

Chemical combat of gall wasps *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar (Cynipidae) in *Quercus affinis* Scheidw.

Combate químico del agallador *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar (Cynipidae) en *Quercus affinis* Scheidw.

Uriel M. Barrera-Ruiz^{1*}; David Cibrián-Tovar²; María C. M. Llanderal-Cázares¹; Víctor D. Cibrián-Llanderal¹; Ángel Lagunes-Tejeda¹.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Instituto de Fitosanidad. Carretera México-Texcoco km 36.5. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

Email: umbr757@gmail.com Tel.: +52 1 595 106 2238 (*Corresponding author).

²Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Carretera México-Texcoco km 38.5. C. P. 56230. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

Abstract

A*ndricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar (Hymenoptera: Cynipidae) is a gall wasp from the branches (asexual reproduction) and leaves (sexual reproduction) of the *Quercus affinis* Scheidw. oak in Acaxochitlán, Hidalgo, Mexico. Severe infestations on the leaves cause a delay in growth and, given time, the death of trees with large levels of damage. This study evaluated the effectiveness of the pesticides Imidacloprid, Spirotetramat, Acephate and Abamectin when applied through foliar spray on the adult population of wasps that oviposit on the leaves, as well as on the eggs and larvae of the oak galls. Acephate prevented oviposition on the treated foliage. The least number of oak galls was found on the trees treated with Acephate; furthermore, they had no larvae. On the other hand, Spirotetramat had not been evaluated for the control of Cynipidae; alongside Imidacloprid, these pesticides were effective in reducing the survival of eggs and larvae. Spraying the pesticides Acephate (1.20 kg·ha⁻¹), Spirotetramat (0.75 L·ha⁻¹), and Imidacloprid (1.00 L·ha⁻¹) on *Q. affinis* foliage are options to be considered for the control of *A. quercuslaurinus* given their significant effects ($P = 0.05$) on the mortality of the eggs with regard to the control.

Keywords: Acephate, Spirotetramat, Imidacloprid, Abamectin, Cynipidae plague.

Resumen

A*ndricus quercuslaurinus* Melika y Pujade-Villar (Hymenoptera: Cynipidae) es una avispa agalladora de ramas (generación asexual) y hojas (generación sexual) del encino *Quercus affinis* Scheidw. en Acaxochitlán, Hidalgo, México. Las infestaciones severas en ramas causan retraso del crecimiento y, eventualmente, la mortalidad de árboles que tienen niveles altos de daño. En este trabajo se evaluó la efectividad de los insecticidas Imidacloprid, Espirotetramat, Acefato y Abamectina aplicados mediante aspersión foliar sobre la población de avispas adultas que ovipositan en las hojas, así como sobre los huevos y larvas en las agallas. El Acefato evitó la oviposición sobre el follaje tratado. El menor número de agallas se encontró en los árboles tratados con Acefato; además, no tuvieron larvas. Por otra parte, el Espirotetramat no había sido evaluado para el control de cinípidos y junto con el Imidacloprid fueron efectivos para reducir la supervivencia de huevos y larvas. La aspersión de los insecticidas Acefato (1.20 kg·ha⁻¹), Espirotetramat (0.75 L·ha⁻¹) e Imidacloprid (1.00 L·ha⁻¹) al follaje de *Q. affinis* son opciones a considerar para el control de *A. quercuslaurinus*, debido a los efectos significativos ($P = 0.05$) en la mortalidad de huevos con respecto al testigo.

Palabras clave: Acefato, Espirotetramat, Imidacloprid, Abamectina, cinípido plaga.

Introduction

Melika, Cibrián-Tovar, Cibrián-Llenderal, Tormos, and Pujade-Villar (2009) indicate that the gall wasp *Andricus quercuslaurinus* Melika & Pujade-Villar (Hymenoptera: Cynipidae) was first reported in Acaxochitlán, Hidalgo, Mexico on the branches and leaves of the *Quercus laurina* Bonpl. oak. In field tours after 2009, it was found that the main host is *Quercus affinis* Scheidw. Cibrián-Tovar et al. (2013) confirm that the insect distributes itself in the municipalities of Tenango de Doria, Metepec, Agua Blanca, and Acaxochitlán, although only in Acaxochitlán is it a significant plague. According to Valencia (2004), *Q. affinis* is distributed at 1,200 to 2,600 m in the states of Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, and Veracruz. There are areas of hybridization between *Q. affinis* and *Q. laurina* in the zones where these species overlap; Acaxochitlán adjoins this overlapping zone (González-Rodríguez, Arias, Valencia, & Oyama, 2004).

Melika et al. (2009) indicate that *A. quercuslaurinus* shows a forced alternation between sexual reproduction that causes galls on the leaves, with asexual reproduction that causes galls on the branches; the duration of which is at least 30 months. Cibrián-Tovar et al. (2013) report that the galls of this Cynipidae are found in individuals of any age and health condition. The main damage caused to the host by sexual reproduction is the deformation of the infested leaves, whereas the damage caused by asexual reproduction infestation includes a decrease in growth, branch dieback, opening of the canopy due to the dieback with effects on the capacity of water catchment, and substitution of tree species. It is important to mention that not all individuals present the same levels of infestation (Cibrián-Tovar et al., 2013).

