

INVESTIGACIÓN PRELIMINAR DE LA DEPREDACIÓN DE SEMILLAS EN LA GERMINACIÓN DE LAS BELLOTAS DE *Quercus candicans* Née

A PRELIMINARY INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PRE-DISPERSAL SEED PREDATION ON THE GERMINATION OF *Quercus candicans* Née ACORNS

Francisco Díaz-Fleischer¹, Verónica Hernández-Arellano¹, Lázaro Sánchez-Velásquez¹, Tomás Cano-Medina¹, Raquel Cervantes-Alday², Maurilio López-Ortega¹

¹INBIOTECA, Universidad Veracruzana, Apartado Postal 250, 91090, Xalapa, Veracruz, México. (fradiaz@uv.mx) ²Vivero Plan de San Antonio, Coatepec, Veracruz, México.

RESUMEN

Las bellotas de los encinos (*Quercus* spp.) son atacadas en etapa de predispersión por varias especies de insectos. A pesar de la importancia de los encinos en programas de reforestación, el impacto del ataque de estos insectos, depredadores de semillas sobre la germinación de las bellotas es poco conocido, muy variable y depende de la especie de encino. En este estudio se determinó el nivel de infestación, por insectos, en bellotas de *Quercus candicans* Née y su efecto en la germinación. Para ello se realizaron muestreos en campo usando trampas para recolectar bellotas y recolectas directas del suelo. Los niveles de infestación oscilaron de 7 a 21.6 %. Las bellotas atacadas por insectos presentaron una reducción en la germinación de 77.7 a 90.7 %. Las bellotas infestadas fueron significativamente más grandes que las bellotas no infestadas. Las larvas de los insectos encontrados en las semillas pertenecen a los órdenes Lepidóptera y Coleóptera. El análisis de los resultados sugiere la necesidad de desarrollar métodos de control de los insectos, y de separación de las bellotas infestadas para mejorar la calidad de la producción de plántulas destinadas a la reforestación.

Palabras clave: *Quercus*, bellotas, insectos plaga, infestación, germinación, reforestación.

INTRODUCCIÓN

Comúnmente conocidos como encinos, las especies del género *Quercus*, son los principales componentes de la estructura arbórea de los bosques de la mayoría de las regiones montañosas de México (Zavala, 2001). Muchas de las especies de encinos son valiosas por su potencial

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: Septiembre, 2008. Aprobado: Octubre, 2009.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 44: 83-92. 2010.

ABSTRACT

The acorns of oaks (*Quercus* spp.) are attacked in the pre-dispersal stage by various insect species. Despite the importance of the oaks in reforestation programs, the impact of the attack of these seed predation insects on the germination of the acorns is not well known, is very variable and depends on the oak species. In this study, the infestation level of insects in acorns of *Quercus candicans* Née was determined along with its effect on germination. For this purpose, samplings were made in the field using traps for collection acorns and direct collecting from de soil. Infestation levels varied from 7 and 21.6 %. The acorns attacked by insects presented a reduction in germination of between 77.7 and 90.7 %. The infested acorns were significantly larger than the non-infested ones. The larvae of the insects found in the seeds belong to the orders Lepidoptera and Coleoptera. The analysis of the results suggests the need to develop control methods of the insects, and to separate the infested acorns to improve the quality of the production of seedlings destined for reforestation.

Key words: *Quercus*, acorns, insect pests, infestation, germination, reforestation.

INTRODUCTION

Commonly known as oaks, the species of the genus *Quercus* are the main components of the arboreal structure of the forests of most of the mountainous regions of Mexico (Zavala, 2001). Many of the oak species are valuable because of their potential for restoration, given that they can be established in open deforested areas and in areas beneath the canopy (Pedraza and Williams-Linera, 2003; Ramírez-Bamonde *et al.*, 2005). This characteristic, added to the great number of species

para la restauración ya que pueden establecerse en áreas deforestadas abiertas y en áreas bajo el dosel (Pedraza y Williams-Linera, 2003; Ramírez-Bamonde *et al.*, 2005). Esta característica, aunada al gran número de especies y a su plasticidad, hace de los encinos un excelente material para los programas de reforestación de áreas montañosas (Vázquez-Pardo, 1998; Kappelle, 2006).

La producción exitosa de plántulas de encino en viveros forestales se basa en una buena selección de semillas que garantice una alta germinación y un buen desarrollo inicial de las plantas (Bonner y Vozzo, 1987). Sin embargo, la calidad de las semillas puede ser afectada negativamente por diversos factores bióticos y abióticos. Entre los factores bióticos más perniciosos están los insectos barrenadores de las bellotas, que se alimentan de las mismas en la etapa de predispersión (Baker, 1972). El impacto de los insectos barrenadores en la germinación de las bellotas es poco conocido y muy variable, dependiendo de las especies de *Quercus*. El daño ocasionado por los insectos a la bellotas pueden reducir su germinación (Oliver y Chapin, 1984; Weckerly *et al.*, 1989), o bien las bellotas pueden germinar si el embrión no ha sido dañado (Hobbs y Young, 2001; Branco *et al.*, 2002). Sin embargo, una reducción de la masa de las bellotas, ocasionada por los insectos, está correlacionada con un pobre desarrollo de las plántulas (Andersson, 1992; Hobbs y Young, 2001; Branco *et al.*, 2002). Por ello, debido a que no es posible prevenir el ataque de los insectos, las bellotas infestadas deben eliminarse por flotación de los lotes de frutos recolectados (Bonner y Vozzo, 1987; Bonner, 2003).

