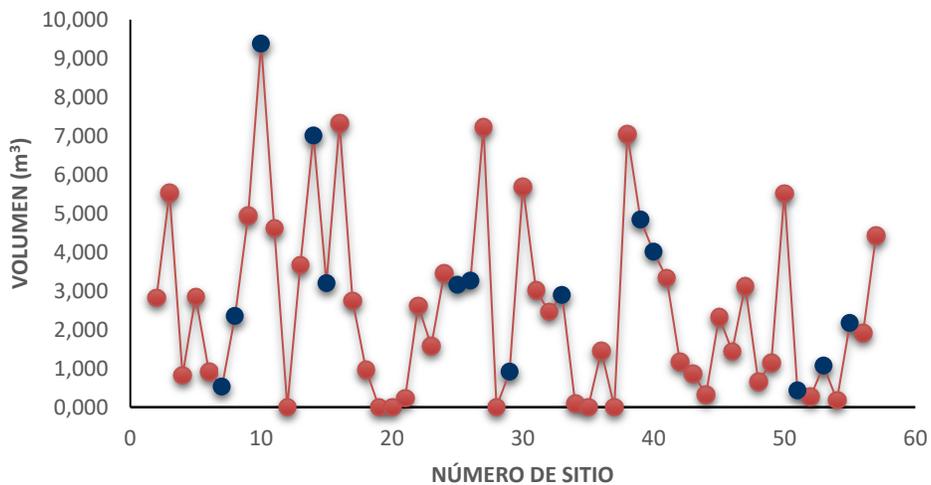


Figura 19. Volumen de madera por sitio muestreado en el Ejido de Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato.

Discusión

El presente estudio demuestra que, si bien en una abundancia no significativa, en la zona forestal del Ejido Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato, sí existen encinos infestados por barrenadores, principalmente en la etapa adulta de los encinos rojos, lo cual fue constatado con la presencia de larvas cuya morfología corresponde a la familia Cerambycidae, ya que son más o menos alargadas, subcilíndricas, cuerpo suave, color blanco a amarillo, prognatas, las partes bucales con mandíbulas fuertemente esclerotizadas, características que coinciden con la descripción de dicha familia según Noguera y Gutiérrez (2017).

La incidencia de las larvas sobre los encinos rojos en el área de estudio, pudiera deberse a que éstos árboles no presentan tílides que son estructuras que frecuentemente obstruyen la cavidad de los elementos conductores del xilema, así como tampoco tienen cristales romboidales de oxalato de calcio, que hacen la madera más dura y resistente a las pudriciones como lo comentaron Pérez-Olvera y Dávalos-Sotelo (2008), que es lo que en teoría hace a los encinos blancos menos vulnerables al ataque de los insectos; sin embargo *Megapurpuricen* *magnificus* utiliza como hospedante principal a *Quercus potosina* (Sánchez-Martínez et al., 2010), especie clasificada dentro del grupo de encinos blancos, por lo tanto la preferencia de los barrenadores de encinos en el Ejido Cerécuaro parece estar más asociada con características del sitio de crecimiento tales como la densidad del arbolado (áreas poco densas), la pendiente (pendientes moderadas a altas) y la exposición del terreno, lo cual es sustentado por la información obtenida en los sitios de muestreo.

A pesar de que se colocaron trampas sobre el fuste de los árboles con signos de barrenación, el año y medio que duró el estudio fue insuficiente para obtener ejemplares adultos, motivo por el cual no fue posible determinar a la o las especies de insectos causales. Lo anterior se debe a que los barrenadores de encinos se alimentan del xilema, el cual es menos nutritivo que el floema o el

follaje, razón por la cual el crecimiento de las larvas es lento y el ciclo de vida puede extenderse por dos o más años, como el caso de *Megapurpuricen* *magnificus* (Sánchez-Martínez et al., 2010) y *Enaphalodes rufulus* (Lawrence et al., 2002). Para poder conocer la especie que está barrenando los árboles es necesario continuar con el monitoreo de las trampas durante por lo menos un año y medio más, hasta encontrar el insecto en su estado adulto, para proceder a su identificación (Sánchez et al., 2014).

