



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

PROGRAMA DE POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

MANEJO BIO-RACIONAL DE BARRENADORES DEL FRUTO DEL NOGAL (*Carya illinoensis* Wangenh K.) Y SU EFECTO SOBRE INSECTOS BENÉFICOS ASOCIADOS

EMIGDIO MORALES OLAIS

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS


MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO


2018.


La presente tesis titulada: **Manejo bio-racional de barrenadores del fruto del nogal (*Carya illinoensis* Wangenh K.) y su efecto sobre insectos benéficos asociados**, realizada por el alumno Emigdio Morales Olais, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

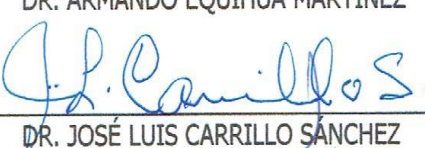
DOCTOR EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA


CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

ASESOR: 
DR. URBANO NAVA CAMBEROS

ASESOR: 
DR. ARMANDO EQUIHUA MARTÍNEZ

ASESOR: 
DR. JOSÉ LUIS CARRILLO SÁNCHEZ

ASESOR: 
DR. JESÚS GUADALUPE ARREOLA ÁVILA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Diciembre de 2018.

**MANEJO BIO-RACIONAL DE BARRENADORES DE FRUTO DEL NOGAL
(*Carya illinoensis* WANGENH K.) Y SU EFECTO SOBRE INSECTOS
BENÉFICOS ASOCIADOS
Emigdio Morales Olais**

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

Al cultivo del nogal lo afectan diferentes plagas, de las cuales destacan el gusano barrenador de la nuez (GBN) y el gusano barrenador del ruezno (GBR). En las regiones productoras de nuez pecanera en México, estos barrenadores afectan rendimiento y calidad, donde las infestaciones han alcanzado hasta un 40% por GBN y 60% por GBR. En esta investigación se presentan las fluctuaciones poblacionales, daños y parasitoides asociados de ambos barrenadores en huertas comerciales con diferentes tipos de manejo de plagas, como huertas con manejo bio-racional, convencional y sin manejo (testigo). Los resultados mostraron, en algunos de los casos, que tanto el uso de insecticidas bio-racionales, como los convencionales ejercen un control similar, aunque de manera general se observó que, por ejemplo, el insecticida bio-racional spinetoram mostró mejor efectividad en el control de ambos barrenadores; además, en la huerta con uso de insecticidas convencionales se detectaron menos parasitoides de larvas y pupas de ambos barrenadores. También, se midió la diversidad alfa, beta y gamma de los insectos benéficos, asociados a huertas de nogal con los diferentes manejos mencionados y capturados con red entomológica. La diversidad alfa mostró mayor riqueza en la huerta testigo (37 especies de entomófagos), así como en la abundancia (315 insectos benéficos); mientras que, en la huerta con uso de insecticidas convencionales, se encontró menos riqueza (22 especies) y abundancia (108 individuos). En la diversidad beta, se encontró mayor número de especies compartidas (grado de cambio o reemplazo) de las huertas con manejo bio-racional y la huerta testigo (22), que la huerta con manejo convencional (18).

Palabras clave: monitoreo, daños, spinetoram, entomófagos, diversidad.

**BIO-RATIONAL MANAGEMENT OF THE PECAN CASEBERERS ON PECAN
(*Carya illinoensis* WANGENH K.) AND ITS EFFECT ON ASSOCIATED
BENEFICIALS INSECTS**

**Emigdio Morales Olais
Colegio de Postgraduados, 2018**

ABSTRACT

The pecan nut crop is affected by different pests, of which the pecan nut casebearer (PNC) and the hickory shuckworm moth (HSW) are the most important. In the pecan producing regions of Mexico these borers affect yield and quality, where infestations have reached up to 40% for PNC and 60% for HSW. This research presents the population fluctuations, damages and associated parasitoids of both borers in commercial orchards with different types of pest management, such as orchards with bio-rational, conventional and without management (control). The results showed, in some cases, that the use of bio-rational and conventional insecticides exert similar control, although in a general way it was observed that spinetoram, considered as a bio-rational insecticide, showed better effectiveness in the control of both borers. In addition, in the orchard with the use of conventional insecticides fewer parasitoids of larvae and pupae of both borers were detected. The alpha, beta and gamma diversity index of beneficial insects associated with pecan orchards with different management were obtained. Alpha diversity showed greater richness in the control orchards (37 species of entomophagous), as well as abundance (315 beneficial insects); while in the orchard with the use of conventional insecticides such as the chlorpirifos, less richness (22 species) and abundance (108 individuals) were found. In the beta diversity, a greater number of shared species (degree of change or replacement) of the orchards with bio-rational management and the control orchard (22) was found, than the orchard with conventional management (18).