La mayoría de las especies de insectos barrenadores de bellotas son coleópteros de los géneros *Curculio sp.* y *Conotrachelus sp.* (Curculionidae) y lepidópteros de los géneros *Cydia sp.*, *Melissopus sp.* y *Valentinia sp.* (Tortricidae) (Vázquez-Pardo, 1998). En los EE.UU., las plagas más importantes de las bellotas de los encinos son los picudos (*Curculio spp.*), el gusano de las nueces (*Melissopus latiferranus* Walsingham), y la palomilla de las bellotas (*Valentinia spp.*) (Baker, 1972; Gibson, 1972; 1982; Oliver y Chapin, 1984); sin embargo, en México sólo se ha reportado el curculiónido *Curculio occidentis* (Casey) (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).

En la zona de Xalapa y Coatepec (Veracruz, México), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

and their plasticity, makes the oaks an excellent material for reforestation programs in mountainous areas (Vázquez-Pardo, 1998; Kappelle, 2006).

The successful production of oak seedlings in forest nurseries is based on a good selection of seeds that guarantee high germination and good initial development of the plants (Bonner and Vozzo, 1987). However, seed quality can be negatively affected by diverse biotic and abiotic factors. Among the most pernicious biotic factors are the boring insects of acorns, which feed on the seeds in the pre-dispersal stage (Baker, 1972). The impact of the boring insects on acorn germination is not well known and is very variable, depending on the species of *Quercus*. The damage caused by the insects to the acorns can reduce their germination (Oliver and Chapin, 1984; Weckerly *et al.*, 1989), or the damaged acorns can germinate if the embryo has not been damaged (Hobbs and Young, 2001; Branco *et al.*, 2002). However, a reduction of the acorn mass caused by the insects is correlated with poor development of the seedlings (Anderson, 1992; Hobbs and Young, 2001; Branco *et al.*, 2002). Therefore, because it is not possible to prevent the attack of the insects, the infested acorns should be eliminated by flotation of the lots of collected fruits (Bonner and Vozzo, 1987; Bonner, 2003).

Most of the species of acorn boring insects are Coleopterae of the genera *Curculio sp.* and *Conotrachelus sp.* (Curculionidae) and Lepidoptera of the genera *Cydia sp.*, *Melissopus sp.* and *Valentinia sp.* (Tortricidae) (Vázquez-Pardo, 1998). In the U.S., the most important pests of the oak acorns are the weevils (*Curculio spp.*) the nut worm (*Melissopus latiferranus* Walsingham), and the acorn moth (*Valentinia spp.*) (Baker, 1972; Gibson, 1972; 1982; Oliver and Chapin, 1984); however, in Mexico only the Curculionidae *Curculio occidentis* (Casey) has been reported (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995).

In the zone of Xalapa and Coatepec (Veracruz, México), the Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) has developed a reforestation program in which some of the species of *Quercus* have a major function. However, although the presence of insect larvae has been detected in the acorns collected to supply the nurseries, there is no clear knowledge of the infestation levels and of the impact the insect has on germination.

This study was made with two objectives: 1) to determine the levels and patterns of infestation by

desarrolla un programa de reforestación en el que algunas de las especies de *Quercus* tienen una función preponderante. Empero, aunque se ha detectado la presencia de larvas de insectos en las bellotas recolectadas para abastecer a los viveros, no hay un claro conocimiento de los niveles de infestación y del impacto que el insecto tiene en la germinación.

Este estudio se realizó con dos objetivos: 1) determinar los niveles y los patrones de infestación por insectos de las bellotas de una de las especies de encino más utilizada en la reforestación (*Q. candicans*) en zona de Bosque Mesófilo de Montaña; 2) evaluar el efecto del ataque de los insectos en la germinación de las semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugares de recolección

Se seleccionaron dos sitios de muestreo: 1) un remanente de Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) ubicado en el predio Plan de San Antonio; 2) el parque ecológico El Haya. Los frutos de los encinos que conforman el macizo boscoso en los dos sitios seleccionados proveen de semillas al Vivero Forestal Plan de San Antonio.

El predio Plan de San Antonio se ubica en la micro-cuenca del Río Gavilán en el municipio de Coatepec, (Veracruz), tiene una superficie de 48 ha, y participa en el programa de Pago de Servicios Ambientales (hidrológicos) de la región. En el área se localiza un remanente de aproximadamente 15 ha, prácticamente no perturbado, del BMM. Este remanente boscoso, donde hay alrededor de 500 individuos de varias especies de *Quercus*, está registrado en la Comisión Nacional Forestal como Unidad Productora de Germoplasma Forestal /07/03/005 (fuente de recolección sin manejo) desde el 31 de julio del 2003. Parte de las semillas obtenidas en el rodal semillero se usan en la producción de plantas de un vivero automatizado ubicado en el predio y el remanente es vendido a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

El parque ecológico El Haya es un área verde con 14 ha de bosque y se ubica en el Km. 1.5 de la Antigua Carretera a Coatepec en la ciudad de Xalapa (Veracruz). En el rodal semillero de Plan de San Antonio los árboles de *Q. candicans* se localizan a una distancia de 20 a 100 m del sendero que atraviesa el terreno. La distancia entre los árboles muestreados es aproximadamente 40 m. En el parque El Haya, los árboles están en el borde de los senderos distanciados entre sí por aproximadamente 20 m.