The *A. quercuslaurinus* wasp is a plague of great significance in the municipality of Acaxochitlán, having caused the loss of more than 85 % of the population of *Q. affinis* in some particular plots. In Mexico, the severity of this plague is unique for the Cynipidae family, although in the United States exist the *Callirhytis quercusclaviger* (Ashmead) (Ashmead, 1881; Dixon, 1992) and *C. cornigera* (Osten Sacken) (Dixon, 1992; Eliason & Potter, 2000, 2001), both with similar biology and damages to the *A. quercuslaurinus*. Other examples of Cynipidae plagues are *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Anonymous, 2005), *A. breviramuli* Pujade-Villar (Pujade-Villar, Cibrián-Tovar, Barrera-Ruiz, & Melika, 2014), *Plagiotrochus amenti* Kieffer and *Disholcaspis cinerosa* (Bassett) (Melika et al., 2009). There have been some studies carried out for the control of these Cynipidae. Eliason and Potter (2000) evaluated the effect of spraying bifenthrin or chlorpyrifos at different concentrations on the canopy of *Q. palustris* Münchh. individuals during the

Introducción

Melika, Cibrián-Tovar, Cibrián-Llenderal, Tormos, y Pujade-Villar (2009) indican que la avispa agalladora *Andricus quercuslaurinus* Melika y Pujade-Villar (Hymenoptera: Cynipidae) fue reportada por primera vez en Acaxochitlán, Hidalgo, México, en ramas y hojas del encino *Quercus laurina* Bonpl. En recorridos en campo posteriores al año 2009, se encontró que el hospedante principal es *Quercus affinis* Scheidw. Cibrián-Tovar et al. (2013) afirman que el insecto se distribuye en los municipios de Tenango de Doria, Metepec, Agua Blanca y Acaxochitlán, aunque solo en este último es una plaga importante. De acuerdo con Valencia (2004), *Q. affinis* se distribuye entre los 1,200 y 2,600 m en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. Existen áreas de hibridación entre *Q. affinis* y *Q. laurina* en las zonas donde se traslapan estas especies; Acaxochitlán colinda con dicha zona de traslape (González-Rodríguez, Arias, Valencia, & Oyama, 2004).

Melika et al. (2009) indican que *A. quercuslaurinus* presenta alternancia obligada de una generación sexual que induce agallas en hojas, con una asexual que induce agallas en ramas y cuya duración es aproximadamente de 30 meses. Cibrián-Tovar et al. (2013) reportan que las agallas de este cinípido se encuentran en individuos de cualquier edad y condición de salud. El principal daño causado por la generación sexual en el hospedante es la deformación de las hojas infestadas, mientras que los daños causados por las infestaciones de la generación asexual incluyen la reducción del crecimiento, muerte descendente de ramas, apertura del dosel por la reducción de copa con efectos en la capacidad de captación de agua, y sustitución de especies arbóreas. Es importante mencionar que no todos los individuos presentan los mismos niveles de infestación (Cibrián-Tovar et al., 2013).

La avispa *A. quercuslaurinus* es una plaga de gran importancia en el municipio de Acaxochitlán, debido a que ha causado pérdida de más del 85 % de la población de *Q. affinis* en algunos predios particulares. En México, la severidad de esta plaga es única para la familia Cynipidae, aunque en Estados Unidos existen *Callirhytis quercusclaviger* (Ashmead) (Ashmead, 1881; Dixon, 1992) y *C. cornigera* (Osten Sacken) (Dixon, 1992; Eliason & Potter, 2000, 2001), ambas con biología y daños similares a los de *A. quercuslaurinus*. Otros ejemplos de cinípidos plaga son *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Anónimo, 2005), *A. breviramuli* Pujade-Villar (Pujade-Villar, Cibrián-Tovar, Barrera-Ruiz, & Melika, 2014), *Plagiotrochus amenti* Kieffer y *Disholcaspis cinerosa* (Bassett) (Melika et al., 2009). Algunos estudios para el control de estos cinípidos se han realizado; Eliason y Potter (2000) evaluaron el efecto de la aspersión de bifentrina o clorpirifos

emergence of *C. cornigera* adults on branch galls. They also evaluated the injection of concentrated solutions of Abamectin, Imidacloprid, or Bidrin to the trunk and the foliar spraying of pesticides Dimethoate, Acephate, Abamectin, or Imidacloprid against larvae in leaf galls. The spraying of the canopy reduced the number of leaves with galls and the number of galls on the leaves; the injection on the trunk caused the death of the inhabitants of the galls, although it did not reduce the number of new branch galls; foliar spraying caused high mortality of the inhabitants of the galls; in all cases there was mortality of the parasitoids. Johnson and Sloughfy (1996) found that Imidacloprid injected on the ground does not have any effect on the development of branch galls. The European and Mediterranean Plant Protection Organization mentions that infestations of the Cynipidae *D. kuriphilus* in small chestnut orchards can be reduced through the pruning and destruction of infested branches, and that persistent pesticides can be effective against females and young larvae, but with severe environmental effects (Anonymous, 2005).