Key words: monitoring, damages, spinetoram, entomophagous, diversity.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y al Instituto de Fitosanidad por, haberme recibido para iniciar y culminar con éxito mis estudios de Doctorado en el programa de Entomología y Acarología.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por, la beca otorgada para la realización de mis estudios de Doctorado.

Al Dr. Héctor González Hernández quien fungió como mi Consejero, y siempre mostró gran responsabilidad, profesionalismo y respeto, además me brindó todas las facilidades para el cumplimiento de actividades de investigación.

A los integrantes de mi consejo particular: Dr. Armando Equihua Martínez, Dr. Urbano Nava Camberos, Dr. José Guadalupe Arreola Ávila y Dr. José Luis Carrillo Sánchez por, su valioso aporte de ideas durante el desarrollo de mi investigación y por, su colaboración en la estructura de los manuscritos.

A los profesores investigadores: Dr. Enrique Ruiz Cansino y Dra. Juana María Coronado Blanco de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (FIC-UAT), al Dr. Refugio Lomelí Flores del Colegio de Postgraduados (IFIT-CP) y Dra. Dulce Hernández Zetina por su apoyo en la corroboración y diagnóstico de insectos entomófagos.

Al Dr. José Luis Salinas Gutiérrez por, el apoyo en análisis de datos de Biodiversidad.

A los propietarios y encargados de huertas por, permitirnos realizar ésta investigación en sus predios.

DEDICATORIA

A Dios por el Don de la Vida.

A mi esposa Claudia por, haber estado a mi lado durante esta estancia, ya que su apoyo me facilitó superar todos los obstáculos.

A mis padres: Aurora (†) y José Carmen por, todas sus enseñanzas y mostrarme la mejor manera de conducirme en la vida.

A mis Herman@s: Ma. Lourdes, Ma. Caridad (†), Ma. Elida, Matilde y José Carmen, con todo mi cariño a ellos.

A mis amig@s: Tere, Maritza, Liliana, Bety, Silvia, Martha, Mary Carmen, Mariel, Eduardo, J. Luis, Raúl, Benjamín y a todos aquellos que de alguna manera hicieron menos difícil mi permanencia durante mis estudios de Postgrado.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Literatura Citada.....	4
CHAPTER 1. BIO-RATIONAL MANAGEMENT OF THE PECAN NUT CASEBEARER <i>ACROBASIS NUXVORELLA</i> NEUZING AND ITS EFFECT ON ASSOCIATED PARASITOIDS	6
1.1. Introduction.....	8
1.2. Materials and Methods.....	9
1.2.1. Study area.....	9
1.2.2. Monitoring and management of the pecan nut casebearer	10
1.2.3. Damage to fruits by PNC	11
1.2.4. Collection and processing of parasitoids.....	11
1.2.5. Statistical analysis	12
1.3. Results and Discussion.....	12
1.3.1. Monitoring of pecan nut casebearer	12
1.3.2. Damage by pecan nut casebearer	15
1.3.3. Parasitoids associated with the pecan nut casebearer	19
1.4. References Cited.....	22
CAPÍTULO 2. EL USO DE MÉTODOS BIO-RACIONALES EN MANEJO DEL GUSANO BARRENADOR DEL RUEZNO, <i>CYDIA CARYANA</i> FITCH Y SU IMPACTO EN AVISPAS PARASÍTICAS	26
2.1. Introducción.....	28
2.2. Materiales y Métodos.....	29
2.2.1. Área de estudio.....	29
2.2.2. Manejo del gusano barrenador del ruezno	30