Dado que los *Quercus* son plantas veceras (presentan años con baja o nula producción de frutos), las recolecciones se

insectos de las bellotas de una de las especies de encino más utilizadas en la reforestación (*Q. candicans*) en zona de Bosque Mesófilo de Montaña; 2) evaluar el efecto del ataque de los insectos en la germinación.

MATERIALS AND METHODS

Collection sites

Two sampling sites were selected: 1) a remnant of the Mountain Mesophyl Forest (MMF) located in the Plan de San Antonio lot; 2) the ecological park El Haya. The fruits of the oaks that comprise the forest mass in the two sites selected provide seeds to the Forestal Plan Nursery of San Antonio.

The Plan de San Antonio lot is located in the micro-watershed of the Gavilán River in the municipality of Coatepec (Veracruz), has a surface of 48 ha, and participates in the program of Pago de Servicios Ambientales (hydrological) of the region. A practically undisturbed remnant of approximately 15 ha is located in the area, of the BMM. This forest remnant, where there are approximately 500 individuals of various species of *Quercus*, is registered in the Comisión Nacional Forestal as Forest Germplasm Production Unit /07/03/005 (unmanaged collection source) since July 31 of 2003. Part of the seeds obtained in the seed stand is used in the production of plants of an automatized nursery located in the plot and the remnant is sold to the Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

The ecological park El Haya is a green area with 14 ha of forest and is located in Km. 1.5 of the Old Highway to Coatepec in the city of Xalapa (Veracruz). In the seed stand of Plan de San Antonio the trees of *Q. candicans* are located at a distance of 20 to 100 m from the path that crosses the lot. The distance between the sampled trees is approximately 40 m. In the park El Haya, the trees are on the edge of the paths with a distance of approximately 20 m between trees.

Given that the *Quercus* exhibit seed masting (intermittent production of large seed crops by a population of plants), the collections were made in a year of high fruit production, from August to November of 2007.

Degree of infestation of the acorns

This study was made in the seed stand of the plot Plan de San Antonio. Four trees were selected from 15 to 30 m height and a DBH (diameter at breast height) of 35 to 91 cm. These trees are dominant and present an abundant production of fruits in the years of fructification, thus they have been selected as reproducers by the nursery technicians.

realizaron en un año de alta producción de frutos, de agosto a noviembre del 2007.

Grado de infestación de las bellotas

Este estudio se realizó en el rodal semillero del predio Plan de San Antonio. Se seleccionaron cuatro árboles de 15 a 30 m de altura y un DAP (diámetro a la altura del pecho) de 35 a 91 cm. Estos árboles son dominantes y presentan una producción abundante de frutos en los años de fructificación, por la cual han sido seleccionados como reproductores por los técnicos del vivero.

La recolección de frutos se realizó usando dos trampas para frutos por árbol. Las trampas consistieron en trozos de tela blanca de 3×1 m sostenidas de las esquinas por postes de madera de 1.5 m de altura. El par de trampas, paradas a 1 m una de otra, se colocaron bajo la copa de los árboles, a una distancia de 2.5 m del tronco del árbol y siguiendo el contorno de la copa.

Cada semana, durante seis semanas consecutivas, las bellotas se recolectaron y se contabilizaron. En el pico de fructificación se tomó una muestra al azar de 100 bellotas (máximo) de cada uno de los cuatro árboles seleccionados. Sin embargo, hacia el final de la temporada de fructificación, el número de bellotas recolectadas fue menor de 100 y la muestra, en estos casos, correspondió al total de los frutos contenidos en la trampa. Las bellotas se llevaron al laboratorio donde se midieron longitudinalmente con un vernier digital (Carrera®), para determinar si hay relación entre el tamaño de las bellotas y el grado de infestación. Las bellotas se clasificaron de la siguiente manera: 1) germinadas no infestadas (GNI); 2) no germinadas no infestadas (NGNI); 3) germinadas infestadas (IG); 4) no germinadas infestadas (ING). Consecutivamente, cada una de las bellotas se colocó individualmente en recipientes de plástico de 30 mL con vermiculita húmeda. Las bellotas fueron observadas hasta el momento de la germinación (aproximadamente un mes). Se determinó el número de bellotas germinadas, el número de bellotas infestadas y el orden de la larva de insecto emergido.

Prueba de germinación

De tres lotes de semillas destinadas para la producción de la plántula en el vivero de San Antonio y recolectadas *in situ*, se tomaron dos muestras de 1 L cada una (n=6). Se determinó el número de bellotas por litro y la proporción de bellotas infestadas por insectos (con base en la presencia de agujeros en el pericarpio). Las bellotas, separadas en dos categorías (infestadas y no infestadas) se sembraron en tubetes de plástico negro (310 mL de capacidad; desinfectados por inmersión en alcohol al 90 % por 5 min). El sustrato fue una mezcla de composta, suelo vegetal

The fruit collection was made using two traps for fruits per tree. The traps consisted of pieces of white cloth measuring 3 × 1 m sustained at the corners from wooden posts of 1.5 m height. The pair of traps, at 1 m distance from each other, was placed under the crown of the trees, at a distance of 2.5 m from the tree trunk and following the contour of the crown.

Every week, during six consecutive weeks, the acorns were collected and counted. At the height of fructification a random sample was taken of 100 acorns (maximum) of each one of the four trees selected. However, towards the end of the fructification season, the number of collected acorns was less than 100 and the sample, in these cases, corresponded to the total of the fruits contained in the trap. The acorns were taken to the laboratory where they were measured by length with a digital vernier (Carrera®), to determine if there is a relationship between the size of the acorns and the degree of infestation. The acorns were classified as follows: 1) non- infested germinated acorns (GNI); 2) non-germinated non-infested (NGNI); 3) infested germinated acorns (IG); 4) infested non-germinated acorns (ing). Consecutively, each one of the acorns was individually placed in plastic containers of 30 mL with moist vermiculite. The acorns were observed until the moment of germination (approximately one month). The number of germinated acorns was determined, along with the number of infested acorns and the order of the larva of the emerged insect.