El mayor número de especies de *Quercus* se distribuye en el eje Neovolcánico, en donde se encuentra gran parte de la zona sur del estado de Guanajuato. De acuerdo a su filogenia, anatomía y taxonomía, en México existen tres grupos o secciones; *Quercus* o encinos blancos, *Lobatae* o encinos rojos y *Protobalanus* o encinos intermedios. En el presente trabajo en el área de estudio afectada del ejido Cerécuaro el 74% de las especies presentes pertenecen al grupo de los encinos rojos. De acuerdo con Nixon (1993) para un óptimo desarrollo los encinos rojos requieren mayor humedad del ambiente y menor temperatura; sin embargo, en el área de estudio las comunidades de encinos han sido fragmentadas, para usarlas principalmente como potreros y siembra de cultivos agrícolas, volviéndose áreas más secas, luminosas y calurosas (Pérez et al., 2013), condiciones que hacen vulnerable a la vegetación forestal al ataque por insectos barrenadores, como se observa en este trabajo, en donde el 100% de los individuos afectados por insectos barrenadores pertenecen a las especies *Quercus castanea* y *Q. sideroxylla*, ambas de la sección de los encinos rojos, y donde la mayoría de los árboles infestados se encontró en los sitios con menor densidad del arbolado, que indudablemente están expuestos a una mayor radiación solar y mayor evapotranspiración.

En relación con las especies de encino identificadas en el presente estudio, existen diferencias cualitativas y cuantitativas con las que previamente se reportan en el Programa de Manejo del Área Natural Protegida Cerro de Amoles, que es a la que pertenece el área de estudio. Únicamente las especies *Quercus castanea* y *Q. deserticola* fueron las mismas en ambos trabajos, las especies *Q. sideroxylla*, *Q. pinnativenulosa*, *Q. glaucoides* y *Q. laeta*, no se encontraron reportadas en

estudios anteriores. Por lo que esta información es útil para analizar la distribución específica por regiones fisiográficas, pues ello permite conocer más sobre la biogeografía del género y relacionar estos datos con factores ambientales e históricos (Valencia, 2004).

La mayoría de los insectos barrenadores son atraídos principalmente por árboles debilitados, dañados, moribundos, muertos en pie o caídos (Drees et al., 2016). Sin embargo, en el presente estudio se observó que los sitios con presencia de árboles barrenados se encuentran en calidad de sitios regulares, en edad adulta de los árboles con categorías de copa que van desde saludable hasta algunos alcanzar el 66% de muerte regresiva, es decir con presencia de ramas secas, que comienza en la punta de la rama y culmina en la base de la misma rama, lo que nos sugiere que existen otros factores que están reduciendo el vigor del arbolado, predisponiéndolo al ataque de insectos barrenadores. Si a ello sumamos que las precipitaciones de los últimos 10 años han sido inestables, con diferencias promedio de hasta 250 milímetros por año, con un ligero incremento en la evaporación y años considerados de acuerdo al Monitor de Sequía como años anormalmente secos, nos da como resultado que las especies queden expuestas a la presencia con grado de afectación de insectos barrenadores.

Del análisis realizado, se observa que hay diferencias sobre todo en la variables de densidad del arbolado y pendiente, esto se puede explicar porque las especies del género *Quercus*, sobre todo el grupo de los encinos rojos a la que pertenecen *Q. castanea* y *Q. sideroxylla*, que son las especies afectadas en la zona de estudio, se encuentran en sitios con poca densidad del arbolado y en terrenos inclinados, es decir, en condiciones de poca cobertura de copa o de sus ramas con respecto a la superficie del suelo evaluada, además están en terrenos inclinados donde la humedad se escurre y se evapora porque hay poca materia orgánica en el suelo (hojarasca) que la retenga, lo que trae como consecuencia una menor humedad en el ambiente, así como una mayor temperatura; en este contexto, es importante mencionar que de acuerdo a Nixon (1993), los encinos rojos, grupo al que pertenecen las especies afectadas, requieren estar bajo sombra para tener un ambiente húmedo que les permita un mejor desarrollo.