Due to the havoc wreaked by *A. quercuslaurinus* on the *Q. affinis* population and to the lack of studies on chemical combat against Cynipidae in Mexico, this study was developed with the objective of evaluating the effect of the pesticides Imidacloprid, Acephate, Abamectin, and Spirotetramat on adults, eggs, and first larval stages of *A. quercuslaurinus* on *Q. affinis* leaf galls. Acephate, Imidacloprid, and Abamectin were selected based on information regarding their effect on the control of Cynipidae; Spirotetramat was chosen because it is a systemic pesticide that affects immature insects, unlike other pesticides that mainly affect adults, and also due to the fact that no information was found regarding its use in the control of Cynipidae.

Materials and methods

Field of Study

The experiment was established on the property La Victoria, Acaxochitlán, Hidalgo, located between coordinates 98° 11' 54" and 98° 11' 20" west longitude and 20° 11' 07" and 20° 10' 22" north latitude, at a height between 2,100 and 2,194 m. Acaxochitlán is adjoined to the north and the east by the state of Veracruz, to the south by the state of Veracruz and the Hidalguense municipality of Cuauhtepic de Hinojosa, and to the west by the municipalities of Cuauhtepic de Hinojosa, Tulancingo de Bravo, Metepec, and the state of Veracruz (Anonymous, 2009). The municipality of Acaxochitlán is located in the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Sierra Madre Oriental, between 1,200 to 2,800 m; it has a humid temperate climate with rain in the summer or all year round, or sub-humid with rain in the summer (Anonymous, 2009).

a diferentes concentraciones en la copa de individuos de *Q. palustris* Münchh., durante la emergencia de los adultos de *C. cornigera* de agallas de rama. También evaluaron la inyección de soluciones concentradas de Abamectina, Imidacloprid o Bidrin al tronco y la aspersión foliar de los insecticidas Dimetoato, Acefato, Abamectina o Imidacloprid contra larvas en agallas de hoja. La aspersión a la copa redujo el número de hojas con agallas y agallas en las hojas; la inyección al tronco provocó la mortalidad de los habitantes de las agallas, aunque no redujo el número de nuevas agallas de rama, y la aspersión foliar causó alta mortalidad de habitantes de las agallas; en todos los casos hubo mortalidad de parasitoides. Johnson y Sloughfy (1996) encontraron que el Imidacloprid inyectado al suelo no tiene efecto en el desarrollo de las agallas de rama. La Organización Europea y Mediterránea para la Protección de Plantas menciona que las infestaciones del cinípido *D. kuriphilus* en pequeñas huertas de castaños pueden reducirse a través de la poda y destrucción de ramas infestadas, y que los insecticidas persistentes pueden ser efectivos contra hembras y larvas jóvenes, pero con efectos ambientales severos (Anónimo, 2005).

Debido a los estragos causados por *A. quercuslaurinus* en la población de *Q. affinis* y a la ausencia de estudios para el combate químico contra cinípidos en México, el presente estudio se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de los insecticidas Imidacloprid, Acefato, Abamectina y Espirotetramat sobre los adultos, huevos y primeros instares larvales de *A. quercuslaurinus* en agallas de hoja de *Q. affinis*. El Acefato, el Imidacloprid y la Abamectina se seleccionaron con base en la información sobre su efecto en el control de cinípidos; el Espirotetramat se seleccionó porque es un insecticida sistémico que afecta a insectos inmaduros, a diferencia de otros que afectan a los adultos principalmente, y también debido a que no se encontró información referente a su uso en el control de cinípidos.

Materiales y métodos

Área de estudio

El experimento se estableció en el predio La Victoria, Acaxochitlán, Hidalgo, ubicado entre las coordenadas 98° 11' 54" y 98° 11' 20" LO, y 20° 10' 07" y 20° 10' 22" LN, a una altitud entre 2,100 y 2,194 m. Acaxochitlán colinda al Norte y al Este con el estado de Veracruz, al Sur con el estado de Veracruz y el municipio hidalguense de Cuauhtepic de Hinojosa; al Oeste con los municipios de Cuauhtepic de Hinojosa, Tulancingo de Bravo, Metepec y el estado de Veracruz (Anónimo, 2009). El municipio de Acaxochitlán se ubica en el Eje Neovolcánico y en la Sierra Madre Oriental, entre los 1,200 a 2,800 m; presenta clima templado húmedo en todo el año o subhúmedo con lluvias en verano (Anónimo, 2009).

Determination of the moment of pesticide application

The presence of new growths of *Q. affinis* was the most important factor in order to determine the date of the first pesticide application, given that the *A. quercuslaurinus* females that emerge from the branch galls oviposit in the youngest leaves found in the new growths.