Germination test

Of three lots of seeds destined for seedling production in the San Antonio nursery and collected *in situ*, two samples were taken of 1 L each (n=6). The number of acorns per liter was determined and the proportion of acorns infested with insects (based on the presence of perforations in the pericarp). The acorns, separated into two categories (infested and non-infested) were sown in black plastic tubes (310 mL capacity, disinfested by immersion in alcohol at 90 % for 5 min). The substrate was a mixture of compost, vegetable soil and ground tepezil (white porous stone of volcanic origin) in a 4:4:2 ratio. The tubes were placed in containers with capacity for 54 tubes each one. Two containers were used per category of acorn per lot (3 lots × 2 acorn categories × 2 containers × 54 tubes (total 648 acorns, 216 acorns per lot, 324 of each category, i.e., infested or non-infested). After 40 d the number of germinated seeds was determined in each category.

X- ray test

In the ecological park El Haya 800 acorns were collected directly from the soil (200 acorns per tree). In this sampling site,

y tepezil molido (piedra porosa blanca de origen volcánico) en proporción 4:4:2. Los tubetes se colocaron en contenedores con capacidad para 54 tubetes cada uno. Se usaron dos contenedores por categoría de bellota por lote (3 lotes \times 2 categorías de bellotas \times 2 contenedores \times 54 tubetes (total 648 bellotas, 216 bellotas por lote, 324 de cada categoría, i.e., infestadas y no infestadas). Después de 40 d se determinó el número de semillas germinadas en cada categoría.

Prueba de rayos-X

En el parque ecológico El Haya se recolectaron 800 bellotas directamente del suelo (200 bellotas por árbol). En este sitio de muestreo, no se pudieron colocar trampas para frutos ya que es un parque público. Se seleccionaron las bellotas que no presentaban daño aparente causado por los insectos y con un aspecto fresco. Los agujeros en la bellotas podrían indicar que, en la mayoría de los casos, las larvas habrían abandonado el fruto; las bellotas café oscuro y la turgencia del pericarpio son indicadores de que la bellota había caído del árbol recientemente. Las bellotas se llevaron al Laboratorio de Semillas de la Gerencia Regional de CONAFOR 1 d después de la recolecta. Se usó una máquina de rayos-X Faxitron (MX-20, Faxitron X-ray Corporation, Wheeling, IL, USA), calibrada a 190 s y 28 kv de potencia (kVp) para radiografiar (Goodman *et al.*, 2005) 100 grupos de cinco bellotas cada uno. Todas las bellotas que mostraban daño visible en su interior (Figura 1) se colocaron individualmente en recipientes de plástico y se cubrieron con vermiculita húmeda para esperar el desarrollo y la emergencia de las larvas de los insectos. Las larvas emergidas se separaron por el orden al que pertenecían (Coleoptera o Lepidoptera) y se colocaron en recipientes plásticos (1 L de capacidad) en una mezcla de suelo y vermiculita húmeda (50:50) como medio de pupación. Estos recipientes fueron revisados cada semana para ver el estado de desarrollo de los insectos.

Después de un mes de observación, se abrieron todas las bellotas de las que no emergieron larvas para determinar la presencia de insectos inmaduros muertos.

Análisis de datos

Los datos de tamaño de las bellotas de las cuatro categorías de germinación e infestación (GNI, NGNI, IG, y ING) se analizaron usando un ANDEVA de una vía (Zar, 1984). Dada la relevancia del tamaño de las bellotas en la germinación y desarrollo de las plántulas, el número total de bellotas infestadas (I) se consideró como un quinto grupo.

El porcentaje de germinación entre las bellotas infestadas y las no infestadas de los lotes de recolecta para la siembra en el vivero

no fruit traps could be placed, given that it is a public park. The acorns with no apparent damage from the insects and with fresh appearance were collected. The perforations in the acorns could indicate that, in most cases, the larvae had abandoned the fruit; the dark brown acorns and the turgor of the pericarp are indicators that the acorn had fallen recently from the tree. The acorns were taken to the Seed Laboratory of the Regional Management of CONAFOR 1 d after collection. A Faxitron X-ray machine was used (MX-20, Faxitron X-ray Corporation, Wheeling, IL, USA), calibrated to 190 s and 28 kv power (kVp) to x-ray (Goodman *et al.*, 2005) 100 groups of five acorns each were X-rayed. All of the acorns that showed visible damage in their interior (Figure 1) were placed individually in plastic containers and covered with wet vermiculite to wait the development and emergence of the insect larvae. The emerged larvae were separated according to the order to which they belonged (Coleoptera or Lepidoptera) and were placed in plastic containers (1 L capacity) in a mixture of soil and wet vermiculite (50:50) as pupation medium. These recipients were checked each week to see the development stage of the insects.

After one month of observation, all of the acorns from which larvae had not emerged were opened to determine the presence of dead immature insects.