2.2.3. Evaluación de densidades y daños por gusano barrenador del ruezno.....	30
2.2.4. Evaluación del parasitismo del gusano barrenador del ruezno e identificación de avispas parasíticas	31
2.2.5. Análisis estadístico.....	31
2.3. Resultados y Discusión.....	32
2.3.1. Densidad del gusano barrenador del ruezno.....	32
2.3.2. Daños por gusano barrenador del ruezno.....	34
2.3.3. Parasitismo del gusano barrenador del ruezno	37
2.4. Literatura Citada.....	40
CAPÍTULO 3. DIVERSIDAD DE INSECTOS ENTOMÓFAGOS EN HUERTAS DE NOGAL PECANERO CON USO DE INSECTICIDAS BIO-RACIONALES Y CONVENCIONALES	44
3.1. Introducción.....	46
3.2. Materiales y Métodos.....	47
3.2.1. Área de estudio.....	47
3.2.2. Muestreo y análisis de datos.....	47
3.3. Resultados.....	48
3.3.1. Diversidad alfa y abundancia.....	48
3.3.2. Diversidad beta.....	56
3.3.3. Diversidad gamma.....	56
3.4. Discusión.....	58
3.5. Literatura Citada.....	62
ESTRATEGIA DE MANEJO BIO-RACIONAL DE BARRENADORES DE LA NUEZ Y DEL RUEZNO.....	66
CONCLUSIONES GENERALES.....	68

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Contrast tests and significance levels in populations of <i>Acrobasis nuxvorella</i> moths under different types of management in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico	15
Cuadro 1.2. Percent of panicles damaged by first and second generation <i>Acrobasis Nuxvorella</i> under different types of management in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico	16
Cuadro 1.3. Contrast tests and significance levels of damage by first and second generation <i>Acrobasis Nuxvorella</i> under different types of management in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2016.....	17
Cuadro 1.4. Contrast tests and significance levels of damage by first and second generation <i>Acrobasis Nuxvorella</i> under different types of management in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2017.....	18
Cuadro 1.5. Parasitism of larvae and pupae of <i>Acrobasis Nuxvorella</i> , in pecan orchards under different types of management in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2016 and 2017.....	20
Cuadro 1.6. Parasitoids of <i>Acrobasis nuxvorella</i> emerging from infested fruits from pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico	21
Cuadro 2.1. Pruebas de Contrastes y Niveles de Significancia de Poblaciones de Palomillas de <i>Cydia caryana</i> con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México.....	33
Cuadro 2.2. Porcentajes de Frutos Dañados por <i>Cydia caryana</i> , con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México.....	36
Cuadro 2.3. Parasitismo de Larvas y Pupas de <i>Cydia caryana</i> , en Huertas de Nogal con Diferentes Tipos de Manejo en la Comarca Lagunera, México en 2016 y 2017.....	37

Cuadro 2.4. Géneros y Especies de Parasitoides de <i>Cydia caryana</i> , en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México.....	39
Cuadro 3.1. Diversidad de insectos entomófagos colectados en la huerta de nogal “Ejido Hormiguero” con manejo convencional con aplicación de clorpirifós etíl y cipermetrina. Comarca Lagunera. México.....	49
Cuadro 3.2. Diversidad de insectos entomófagos colectados en la huerta de nogal “Refugio” con uso de Spinetoram. Comarca Lagunera. México...	50
Cuadro 3.3. Diversidad de insectos entomófagos colectados en la huerta de nogal “P.P. Hormiguero” con uso combinado de <i>T. pretiosum</i> , methoxyfenozide y benzoato de emamectina. Comarca Lagunera. México.....	52
Cuadro 3.4. Diversidad de insectos entomófagos colectados en la huerta de nogal “FAZ-UJED” sin uso de insecticidas. Comarca Lagunera. México.....	53
Cuadro 3.5. Diversidad beta de especies compartidas de insectos entomófagos, capturados en huertas de nogal pecanero con diferentes métodos de manejo de plagas en 2016 y 2017. Comarca Lagunera, México.....	56
Cuadro 3.6. Diversidad gamma de insectos entomófagos, capturados en huertas de nogal pecanero en 2016 y 2017. Comarca Lagunera, México....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Population fluctuations in adult male <i>Acrobasis nuxvorella</i> moths under different management strategies in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2016.....	13
Figura 1.2. Population fluctuation in males of <i>Acrobasis nuxvorella</i> moths under different management strategies in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2017.....	14
Figura 2.1. Fluctuación Poblacional de Palomillas de <i>Cydia caryana</i> con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México en 2016.....	32
Figura 2.2. Fluctuación Poblacional de Palomillas de <i>Cydia caryana</i> con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México en 2017.....	34
Figura 2.3. Porcentajes de Frutos Dañados por <i>Cydia caryana</i> , con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México.....	35
Figura 3.1. Curvas de acumulación de especies de insectos entomófagos asociados a nogal con estimadores no paramétricos (Chao1, Chao2, ACE, ICE y Michaelis-Menten). Huerto con aplicaciones de clorpirifós y cipermetrina (A), spinetoram (B), uso combinado de <i>T. pretiosum</i> , methoxyfenozide y benzoato de emamectina (C), y huerto testigo (D). Comarca Lagunera, México.....	55