Por lo anterior, se concluye que en este momento la presencia de insectos barrenadores en el área de estudio aún no se considera plaga; sin embargo, se están presentando eventos ambientales como sequías recurrentes, aunado a factores antropogénicos que se infieren por la baja densidad del arbolado y la apertura de estos terrenos a zonas de cultivos agrícolas y a la ganadería extensiva, lo que provoca que los árboles presentes manifiesten estrés fisiológico que los predisponen al ataque de plagas y enfermedades, por lo que es importante continuar con el monitoreo en el área para atender cualquier brote de plaga y/o enfermedad que se pueda presentar. Así mismo, es conveniente reactivar el programa de manejo forestal maderable que tiene el ejido para hacer un uso sustentable del terreno, que les brinde mayores ingresos económicos que los que actualmente tienen y con ello mejoren la calidad de vida de las familias que viven en la comunidad.

Referencias

- Aguilar, R. E. (2012). *Fauna de Cerambycidae en bosque tropical caducifolio de la cuenca del Rio Balsas*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
- Agrios, G. N. (2001). *Fitopatología*. México, D.F: Editorial LIMUSA S.A de C.V.
- Alvarado-Rosales, D., Saavedra-Romero, L. de L., Almaraz-Sánchez, A., Tlapal-Bolaños, B., Trejo-Ramírez, O., Davidson, J. M., Kliejunas, J. T., Oak, S., O'Brien, J. G., Orozco-Torres, F. y Quiroz-Reygadas, D. (2007). *Agentes asociados y su papel en la declinación y muerte de encinos (Quercus, Fagaceae) en el Centro-Oeste de México*. *Polibotánica*, 23, pp. 1-21.
- Arizaga, S., Martínez, C. J., Salcedo, C. M. y Bello, G. M. A. (2009). *Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Caldera, H. F. (1997). *Diagnóstico y evaluación del impacto de insectos asociados al género Quercus L. en la Sierra Madre Oriental, en Nuevo León, México*. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro*. México, D.F.: UNAM, Instituto de Biología.
- Cibrián, T. D., Méndez, M. J. T., Campos, B. R., Yates III, H. O. y Flores, L. J. (1995). *Insectos Forestales de México/Forest Insect of Mexico*. México, D.F.: Universidad Autónoma Chapingo.

- Cruz, A. A., Melgarejo, E. D., Contreras, R. E. A. V. y González, G. M. A. (2012). *La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado*. Volumen I. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Cruz-Cuevas, R. A. y Víctor-Rosas, L. J. (2017). Revisión de la familia Cerambycidae (Insecta: Coleoptera) en la colección entomológica de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. *Entomología mexicana*, 4, pp. 786–791.
- Del Rio, M. A. A. y Mayo, J. P. (1985). Entomofauna asociada a *Quercus* spp. En la Meseta Tarasca. Instituto Nacional de Ecología. *Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*, 124.
- Drees, B. M., Jackman, J. A., y Merchant, M. E. (2016). Wood-boring insects of tres and shrubs. *Texas A & M Agrilife Extension Service*. B-5086, pp. 1-12.
- Espejel, R. M. M., Santacruz, G. N. y Sánchez, F. M. (1999). El uso de los encinos en la región de La Malinche, estado de Tlaxcala, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 64, pp. 35-39.
- Fierke, M. K., Kelley, M. B. y Stephen, F. M. (2007). Site and stand variables influencing red oak borer, *Enaphalodes rufulus* (Coleoptera: Cerambycidae), population densities and tree mortality. *Forest Ecology and Management*, 247, pp. 227-236.
- Führer, E. (1998). *Oak decline in Central Europe: A synopsis of hypotheses*. *Institute of Forest Entomology, Forest Pathology & Forest Protection*. University of Agricultural Sciences. Vienna Hasenauerstrasse, Austria, pp.7-24.
- Galford, J. R. (1983). *Life history of the red oak borer, Enaphalodes rufulus* (Hadelman), in White oak (Coleóptera: cerambycidae). *Entomological news*, 94 (1), pp. 7-10.