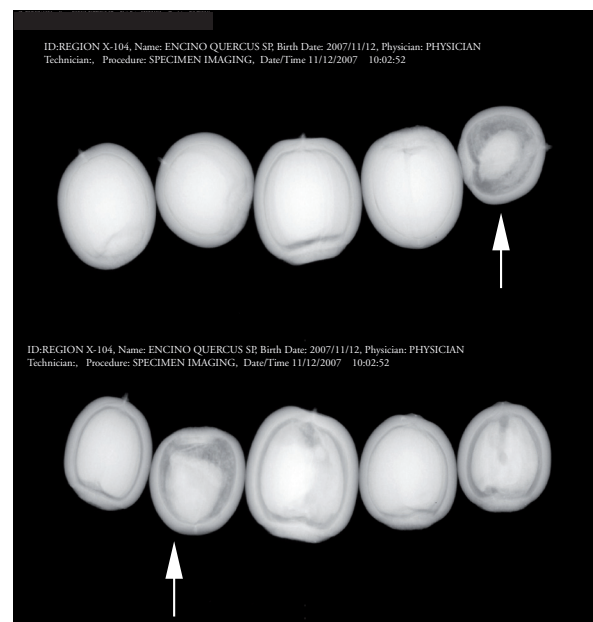


Figura 1. Bellotas de *Quercus candicans* vistas con rayos-x. Las flechas señalan las bellotas donde se observa daño por insectos.

Figure 1. Acorns of *Quercus candicans* seen with X-rays. Arrows indicate the acorns where insect damage is observed.

Plan de San Antonio, se analizó con la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Zar, 1984).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recolecta en campo

Se recolectaron 3245 bellotas de las ocho trampas, y se pusieron a germinar 2172 bellotas. Previa a la prueba de germinación se midieron longitudinalmente 1737 bellotas y se marcaron para su identificación. De las 2172 bellotas 42 % (923) germinaron y 7 % (154) resultaron infestadas por insectos. Se encontraron principalmente larvas de coleópteros (curculiónidos), y sólo emergieron cuatro larvas de lepidópteros de un número similar de bellotas (una larva/bellota). El 35 % de la bellotas (769) no infestadas por insectos germinaron, lo cual indica que el ataque de los insectos afecta efectivamente un 2.5 % de la población de bellotas con potencial para germinar.

Al comparar la longitud de las bellotas infestadas con el de las bellotas no infestadas y germinadas, se observó que los frutos infestados fueron significativamente más grandes que los frutos no infestados ($F_{4,1255}=12.3$; $p \leq 0.0001$) (Figura 2). Esto indica que los insectos prefieren depositar sus huevos en las bellotas de mayor tamaño. La selección de hospederos que facilitan mayor disponibilidad de recursos a las crías es el principal cuidado materno que presentan los insectos que depositan sus huevos en recursos discretos (Díaz-Fleischer y Aluja 2003; Bergström *et al.*, 2006). Es decir, al depredar las bellotas más grandes, el impacto que tienen los insectos sobre el potencial reproductivo de la planta parece ser más cualitativo que cuantitativo, ya que las bellotas más grandes poseen mayor potencial de germinación y sus plántulas se desarrollan más vigorosas y más rápidamente (Bonfil, 1998; Hobbs y Young, 2001; Branco *et al.*, 2002).

Prueba de germinación

Se observaron diferencias significativas ($Z=2.2$; $p=0.03$) con respecto a la germinación, ya que germinó 53.20 % de las 324 semillas sanas, mientras que en las semillas con daño visible (324 semillas) sólo germinó un 9.29 %. Estos resultados corroboran que el ataque de los insectos afecta de manera importante la germinación de las bellotas y coinciden con otros

Data analysis

The data of size of the acorns of the four categories of germination and infestation (GNI, NGNI, IG, and ING) were analyzed using a one way ANOVA (Zar, 1984). Given the relevance of the size of the acorns in the germination and development of the seedlings, the total number of infested acorns (1) was considered as a fifth group.

The percentage of germination among the infested and non-infested acorns of the lots collected for planting in the Plan de San Antonio nursery was analyzed with the Wilcoxon non-parametric test (Zar, 1984).

RESULTS AND DISCUSSION

Field collection

A total of 3245 acorns were collected from the eight traps, and 2172 acorns were made to germinate. Prior to the germination test 1737 acorns were measured longitudinally and were marked for identification. Of the 2172 acorns 42 % (923) germinated and 7 % (154) were infested by insects.

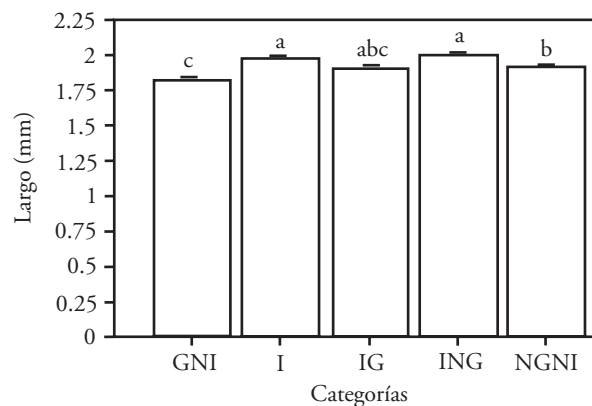


Figura 2. Largo promedio (\pm EE) de las bellotas de *Quercus candicans* según las categorías siguientes: GNI = germinadas no infestadas; I = infestadas totales; IG= infestadas germinadas; ING = infestadas no germinadas; NGNI = no germinadas no infestadas. Barras con letras diferentes indican diferencias significativas con un límite de confianza de 0.05 (prueba de Fisher-PLSD).