INTRODUCCIÓN

El nogal pecanero *Carya illinoensis* Wangenh K. Koch es un árbol diploide, pertenece a la familia Juglandaceae, el fruto es comestible, sabor agradable y con aproximadamente el 70% de grasa saludable y con 1,095 micromoles por gramo de antioxidantes. El nogal es una planta monoica que presenta el fenómeno de dicogamia en su floración, lo cual garantiza la polinización e incrementa la variabilidad genética (Thompson & Grauke 2012; Aguilar y Cuellar, 2002). Estados Unidos es el principal productor y México el segundo (Cervantes et al. 2018); los principales Estados productores de nuez son: Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Nuevo León; las cifras reportadas para México en el 2016 fueron de 114,464.17 ha plantadas, de las cuales, se cosecharon 85,512.56 ha, con una producción de 141,818 t con un valor de la producción de 9,786.3 mdp, lo que representó el 1.9% del valor total de la producción agrícola nacional (SAGARPA-SIAP 2017). En el norte del País, la superficie de nogal está creciendo cada vez más, y la agricultura requiere de nuevas tecnologías que coadyuven a una producción sustentable, una de ellas, es el manejo bio-racional de las plagas, mismas que impactan fuertemente en producción y calidad de la cosecha. Las principales plagas del nogal son: el gusano barrenador de la nuez (GBN) *Acrobasis nuxvorella* Neunzig, gusano barrenador del ruezno (GBR) *Cydia caryana* Fitch y el complejo de pulgones formado por el pulgón amarillo *Monelliopsis pecanis* Bissell, el pulgón amarillo de alas con márgenes negros *Monellia caryella* Fitch y el pulgón negro *Melanocallis caryaefoliae* Davis (Nava 1995, Aguirre et al. 1995). Otras plagas importantes son el salivazo *Clastoptera achatina* (Aguilar, 2007) y chinches manchadoras de almendra como la verde *Nezara viridula* L., chinche café *Euchistus servus* Say y chinche de patas laminadas *Leptoglossus phyllopus* L. (Dutcher y Tood, 1983 y Cottrell, et al., 2000).

El GBN se presenta de finales de abril a la segunda semana de mayo, presenta hasta 3 generaciones y este barrenador afecta de manera importante la producción. El GBN hiberna como larva parcialmente desarrollada en un capullo que se localiza

en brotes. La activación coincide con la brotación (de mediados a fines de marzo), emerge para alimentarse de las yemas y después penetra brotes por el ápice para barrenarlos, allí se transforma en pupa, aunque también ataca la corteza de ramas, lo que ocurre a mediados de abril (Harris, 1995). En la Región Lagunera, las palomillas de la generación hibernante emergen alrededor del 20 de abril (Morales *et al.*, 2005). La cópula y preoviposura dura 7 días, la incubación de huevos 4-5 días y 2 días antes de penetrar la nuez se alimenta de las yemas. La primera generación del GBN es la más importante, ya que una sola larva puede destruir varias nueces e incluso todo el racimo en un tiempo muy corto (Fu, *et al.*, 2012). El monitoreo del GBN es de suma importancia para toma de decisiones de control, ya que un control deficiente ocasiona grandes pérdidas. Puede causar daños hasta del 40% (Harris 2000, Tarango y González 2007). En la región norte de Coahuila se han reportado daños por el GBN de un 4% a un 80% (Aguilar y Cuéllar, 1998).