Geisel, P. M. (2010). Carpenterworm. *Pest notes*. Statewide Integrated Pest Management Program. Davis, CA, USA. University of California.

Gobierno del Estado de Guanajuato (2006). Programa de Manejo del área Natural Protegida en la categoría de uso sustentable "Cerro de los Amoles" ubicada entre los municipios de Moroleón y Yuriria del Estado de Guanajuato. Guanajuato, Guanajuato. Instituto de Ecología del Estado.

Haavik, L. J., Jones, J. S., Galligan, L. D., Guldin, J. M. y Stephen, F. M. (2012). Oak decline and red oak borer outbreak: impact in upland oak-hickory forest of Arkansas, USA. *Forestry*. Institute of Chartered Foresters. Consultado el 20 de junio de 2018. Recuperado de: <http://forestry.oxfordjournals.org>

Heitzman, E., Grell, A., Spetich, M. y Starkey, D. (2007). Changes in Forest Structure Associated with Oak Decline in Severely Impacted Areas of Northern Arkansas. *Southern Journal of Applied Forestry*, 31 (1), pp. 17-22.

Kliejunas, J. (2005). Oak decline investigations in Mexico. A cooperative effort. USDA Forest Service, Forest Health Protection. Pacific Southwest Region, Vallejo. Consultado el 20 de junio de 2018. Recuperado de <http://caforestpestcouncil.org>

Lawrence, R., Moltzan, B. y Moser, K. (2002). Oak decline and the future of Missouri's forests. Missouri Conservation Commission of the State of Missouri. Consultado el 20 de junio de 2018. Recuperado de <https://www.forestandwoodland.org>

Luna, J. A. de L., Montalvo, E. L., y Aguilar, R. B. (2003). Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 72, pp. 107-117.

- Morón, M. A. (1985). Insectos degradadores, un factor poco estudiado en los bosques de México. *Folia entomológica Mexicana*, 65, pp. 131-137.
- Nixon, K. C. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. En: Ramammoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. (Eds.). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Pp. 447-458. Nueva York: Oxford University Press.
- Noguera, F. A. (2014). Biodiversidad de Cerambycidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, pp. 290-297.
- Noguera, F. A., y Gutiérrez, N. (2017). Familia Cerambycidae. En: Cibrian T., D. (Ed). *Fundamentos de Entomología Forestal* (pp. 271-273). Texcoco, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Pérez, L. P., López, B. F., García, O. F., Cuevas-Reyes, P., y González-Rodríguez, A. (2013). Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. *Biológicas*, 1, pp. 18-24.
- Pérez-Olvera, C. de la P. y Dávalos-Sotelo, R. (2008). Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. *Maderas y Bosques*, 14, pp. 43-80.
- Potter, D. A. y Potter, M. F. 2016. Insect of trees and shrubs. *Cooperative extension service*. University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment, 43, pp. 1-5.
- Quintanar, O. J. (2002). *Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México*. San Martinito, Puebla: INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro.

- Rodríguez, R. I. S. y Romero, R. S. (2007). Arquitectura foliar de diez especies de encino (*Quercus*, Fagaceae) de México. *Acta botánica Mexicana*, 81, pp. 9-34.
- Romero, R. S., Rojas, Z. E. Z. y Rubio, L. L. E. (2014). *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 181*. Tlanepantla, Estado de México: Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Autónoma de México.
- Romero, R. S., Rojas, Z. E. Z. y Rubio, L. L. E. (2015). Encinos de México (*Quercus*, Fagaceae). México, D.F.: Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Autónoma de México.
- Romo, D. B., Velázquez, U. R., Siqueiros, D. Ma. E., Sánchez, M. G., De la Cerda, L. M., Moreno, R. O. y Pérez, M. B. E. (2007). Organismos con efecto potencial en el declinamiento de encinos de la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia*, 15, pp. 11-19.
- Sáenz-Romero, C., Lindig-Cisneros, R. A., Joyce, D. G., Beaulieu, J., Clair, J. B. St. y Barry, C. (2016). Assisted migration of forest populations for adapting trees to climate change. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 22 (3), pp. 303-323.
- Sánchez, C. R., Cibrian, T. D., Sánchez, S. J. y Zamudio, V. A. (1998). *Diagnóstico Sanitario Forestal del Estado de Guanajuato*. Celaya, Guanajuato: Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural.
- Sánchez-Martínez, G., Moreno-Rico, O., y Siqueiros-Delgado, M. E. (2010). *Crioprosopus magnificus* LeConte (Coleoptera: Cerambycidae) in Aguascalientes, México. *Biological observations and geographical distribution. Coleopterists Bulletin*, 64, pp. 319-328.