Figure 2. Average length (\pm EE) of the acorns of *Quercus candicans* according to the following categories: GNI = germinated non-infested; I = totally infested; IG = infested germinated; ING = infested non-germinated; NGNI = non-germinated non-infested. Bars with different letters indicate significant differences with a confidence limit of 0.05 (test of Fisher-PLSD).

estudios en que no germinó poco más de 70 % de los frutos infestados por insectos (Hobbs y Young, 2001; Csóka y Hirka, 2006).

En el presente trabajo no se midió el efecto que ocasiona el ataque de los insectos en el desarrollo de las plántulas. Sin embargo, el desarrollo y la resistencia al ataque de enfermedades son reducidos en plantas de bellotas dañadas por insectos (Hobbs y Young, 2001; Fukumoto y Kajimura, 2005; Csóka y Hirka, 2006). El efecto negativo de la depredación de semillas en etapa de predisposición puede ser aún mayor, ya que las primeras hojas de las plántulas germinadas de bellotas atacadas por insectos presentan menor actividad fotosintética que las germinadas de bellotas sanas, lo que causa un retraso en el desarrollo y el vigor de las plantas (Yi y Zhang, 2008).

Prueba de rayos-X

De las 500 bellotas expuestas a los rayos-x 108 (21.6 %) presentaron daños internos por larvas de insectos. En 34 de las 108 bellotas se encontraron larvas de coleóptero, en otras 39 bellotas se encontraron larvas de lepidópteros y de las 35 restantes no emergió larva alguna.

Es interesante notar que el nivel de infestación de la bellotas recolectadas en el parque ecológico El Haya fue muy alto (21.6 %). Las larvas de lepidópteros representaron 36.1 % de la infestación y las larvas de curculionidos 31.5 % (Figura 3). El porcentaje de ataque a las bellotas de uno u otro insecto puede ser variable y estar influido por las condiciones micro-ambientales. Por ejemplo, en *Q. agrifolia*, de todas bellotas infestadas por insectos, los curculiónidos representaron 70 %, y 30 % para los lepidópteros. Según Lewis (1991), la mayor proporción de bellotas atacadas se encuentran en la zona sombreada de la copa de los árboles, y esto se debería a que las hembras podrían detectar cambios en la temperatura dependiendo de la orientación del árbol, y así asegurar una mayor supervivencia de las crías. Este resultado puede indicar, que las condiciones en que se encuentran los hospederos, afectan el comportamiento de búsqueda y selección de hospederos de los insectos. En algunas especies de palomillas, como *Pieris rapae*, las hembras prefieren hospederos aislados o localizados en los bordes de plantaciones mientras que otras favorecen a hospederos agrupados (Cromartie, 1975; Hern et

Mainly larvae of Coleopterae (Curculionidae) were found, and only four larvae of Lepidoptera emerged from a similar number of acorns (one larvae/acorn). A 35 % of the acorns (769) not infested by insects germinated, which indicates that the attack of the insects effectively affects 2.5% of the acorn population with germination potential.

Comparing the size (length) of the infested acorns with that of the non-infested and germinated acorns, it was observed that the infested fruits were significantly larger than the non-infested fruits ($F_{4,1255} = 12.3$; $p \leq 0.0001$) (Figure 2). This indicates that the insects prefer to deposit their eggs in the larger acorns. The selection of hosts that facilitate higher availability of resources to the offspring is the principal maternal care presented by the insects that deposit their eggs in discrete resources (Díaz-Fleischer and Aluja, 2003; Bergström *et al.*, 2006). That is, while degrading the largest acorns, the impact that the insects have on the reproductive potential of the plant seems to be more qualitative than quantitative, given that the largest acorns possess greater germination potential and their seedlings develop more vigorously and more rapidly (Bonfil, 1998; Hobbs and Young, 2001; Branco *et al.*, 2002).

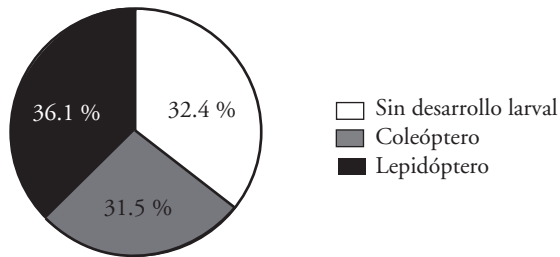
Germination test

Significant differences were observed ($Z=2.2$; $p=0.03$) with respect to germination, given that 53.20 % of the 324 healthy seeds germinated, whereas in the seeds with visible damage (324 seeds) only 9.29 % germinated. These results confirm that the attack of the insects has an important effect on the germination of acorns and coincides with other studies in that slightly more than 70 % of the fruits infested with insects did not germinate (Hobbs and Young, 2001; Csóka and Hirka, 2006).

In the present study the effect caused by the attack of the insects on seedling development was not measured. However, the development and the resistance to the attack of diseases are reduced in plants of acorns damaged by insects (Hobbs and Young, 2001; Fukumoto and Kajimura, 2005; Csóka and Hirka, 2006). The negative effect of seed predation in the predisposal stage may be even greater, given that the first leaves of the germinated seedlings of the acorns attacked by insects present lower photosynthetic activity than those germinated

A

Proporción de larvas desarrolladas en las bellotas



B



Figura 3. A) Proporción de bellotas infestadas de acuerdo al tipo de insecto emergido; B) larva de lepidóptero (l) y larva de curculionido (c) obtenidos de las bellotas de *Quercus candicans*.