On January 17, 2012, various sites of the property were inspected without detecting *Q. affinis* plants with new growths in the undergrowth or in the tree stratum. One week later, another inspection was carried out finding new growths only in the tree stratum. On these dates, branch galls were collected in order to determine the development of the individuals; the majority were in a pupa state with little pigmentation and others completely pigmented but with incomplete wing development, as well as some adult females. One part of the collected branches was placed in emergence chambers of 41.8 cm in length by 41.5 cm in width by 96 cm in height, situated in a greenhouse at the División de Ciencias Forestales (DICIFO) of the Universidad Autónoma Chapingo (UACH). The first females began to emerge on February 2, thus a new collection of plant material was carried out on February 7. Some larval chambers collected on February 7 were dissected in order to examine them; the majority of the *A. quercuslaurinus* individuals were not very active females and in a lesser quantity there were completely pigmented pupas with incomplete wing development; thus it was estimated that the in-field date of emergence would be between February 12 and 20, 2012.

Pesticide application on *Quercus affinis*

Table 1 shows the four pesticides applied and the doses: Imidacloprid, Spirotetramat, Acephate and Abamectin. The treatments were evaluated in a completely random experimental design; water was used as the control.

The pesticides were applied by foliar spraying, given that this method is simple to implement in wide expanses of forest. The experimental units were 100 m² squares with

Determinación del momento de aplicación de los insecticidas

La presencia de brotes nuevos de *Q. affinis* fue el factor más importante para determinar la fecha de la primera aplicación de insecticidas, ya que las hembras de *A. quercuslaurinus* que emergen de las agallas de rama ovipositan en las hojas más jóvenes que se encuentran en los nuevos brotes.

El 17 de enero de 2012, diversos sitios del predio se inspeccionaron sin detectar plantas de *Q. affinis* con brotes nuevos en el sotobosque ni en el estrato arbóreo. Una semana después se hizo otra inspección, encontrando brotes nuevos solo en los individuos del estrato arbóreo. En estas fechas se colectaron agallas de rama para determinar el desarrollo de los individuos; la mayoría estaba en estado de pupa con poca pigmentación y otras completamente pigmentadas pero con desarrollo alar incompleto, así como algunas hembras adultas. Una parte de las ramas colectadas se colocó en cámaras de emergencia de 41.8 cm de largo por 41.5 cm de ancho por 96 cm de altura, situadas en un invernadero de la División de Ciencias Forestales (DICIFO) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Las primeras hembras comenzaron a emerger el 02 de febrero, por lo que se realizó una nueva colecta de material vegetal el 07 del mismo mes. Algunas cámaras larvales colectadas el 07 de febrero se disecaron para examinarlas; la mayoría de los individuos de *A. quercuslaurinus* eran hembras poco activas y en menor cantidad había pupas completamente pigmentadas con desarrollo alar incompleto, por lo que se estimó que la fecha de emergencia en campo sería entre el 12 y 20 de febrero del 2012.

Aplicación de insecticidas en *Quercus affinis*

El Cuadro 1 presenta los cuatro insecticidas y dosis aplicados: Imidacloprid, Espirotetramat, Acefato y Abamectina. Los tratamientos se evaluaron en un diseño experimental completamente al azar; se usó agua como testigo.

Table 1. Pesticides and doses evaluated for the control of *Andricus quercuslaurinus* in *Quercus affinis* trees.

Cuadro 1. Insecticidas y dosis evaluadas para el control de *Andricus quercuslaurinus* en árboles de *Quercus affinis*.

Treatment/Tratamiento	Toxicological group/ Grupo toxicológico	Active ingredient (%)/ Ingrediente activo (%)	Dose/Dosificación
Imidacloprid	Neonicotinoid/Neonicotinoide	30.20	1.00 L·ha ⁻¹
Spirotetramat/Espirotetramat	Derived from tetramic acid/ Derivado del ácido tetrámico	15.30	0.75 L·ha ⁻¹
Abamectin/Abamectina	Avermectin/Avermectina	1.80	0.25 L·ha ⁻¹
Acephate/Acefato	Organophosphorus/Organofosforado	97.00	1.20 kg·ha ⁻¹
Control/Testigo	-	-	-

at least 20 m between each square, with *Q. affinis* plants of less than 2 m in height and with a good quantity of foliage. Each treatment was assigned at random to five trees with similar heights and quantities of foliage; a number from one to five was assigned at random. The first pesticide application was done on February 16, 2012, during the massive emergence of adults, oviposition, and initial development of the foliar galls in order to evaluate the effect of the pesticides on the adults and on the oviposition. The second application was carried out on March 11 of the same year in order to evaluate the effect of the pesticides on the larvae. In both cases, a motorized sprayer was used (FORZA25 TURBO®, model KP, Mexico).

Evaluation of the effect of the pesticides on *A. quercuslaurinus* in *Quercus affinis*

The foliage of the *Q. affinis* individuals previously selected was collected on March 3, 2012 in order to evaluate the first pesticide application. Subsequently, on March 27 of the same year a collection on the same individuals was carried out in order to evaluate the second application. The plant material was collected from the marked trees of each treatment. From each tree, five or more new growths were cut from at least four points alongside the external border of the canopy. The collected growths were placed in resealable plastic bags labeled with the corresponding treatment and tree number, and were maintained in refrigeration for eight days until their review.