Sánchez, M. G., Moreno, R. O., Resendiz, M. J. F., Arriola, P. V. J. y González, G. E. (2014). *El barrenador de encinos Crioprosopus magnificus: bases para su diagnóstico y control*. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes: INIFAP. Centro de Investigación Regional Norte Centro.

Schowalter, T., Hansen, E., Molina, R. y Zhang, Y. (1997). Integrating the ecological roles of phytophagous insects, plant pathogens, and mycorrhizae in managed forests. Creating a forestry for the 21st Century. *The science of ecosystem management*. Transaction of the Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University, 37, pp. 171-189.

Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural (2013). Inventario Estatal Forestal de Guanajuato. Gobierno del Estado de Guanajuato. Celaya, Guanajuato. Consultado el 20 de junio de 2018. Recuperado de <http://sdayr.guanajuato.gob.mx>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010). *Autorización del aprovechamiento de recursos forestales maderable y la ejecución del programa de manejo forestal del ejido Cerécuaro, municipio de Yuriria, Guanajuato*. León, Gto. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Solomon, J. D. (1995). *Guide to insect borers in North American broadleaf trees and shrubs. Agricultural handbook*. Washington, USA: Department of Agriculture, Forest Service.

Sosa-Ramírez, J., Moreno-Rico, O., Sánchez-Martínez, G., Siqueiros-Delgado, M.A., y Díaz-Nuñez, V. (2011). Ecología y fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Maderas y Bosques*, 17(3), pp. 49-63.

- Stanturf, J. A. (2004). Disturbance dynamics of forested ecosystems. Transactions of the Faculty of Forestry, *Estonian Agricultural University*, 37, pp. 7-12.
- Swiecki, T. J. y Bernhardt, E. A. (2006). *A field guide to insect and diseases of California oaks*. Albany, CA, USA: Department of Agriculture, Forest Service.
- Tainter, F. H., O'Brien, J. G., Hernández, A., Orozco, F., y Rebolledo, O. (2000). *Phytophthora cinnamomi* as a cause of oak mortality in the state of Colima, Mexico. *Plant Disease*, 84 (4), pp. 394-398.
- Thomas, F. M., Blank, R. y Hartmann, G. (2002). Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften*. Universität Göttingen. Göttingen, Germany, 32, pp. 277-307.
- United States Department of Agriculture (2011). *Carpenterworm*. Lakewood, CO, USA: Rocky Mountain Region.
- Valencia, A. S., y Cartujano, P. S. L. (2002). *Quercus pinnativenulosa* Muller (Fagaceae) un encino poco conocido de la Sierra Madre Oriental. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 73, pp. 89-94.
- Valencia, A. S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Sociedad Botánica de México*, 75, pp. 33-53.
- Valencia, A. S. (2005). *Análisis filogenético de la serie Lanceolatae Trel. del género Quercus, Fagaceae*. Tesis de doctorado. México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Vázquez, S. L., Urias, T. J .C., Quintanar, O. J. y Varela, F. L. (2004). Caracterización de la declinación de bosques de encinos en Sierra de Lobos Guanajuato, México. *Polibotánica*, 17, pp. 1-14.

Wegulo, S. y Gleason, M. (2001). Fungal cankers of trees. *Sustainable Urban Landscapes*. Iowa State University: University Extension, 11, pp. 1-8.