Figure 3. Proportion of infested acorns according to the type of insect emerged; B) larva of Lepidoptera (l) and larva of Curculionidae (c) obtained from the acorns of *Quercus candicans*.

al., 1996). Dado que los árboles del parque El Haya están próximos a los senderos, se genera un efecto de borde que podría facilitar su localización a los insectos depredadores de semillas predispersión. En contraste, en un hábitat complejo, como una zona boscosa, las plantas hospederas se mezclan con plantas no hospederas reduciendo la probabilidad de que el insecto encuentre su hospedero (Cromartie, 1975; Hern *et al.*, 1996). En estos sistemas predominan los insectos con estrategias que les permitan mantener poblaciones altas ante un recurso tan variable en su disponibilidad como los frutos de las plantas veceras (Cain, 1985; Menu *et al.*, 2000).

La presencia de larvas de lepidópteros en las bellotas es un resultado relevante del presente estudio ya que no hay reportes en México del ataque de estos insectos a los *Quercus* (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995). Desafortunadamente, los insectos no puparon ni

from healthy acorns, which causes a delay in plant development and vigor (Yi and Zhang, 2008).

X-ray test

Of the 500 acorns exposed to the X-rays, 108 (21.6 %) presented internal damage from insect larvae. In 34 of the 108 acorns, larvae of Coleoptera were found, in another 39 acorns larvae of Lepidoptera and of the remaining 35, no larvae emerged.

It is interesting to note that the infestation level of the acorns collected in the ecological park El Haya was very high (21.6 %). The larvae of Lepidoptera represented 36.1 % of the infestation and the larvae of Curculionidae 31.5% (Figure 3). The percentage of attack of the acorns from one insect or another can be variable and is influenced by the micro-environmental conditions. For example, in *Q. agrifolia*, of all the acorns infested by insects, the Curculionidae represented 70 %, and 30 % for the Lepidoptera. According to Lewis (1991), the highest proportion of attacked acorns is found in the zone under shade of the tree crowns, and this would be due to the fact that the females could detect changes in the temperature depending on the orientation of the tree, and thus insure a higher survival of the offspring. This result may indicate that the conditions in which the hosts are found affect the behavior of the search and selection of hosts for the insects. In some species of moths, such as *Pieris rapae*, the females prefer hosts that are isolated or located on the edges of plantations, while others favor hosts that are grouped (Cromartie, 1975; Hern *et al.*, 1996). Since the trees of la Haya park are close to paths, a border effect is generated which could facilitate being located by predator insects of pre-dispersal seeds. By contrast, in a complex habitat such as a forest area, host plants will mix with non host plants and will reduce the probability for the insect to find its host (Cromartie, 1975; Hern *et al.*, 1996). In these systems there is predominance of insects with strategies that allow them to maintain high populations in a resource that is so variable in its availability such as the fruits of the seed masting plants (Cain, 1985; Menu *et al.*, 2000).

The presence of Lepidoptera larvae in the acorns is a relevant result of the present study, given that there are no reports in Mexico of the attack of these insects in *Quercus* (Cibrián-Tovar *et al.*, 1995). Unfortunately, the insects did not pupate nor continue their development to adulthood in the

continuaron su desarrollo hasta adultos en el medio proporcionado, lo cual impidió la identificación de las especies. En el futuro se realizarán pruebas con diferentes medios de pupación para obtener el más adecuado (Gibson, 1964), ya que los insectos del orden Lepidóptera tienen que alcanzar el estado de imago para ser identificados.

CONCLUSIONES

El ataque de insectos reduce la germinación de las bellotas del *Q. candicans* de manera importante. Las bellotas atacadas por los insectos fueron significativamente más grandes que las no atacadas, lo que podría afectar la proporción de semillas de calidad usadas en la producción de plántulas.

Comparar la infestación entre los sitios de muestreo no fue un objetivo del estudio, pero hubo gran variabilidad en los niveles de infestación y en la proporción de bellotas atacadas por uno u otro grupo (orden) de insectos entre los dos sitios. Entonces, factores ecológicos como la densidad o diversidad de la vegetación aleada a los encinos influirían en la capacidad de localización de las hembras de los insectos

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Ángel Ortiz Ceballos, a la Dra. Diana Pérez-Staples, al editor y al árbitro cuyos comentarios y sugerencia mejoraron sustancialmente el manuscrito. Gracias también al apoyo brindado por el Biol. Jesús Dorantes López, Gerente de la Región Golfo Centro de la CONAFOR por permitirnos usar el laboratorio de semillas de la institución y al Sr. Apolinar Sandoval González, técnico del laboratorio de semillas, por su asistencia en el manejo del equipo de rayos-x.

LITERATURA CITADA

Andersson, C. 1992. The effect of weevil and fungal attacks on the germination of *Quercus robur* acorns. For. Ecol. Manag. 50: 247-251.
 Baker, W.L. 1972. Eastern Forest Insects. Misc. Publ. 1175. Washington, DC. USDA Forest Service. 642 p.
 Bergström, A., N. Janz, and S. Nylin. 2006. Putting more eggs in the best basket: clutch-size regulation in the comma butterfly. Ecol. Entomol. 31: 255-260.
 Bonfil, C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). Am. J. Botany 85: 79-87.
 Bonner, F. T., 2003. Collection and care of acorns: A practical guide for seed collectors and nursery managers. <http://www.

medium provided, which impeded the identification of the species. In the future tests will be made with different pupation media in order to obtain the most adequate (Gibson, 1964), given that the insects of the order Lepidoptera have to reach the imago stage in order to be identified.