The effect of the pesticides was evaluated with the following process. From each tree, five growths of the plant material collected were selected at random; the leaves were taken from each growth. Each leaf was checked in order to look for new eggs or galls. The eggs are mainly found inserted on the epidermis of the underside of the leaf, and thus the body of the egg is visible, whereas the galls have the appearance of light deformities when they have little development and cause a light or severe deformity of the foliar layer when they are completely developed. Each egg was checked in order to determine if it was alive or dead and if it showed signs of gall formation. The galls were dissected in order to determine the development of the individuals inside and if these were alive or dead. All the individuals found were preserved in 70 % alcohol. The evaluated variables were: number of eggs, larvae, pupas and adults, alive or dead in the different states, and galls with or without development.

Statistical analysis

The data of the evaluations were submitted to an analysis of variance and comparison of means Tukey test for each of the variables ($P = 0.05$) using the SAS program (Statistical Analysis System, 2002) for Windows 9.0.

Los insecticidas se aplicaron en aspersión foliar, debido a que este método es operativamente sencillo de implementar en extensiones amplias de bosque. Las unidades experimentales fueron cuadrados de 100 m² con al menos 20 m entre sí, con plantas de *Q. affinis* de menos de 2 m de altura y con buena cantidad de follaje. Cada tratamiento se asignó aleatoriamente en cinco árboles similares en altura y cantidad de follaje, a los que se les asignó al azar un número del uno al cinco. La primera aplicación de insecticida se hizo el 16 de febrero del 2012 durante la emergencia masiva de adultos, oviposición y desarrollo inicial de las agallas foliares, para evaluar el efecto de los insecticidas en los adultos y en la oviposición, mientras que la segunda aplicación se efectuó el 11 de marzo del mismo año, para evaluar el efecto de los insecticidas sobre las larvas. En ambos casos se utilizó una aspersora motorizada (FORZA25 TURBO®, modelo KP, México).

Evaluación del efecto de los insecticidas sobre *A. quercuslaurinus* en *Quercus affinis*

El follaje de los individuos de *Q. affinis* previamente seleccionados se colectó el 03 de marzo de 2012 para evaluar la primera aplicación de insecticida. Posteriormente, el 27 de marzo del mismo año se realizó la colecta en los mismos individuos, para evaluar la segunda aplicación. El material vegetal se colectó de los árboles marcados en cada tratamiento. De cada árbol se cortaron cinco o más brotes nuevos, al menos cuatro puntos a lo largo del borde externo de la copa. Los brotes colectados se colocaron en bolsas de plástico resellables, etiquetadas con el tratamiento y número del árbol correspondiente, y se mantuvieron en refrigeración durante ocho días hasta su revisión.

El efecto de los insecticidas se evaluó con el procedimiento siguiente: De cada árbol se seleccionaron al azar cinco brotes del material vegetal colectado, las hojas se desprendieron de cada brote. Cada hoja se revisó con la finalidad de buscar huevos o agallas. Los huevos se encuentran parcialmente insertados en la epidermis del envés de la hoja, por lo que el cuerpo del huevo es visible, mientras que las agallas tienen la apariencia de deformaciones ligeras cuando tienen poco desarrollo y provocan una deformación ligera o severa de la lámina foliar cuando están desarrolladas completamente. Cada huevo se revisó para determinar si estaba vivo o muerto y si presentaba indicios de formación de agalla. Los huevos vivos son translúcidos o de color blanco aperlado y de consistencia firme. Las agallas fueron disecadas para determinar el desarrollo de los individuos en su interior y si estaban vivos o muertos. Todos los individuos encontrados se conservaron en alcohol al 70 %. Las variables evaluadas fueron: número de huevos, larvas, pupas y adultos, vivos o muertos en los diferentes estados, y agallas con o sin desarrollo.

Results and discussion

The results are shown according to the development of the insect during the two evaluations.

Effect of the pesticides on the oviposition of *A. quercuslaurinus*

Given that the first pesticide application was done on one of the days of massive emergence, it was considered that the asexual *A. quercuslaurinus* females came into contact with the applied pesticides, which reduced the number of eggs deposited. Table 2 shows the egg averages per growth and leaves with eggs found on *Q. affinis*. The egg average per growth was less on the trees treated with Acephate; the effects with Spirotetramat and Imidacloprid were similar. In the case of Abamectin, the egg mortality was less than the control. Regarding the leaves with eggs, Acephate produced the best result, whereas with Abamectin the leaf average was the greatest, even greater than the control.

Table 2. Quantity of *Andricus quercuslaurinus* eggs found in *Quercus affinis* after the first pesticide application. Cuadro 2. Cantidad de huevos de *Andricus quercuslaurinus* encontrados en *Quercus affinis* después de la primera aplicación de insecticida.