Por otro lado, el GBR es la plaga más dañina y difícil de combatir, tiene la característica de permanecer en el interior del ruzno, haciendo túneles, bloqueando el paso de agua y nutrientes a la almendra, afectando rendimiento y calidad. Se encuentra ampliamente distribuido en las regiones nogaleras de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Durango (Nava, 1994). Las poblaciones de este barrenador presentan un patrón bimodal con un pico poblacional en abril-mayo y otro en septiembre-octubre; sin embargo, el número de generaciones varía con las condiciones ambientales y la región. El monitoreo con la feromona sexual del GBR Hickory es la herramienta básica para manejar al gusano barrenador del ruzno, reemplazar las trampas y feromonas cada 28 días (Eikenbary, 1988). Cuando el GBR se presenta en julio provoca la caída de nuececillas; en cambio cuando lo hace en agosto y septiembre afecta el llenado y calidad de la almendra (Tarango y Nava, 1998). En las áreas nogaleras del Estado de Chihuahua el daño llega a ser de 33.7% (García *et al.* 2009), al atacar directamente a las nueces en crecimiento y durante el llenado de almendra (julio, agosto y septiembre). Por lo anterior, el gusano barrenador del ruzno es un insecto con alto potencial de daño, el cual puede variar desde 5 a 62% (Tarango y Nava, 1998).

Para controlar estos barrenadores el productor utiliza productos convencionales, aunque últimamente se han estado utilizando insecticidas bio-rationales, los cuales coadyuvan a preservar fauna benéfica en las nogaleras. Ambos barrenadores son insectos parasitados por varias especies de *Trichogramma*, las cuales son parasitoides idiobiontes de huevos de lepidópteros y son de los insectos benéficos más utilizados en el mundo, debido a que son fáciles de criar y además atacan muchos de los lepidópteros plaga que afectan a la producción agrícola (Li, 1994). El control biológico es una actividad incluida en el manejo integrado de plagas, por lo que es necesario sincronizar de manera óptima los diferentes métodos de control de plagas; también es importante considerar que existen insectos benéficos ejerciendo control biológico natural; entonces, es necesario conocer y medir las poblaciones de enemigos naturales para establecer un programa de manejo de las plagas en huertas de nogal pecanero.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar un programa de manejo bio-razional contra barrenadores del nogal y su efecto en la abundancia y distribución de los insectos benéficos asociados en huertas de nogal.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de diferentes estrategias de manejo sobre la densidad poblacional de barrenadores de la nuez y del ruezno.
- Monitoreo de daño por los barrenadores de la nuez y del ruezno mediante muestreos directos de fruto.
- Evaluación de la efectividad de insecticidas bio-rationales, convencionales y la actividad de *Trichogramma pretiosum*.
- Evaluar la actividad de parasitoides sobre barrenadores de la nuez y del ruezno.
- Monitorear insectos entomófagos en huertas de nogal con diferentes métodos de control de plagas.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, P. H. 2007. Principales plagas del nogal en el Estado de Coahuila. Publicación Especial N° 14. SEZAR-CIRNE-INIFAP. 44 p.
- Aguilar P., J. H. y E. J. Cuellar V. 1998. Evaluación de *Bacillus thuringiensis* para el control de gusano barrenador de la nuez. En: XXI Congreso Nacional de Control Biológico. Soc. Mex. De Control Biológico. P. 275-277.
- Aguilar, P. H. y E. de J. Cuellar V. 2002. El cultivo del nogal pecanero en el norte y centro de Coahuila. Libro técnico No.1. México. CEZAR-INIFAP. 160 p.
- Aguirre, A. L., E. Tucuch, and M. K. Harris. 1995. Oviposition and nut entry behavior of the pecan nut casebearer *Acrobasis nuxvorella*. Southwestern Entomologist 20: 447- 451.
- Cervantes, V. M.G., Orona C. I., Vázquez V. C., Fortiz H. M. y Espinoza A. J. J. 2018. Análisis comparativo de huertos de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en la Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9: 25-35.
- Cottrell, T. E., C. E. Yonce, and B. W. Wood. 2000. Seasonal occurrence and vertical distribution of *Euchistus servus* (Say) and *Euchistus tristigmus* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae) in pecan orchards. Journal of Entomological Science 35: 421-431.
- Dutcher, J D. and J. W. Todd. 1983. Hemiptera kernel damage of pecan. Miscellaneous publications of the Entomological Society of America 13: 1-11.
- Eikenbary, R. D. 1988. The development of the HSW in pecans. pp: 49-50. In: Proc. Texas Pecan Grow. Ass.
- Fu Castillo, A. A. M. Harris, A. A. Fontes, P. W. Verdugo, Z. 2012. Trampeo e identificación de la feromona sexual del gusano barrenador de la nuez, *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) en México. Biotecnia. 15(2): 25-30.
- García, N. G., F. J. Quiñones P., C. G. Barajas O. and N. Chávez S. 2009. Dispersal of *Trichogramma* spp. on Pecan Trees and its Susceptibility to Selective Insecticides. Southwestern Entomologist 34: 319-326.