CONCLUSIONS

The attack of insects significantly reduces germination of acorns of *Q. candicans*. The acorns attacked by insects were significantly larger than those that were not attacked, which could affect the proportion of quality seeds used in seedling production.

Comparing the infestation between the sampling sites was not an objective of the study, but there was great variability in infestation levels and in the proportion of acorns attacked by one insect group (order) or another between the two sites. Therefore, ecological factors such as the density or diversity of the vegetation surrounding the oaks would influence the capacity of location of the insect females.

—End of the English version—

-----*-----

nsl.fs.fed.us/COLLECTION%20AND%20CARE%20OF%20ACORNS.pdf> Version 1.1 [Acceso en junio de 2003].

Bonner, F.T., and J.A. Vozzo. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. Gen. Tech. Rep. SO-66. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 21 p.
 Branco, M., C. Branco, H. Merouani, and M.H. Almeida. 2002. Germination success, survival and seedling vigour of *Quercus suber* acorns in relation to insect damage. For. Ecol. Manag. 166: 159-164.
 Cain, M. L. 1985. Random search by herbivorous insects: a simulation model. Ecology 66: 876-888.
 Cibrián-Tovar, D., J.T. Mendez-Montiel, R. Campos-Bolaños, H.O. Yates III, y J. Flores Lara. 1995. Insectos Forestales de México. Primera Edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo de México, México. 453 p.
 Cromartie, W. J. Jr. 1975. The effect of stand size and vegetational background on the colonization of cruciferous plants by herbivorous insects. J. Appl. Ecol. 12: 517-533.
 Csóka, G., and A. Hirka. 2006. Direct effects of carpophagous insects on the germination ability and early abscission of oak acorns. Acta Silv. Lign. Hung. 2: 57-68.
 Díaz-Fleischer, F., and M. Aluja. 2003. Clutch size in frugivorous insects as a function of host firmness: the case of the tephritid fly *Anastrepha ludens*. Ecol. Entomol. 28: 268-277.

- Fukumoto, H. and H. Kajimura. 2005. Cumulative effects of mortality factors on reproductive output in two co-occurring *Quercus* species: which mortality factors most strongly reduce reproductive potential? *Can. J. Bot.* 83:1151-1158.
- García-Mendoza, A. J., M. de J. Ordóñez, M. de J. Ordóñez Díaz, y M. Briones-Salas. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. UNAM, 605 p.
- Gibson, L.P. 1964. Biology and life history of acorn-infesting weevils of the genus *Conotrachelus* (Coleoptera: Curculionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 57: 521-526.
- Gibson, L.P. 1972. Insects that damage white oak acorns. Res. Pap. NE-220. Upper Darby, PA: US. Department of Agriculture. Northeastern Forest Experiment Station. 8 p.
- Gibson, L.P. 1982. Insects that damage red oak acorns Res. Pap. NE-492. Upper Darby, PA. US. Department of Agriculture. Northeastern Forest Experiment Station. 7 p.
- Goodman, R.C., D.F. Jacobs, and R.P. Karrfalt. 2005. Evaluating desiccation sensitivity of *Quercus rubra* acorns using X-ray image analysis. *Can. J. For. Res.* 35: 2823-2831.
- Hern, A., G. Edwards-Jones, and R. G. Mckinlay. 1996. A review of the cabbage white pre-oviposition behaviour of the small butterfly, *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). *Ann. Appl. Biol.* 128:349-371.
- Hobbs, T., and T. P. Young. 2001. Growing valley oak. *Ecol. Rest.* 19: 165-171.
- Kappelle, M. 2006. Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests. Springer Verlag. Berlin Heidelberg, Germany. 483 p.
- Lewis, V. R. 1991. The temporal and spatial distribution of filbert weevil infested acorns in an oak woodland in Marin County, California. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-126. pp: 156-160.
- Menu, F., J. P. Roebuck, and M. Viala. 2000. Bet-Hedging diapause strategies in stochastic environments. *Am. Nat.* 155: 724-734.
- Oliver, A. D., and J.B. Chapin. 1984. *Curculio fulvus* (Coleoptera: Curculionidae) and its effects on acorns of live oaks *Quercus virginiana* Miller. *Environ. Entomol.* 15: 1507-1510.
- Pedraza, R. A., and G. Williams-Linera. 2003. Evaluation of native tree species for the rehabilitation of deforested areas in a Mexican cloud forest. *New For.* 26: 83-99.
- Ramírez-Bamonde, E., L. R. Sánchez-Velásquez, and A. Andrade-Torres. 2005. Seedling survival and growth of three species of mountain cloud forest in Mexico, under different canopy treatments. *New For.* 30: 95-101.
- Vazquez-Pardo, F. M. 1998. Semillas del Género *Quercus* L.: Biología, Ecología y Manejo. Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Junta de Extremadura (Colección Monografías). Consejería de Agricultura y Comercio. Mérida, España. 234 p.
- Weckerly, F.W., D.W. Sugg, and R.D. Semlitsch. 1989. Germination success of acorns (*Quercus*): insect predation and tannins. *Can. J. For. Res.* 19: 811-815.
- Yi, X.F., and Z.B. Zhang. 2008. Influence of insect-infested cotyledons on early seedling growth of Mongolian oak, *Quercus mongolica*. *Photosynthetica* 46: 139-142.
- Zavala, Ch. F. 2001. Introducción a la Ecología de la Regeneración Natural de los Encinos. Universidad Autónoma de Chapingo. 94 p.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. 4th edn. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 794 p.