Treatment/Tratamiento	Eggs per growth/Huevos por brote	Leaves with eggs/Hojas con huevos
Acephate/Acefato	0.00 a	0.0 a
Spirotetramat/Espirotetramat	1.68 ab	1.08 ab
Imidacloprid	1.96 ab	1.20 b
Control/Testigo	3.36 bc	1.76 bc
Abamectin/Abamectina	5.12 c	2.80 c

Averages with the same letters are not significantly different according to the Tukey test ($P = 0.05$). $n = 25$.

Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$). $n = 25$.

Effect of the pesticides on the eggs of *A. quercuslaurinus* and the formation of galls

According to Table 3, on all treatments the averages of leaves with galls and galls per growth increased between the first and second pesticide application, which could be due to the ovipositing of asexual females after the first evaluation. The results of the variable “leaves with galls” after the first application represent the population of eggs that managed to survive from oviposition until the first evaluation; the same variable on the second evaluation includes those eggs that survived the two applications and that managed to develop a gall. The least presence of galls was recorded on individuals treated with Acephate. In the treatments with Spirotetramat and Imidacloprid, a similar reduction was recorded on the quantity of galls, whereas with Abamectin the reduction was statistically similar ($P = 0.05$) to the control.

In the variable “eggs in developed galls” (Table 4), it was found that all the pesticides caused a significant mortality of the eggs with regard to the control. The lesser result

Análisis estadístico

Los datos de las evaluaciones se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey para cada una de las variables ($P = 0.05$) con el programa SAS (Statistical Analysis System, 2002) para Windows 9.0.

Resultados y discusión

Los resultados se presentan de acuerdo con el desarrollo del insecto durante las dos evaluaciones.

Efecto de los insecticidas sobre la oviposición de *A. quercuslaurinus*

Debido a que la primera aplicación de insecticida se efectuó en uno de los días de emergencia masiva, se consideró que las hembras asexuales de *A. quercuslaurinus* entraron en contacto con los insecticidas aplicados, lo que redujo el número de huevos depositados. El Cuadro 2 presenta los promedios de huevos por brote y hojas con huevo encontrados en *Q. affinis*. El

promedio de huevos por brote fue menor en los árboles tratados con Acefato, mientras que el efecto con el Spirotetramat y el Imidacloprid fue similar. En el caso de la Abamectina, la mortalidad de huevos fue menor que en el testigo. En cuanto a las hojas con huevos, el Acefato produjo el mejor resultado, mientras que con la Abamectina, el promedio de hojas fue el mayor, incluso que el testigo.

Efecto de los insecticidas sobre los huevos de *A. quercuslaurinus* y la formación de agallas

De acuerdo con el Cuadro 3, en todos los tratamientos, los promedios de hojas con agallas y agallas por brote incrementaron entre la primera y la segunda aplicación de insecticida, lo que puede deberse a oviposturas de hembras asexuales después de la primera evaluación. Los resultados de la variable “hojas con agallas”, después de la primera aplicación, representan la población de huevos que logró sobrevivir desde la oviposición hasta la primera evaluación, la misma variable en la segunda evaluación incluye a aquellos huevos que

Table 3. Leaves with galls and *Andricus quercuslaurinus* galls per growth of *Quercus affinis*, after two pesticide applications.**Cuadro 3. Hojas con agallas y agallas de *Andricus quercuslaurinus* por brote de *Quercus affinis*, después de las dos aplicaciones de insecticida.**

Treatment/ Tratamiento	Leaves with galls/ Hojas con agallas		Treatment/ Tratamiento	Galls per growth/Agallas por brote	
	Evaluation 1/ Evaluación 1	Evaluation 2/ Evaluación 2		Evaluation 1/ Evaluación 1	Evaluation 2/ Evaluación 2
Acephate/Acefato	0.0 a	0.04 a	Acephate/Acefato	0.0 a	0.04 a
Spirotetramat/ Espirotetramat	0.6 bc	1.12 a	Spirotetramat	0.76 ab	1.44 ab
Imidacloprid	1.04 bc	1.6 ab	Imidacloprid	1.16 bc	2.2 ab
Control/Testigo	1.44 c	3.36 bc	Abamectin/ Abamectina	2.28 bc	3.96 bc
Abamectin/ Abamectina	1.52 c	4.72 c	Control/Testigo	3.04 c	6.32 c

Averages with the same letters are not significantly different according to the Tukey test ($P = 0.05$). $n = 25$.

Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$). $n = 25$.

Table 4. Quantity of *Andricus quercuslaurinus* eggs on galls developed on *Quercus affinis*, after the second pesticide application.**Cuadro 4. Cantidad de huevos de *Andricus quercuslaurinus* en agallas desarrolladas en *Quercus affinis*, después de la segunda aplicación de insecticida.**

Treatment/Tratamiento	Eggs on developed galls/Huevos en agallas desarrolladas
Acephate/Acefato	0.04 a
Spirotetramat/Espirotetramat	0.84 a
Abamectin/Abamectina	1.44 a
Imidacloprid	1.44 a
Control/Testigo	3.20 b

Averages with the same letters are not significantly different according to the Tukey test ($P = 0.05$). $n = 25$.

Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$). $n = 25$.

of Abamectin on the variables “eggs per growth”, “leaves with eggs”, and “leaves with galls” is not due to a lesser effect of the pesticide, rather to the greater quantity of eggs with regard to those found on the other treatments.

Effect of the pesticides on the *A. quercuslaurinus* larvae

Table 5 shows the average of the *A. quercuslaurinus* larvae on *Q. affinis* trees. The trees treated with Acephate did not have larvae. The trees treated with the pesticides Spirotetramat and Imidacloprid had similar averages of live larvae, whereas Abamectin had the largest quantity of live larvae after the control. On the other hand, treatments in which dead larvae were found were Imidacloprid, the control and Abamectin.

By comparing the obtained results with those reported by Eliason and Potter (2000), it was found that the effect of the two applications on the reduction of the live larvae of *A. quercuslaurinus* was greater with Acephate, Spirotetramat and Imidacloprid, whereas on *C. cornigera*, Acephate, Spirotetramat and Abamectin

sobrevivieron a las dos aplicaciones y que lograron desarrollar una agalla. La menor presencia de agallas se registró en los individuos tratados con Acefato. En los tratamientos con Espirotetramat e Imidacloprid se registró una reducción similar en la cantidad de agallas, mientras que con la Abamectina, la reducción fue estadísticamente similar ($P = 0.05$) que en el testigo. En la variable “huevos en agallas desarrolladas” (Cuadro 4) se encontró que todos los insecticidas provocaron una mortalidad significativa de los huevos respecto al testigo. El resultado inferior de la Abamectina en las variables “huevos por brote”, “hojas con huevos” y “hojas con agallas” no se debe al poco efecto del insecticida, sino a la mayor cantidad de huevos respecto a la encontrada en los otros tratamientos.

Efecto de los insecticidas sobre larvas de *A. quercuslaurinus*

El Cuadro 5 muestra el promedio de larvas de *A. quercuslaurinus* en árboles de *Q. affinis*. Los árboles tratados con Acefato no tuvieron larvas. Los árboles tratados con los insecticidas Espirotetramat e

Table 5. Live and dead larvae of *Andricus quercuslaurinus* per growth of *Quercus affinis* after the second pesticide application.

Cuadro 5. Larvas vivas y muertas de *Andricus quercuslaurinus* por brote de *Quercus affinis* después de la segunda aplicación de insecticida.

Treatment/Tratamiento	Larvae/Larvas		
	Live/Vivas	Dead/Muertas	Total
Acephate/Acefato	0.00 a	0.00 a	0.00 a
Spirotetramat/Espirotetramat	0.60 ab	0.00 a	0.60 a
Imidacloprid/Imidacloprid	0.60 ab	0.16 ab	0.76 ab
Abamectin/Abamectina	1.88 bc	0.60 b	2.48 bc
Control/Testigo	3.04 c	0.12 ab	3.16 c

Averages with the same letters are not significantly different according to the Tukey test ($P = 0.05$). $n = 25$.

Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ($P = 0.05$). $n = 25$.

were the effective pesticides. Acephate prevented oviposition, whereas Spirotetramat and Imidacloprid reduced the survival rate of the larvae on the second application. From the obtained results, any of the products can be recommended as an alternative to the control of the larval stage, if applied during the first stages. It can also be assumed that the first application had a greater effect on the eggs, whereas the second had a greater effect on the larvae, with Acephate having the best control. It is important to stress that no dead eggs or larvae were found on the samples treated with Acephate.

Eliason and Potter (2000) indicate that the growth of the galls depends on the number of *C. cornigera* larvae that develop there. According to the aforementioned and with the results of this study, it could be expected that on the treated areas the reduction in the number of eggs and larvae decreases the number and size of the galls, although the reduction could be less than what is expected due to the fact that *A. quercuslaurinus* individuals can arrive from bordering areas.

Conclusions

The application of combat measures against *A. quercuslaurinus* can be carried out with systemic pesticides on sexual reproduction. The spraying of *Q. affinis* foliage with pesticides Acephate, Spirotetramat and Imidacloprid are options to be considered. Acephate prevented oviposition on the treated foliage. On the other hand, Spirotetramat had not been evaluated for the control of Cynipidae, and alongside Imidacloprid resulted to be effective in reducing the survival rate of eggs and larvae.

Imidacloprid tuvieron promedios similares de larvas vivas, mientras que la Abamectina produjo la mayor cantidad de larvas vivas después del testigo. Por otra parte, los tratamientos en los que se encontraron larvas muertas fueron el Imidacloprid, el testigo y la Abamectina.

Al comparar los resultados obtenidos con los reportados por Eliason y Potter (2000) se encontró que el efecto de las dos aplicaciones sobre la reducción de larvas vivas de *A. quercuslaurinus* fue mayor con el Acefato, el Espirotetramat y el Imidacloprid, mientras que en *C. cornigera*, el Acefato, el Imidacloprid y la Abamectina fueron los efectivos. El Acefato evitó la oviposición, mientras que el Espirotetramat y el Imidacloprid redujeron la supervivencia de las larvas en la segunda aplicación. A partir de los resultados obtenidos, se puede sugerir cualquiera de los productos como alternativa en el control de la fase larvaria, si se aplica durante los primeros instares. También se puede asumir que la primera aplicación tuvo mayor efecto en los huevos, mientras que la segunda lo tuvo en las larvas, siendo el Acefato el de mayor control. Es importante recalcar que no se encontraron huevos y larvas en las muestras de los árboles tratados con Acefato.

Eliason y Potter (2000) indican que el crecimiento de las agallas depende del número de larvas de *C. cornigera* que ahí se desarrollan. De acuerdo con lo anterior y los resultados del presente estudio, en las áreas tratadas se podría esperar que la reducción del número de huevos y larvas disminuya el número y tamaño de agallas, aunque la reducción podría ser menor que la esperada, debido a que los

Acknowledgements

To the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), to the Colegio de Posgraduados and the Departamento de Parasitología Forestal of the Division de Ciencias Forestales at the Universidad Autónoma Chapingo.

End of English version

References / Referencias

- Anónimo. (2005). Data sheets of quarantine pests: *Dryocosmus kuriphilus*. European and Mediterranean Plant Protection Organization.
- Anónimo, (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Acaxochitlán, Hidalgo*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Ashmead, W. H. (1881). On the cynipidous galls of Florida. *American Entomological Society Transactions*, 9, 24–28.
- Cibrián-Tovar, D., Álvarez-Solís, H. C., Aquino-Bolaños, I., Arriola-Pizano, G., Barrera-Ruiz, U. M., Cibrián-Llenderal, V. D., ... Sánchez-Carreón, M. C. (2013). *Sanidad forestal para la evaluación de la avispa y control de descortezadores, muérdagos y heno motita*. México: Universidad Autónoma Chapingo-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)-Gobierno del estado de Hidalgo.
- Dixon, W. N. (1992). Spined or horned galls on oaks in Florida induced by gall wasps, *Callirhytis quercusclaviger* (Ashmead) and *Callirhytis cornigera* (Osten-Sacken) (Hymenoptera: Cynipidae). USA: Florida Department of Agriculture & Consumer Services Division of Plant Industry, Entomology.
- Eliason, E. A., & Potter, D. A. (2000). Impact of whole-canopy and systemic insecticidal treatments on *Callirhytis cornigera* (Hymenoptera: Cynipidae) and associated parasitoids on Pin Oak. *Journal of Economic Entomology*, 93(1), 165–171. doi: 10.1603/0022-0493-93.1.165
- Eliason, E. A., & Potter, D. A. (2001). Spatial distribution and parasitism of leaf galls induced by *Callirhytis cornigera* (Hymenoptera: Cynipidae) on Pin Oak. *Environmental Entomology*, 30(2), 280–287. doi: 10.1603/0046-225X-30.2.280
- González-Rodríguez A., Arias D. M., Valencia S., & Oyama K. (2004). Morphological and RAPD analysis of individuos de *A. quercuslaurinus* pueden llegar de áreas aledañas.

Conclusiones

La aplicación de medidas de combate contra *A. quercuslaurinus* puede realizarse con insecticidas sistémicos sobre la generación sexual. Las aspersiones con los insecticidas Acefato, Espirotetramat e Imidacloprid al follaje de *Q. affinis* son opciones a considerar. El Acefato evitó la oviposición sobre el follaje tratado. Por otra parte, el Espirotetramat no había sido evaluado para el control de cinípidos y junto con el Imidacloprid resultaron ser efectivos para reducir la supervivencia de huevos y larvas.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al Colegio de Postgraduados y al Área de Parasitología Forestal de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo.

Fin de la versión en español

hybridization between *Quercus affinis* and *Quercus laurina* (Fagaceae), two mexican red oaks. *American Journal of Botany*, 91(3), 401–409. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/4123735>

- Johnson, M., & Sloughfy, S. (1996). Control of cynipid galls on pin oak trees with insecticides. *Arthropod Management Tests*, 21, 375–376.
- Melika, G., Cibrián-Tovar, D., Cibrián-Llenderal, V. D., Tormos, J., & Pujade-Villar, J. (2009). New species of oak gall wasp from Mexico (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) – a serious pest of *Quercus laurina* (Fagaceae). *Dugesiana*, 16(2), 67–73.
- Pujade-Villar, J., Cibrián-Tovar, D., Barrera-Ruiz, U. M., & Melika, G. (2014). *Andricus breviramuli* Pujade-Villar n. sp. (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini): New pest of oaks in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 39(1), 97–106. doi: 10.3958/059.039.0110
- Statistical Analysis System (SAS Institute). (2002). SAS/STAT 9.0 User's Guide. Cary, NC, USA: Author.
- Valencia, S. A. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 33–53.