- Harris, M. K. 1995. Manejo Integrado de plagas. pp: 30-38. *En*: Memoria del 3er Simposio Internacional Nogalero. Nogatec 1995.
- Harris, M.K. 2000. La Feromona del Gusano Barrenador de la Nuez en el MIP del Nogal. 8vo Simposio Internacional Nogalero, NOGATEC 2000. Memoria. p: 25-33.
- Li, L. Y. 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey, pp. 37-53. In E. Wajnberg and S. A. Hassan [eds.], Biological Control with Egg Parasitoids. CAB International, UK.
- Morales O. E., U. Nava C., E. Aranda H. y M. Harris K. 2005. Monitoreo de gusano barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) mediante trampas con feromonas en la región lagunera de Coahuila y Durango, México. pp: 25-32 *En*: Memorias del XIII Simposio Internacional Nogalero. ITESM Campus Laguna.
- Nava C. U. 1994. Manejo Integrado de Plagas. In Torres E, C. e I. Reyes J. (Eds.). El Nogal Pecanero. CELALA-INIFAP. Matamoros, Coah. México. p. 115-130.
- Nava, C. U. 1995. Manejo Integrado de Plagas. El Nogal Pecanero. CELALA-INIFAP, Matamoros, Coah, p.115-130.
- SAGARPA-SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx/>. (abril 2018).
- Tarango Rivero, S. H. y R. Nava A. 1998. Captura de *Cydia caryana* (Fitch) (Lepidoptera: Tortricidae) con trampas de feromona y su relación con la fenología del nogal pecanero. *Vedalia* 4: 3-7.
- Tarango Rivero, S.H., y A. González H. 2007. Fenología, muestreo y control del barrenador de la nuez en Chihuahua. Manual Técnico No. 26. INIFAP. 35 p.
- Thompson, T. E. and L. J. Grauke. 2012. 'Lipan' Pecan. *HortScience*, 47: 121-123.

CHAPTER 1. BIO-RATIONAL MANAGEMENT OF THE PECAN NUT CASEBEARER *ACROBASIS NUXVORELLA* NEUZING AND ITS EFFECT ON ASSOCIATED PARASITIDS

RESUMEN

En huertas de nogal de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México, se evaluaron durante el 2016 y 2017 los métodos bio-rationales con tricograma, methoxyfenozide, spinetoram y convencionales como el clorpirifós etíl, para controlar al gusano barrenador de la nuez. Se utilizó *Trichogramma pretiosum* en combinación con methoxyfenozide, spinetoram, clorpirifós etíl y un testigo absoluto. Para ambos ciclos, el monitoreo de palomillas se realizó de abril a junio con trampas y feromona. Los muestreos para estimar los daños en racimos, para la primera y segunda generación, fueron en mayo y julio, respectivamente; el tamaño de muestra fue de 310 racimos en 31 árboles, seleccionados al azar (10 racimos/árbol). Los datos de palomillas se analizaron mediante regresión de Poisson con modelos mixtos; mientras que, los datos de daño, se aplicó regresión logística. Para la comparación de tipos de manejo entre localidades, se aplicó prueba de contrastes. En ambos años hubo efectos significativos de los tipos de manejo sobre la densidad poblacional del barrenador de la nuez. En el 2016 solo se detectó significancia en daños de la segunda generación, entre huertos con methoxyfenozide vs huertos con spinetoram, en cambio, en el 2017 todos los tipos de manejo resultaron estadísticamente iguales entre sí. De manera general, el spinetoram ejerció mejor control de este barrenador. Los niveles de parasitismo en el 2016 fue de 7.7% para el testigo y de 2.7% con uso de spinetoram; mientras que, en el 2017, en el testigo se detectó parasitismo del 6.6% y en la huerta con uso de control biológico y methoxyfenozide fue del 2.0%. Los parasitoides más abundantes fueron *Apanteles epinotiae* (45.4%) y *Goniozus nephantidis* (31.8%). El parasitoide *Macrocentrus instabilis* constituye nuevo registro para el estado de Durango, México.

Palabras clave: barrenador, daño, monitoreo, parasitoides.

ABSTRACT

Bio-rational methods (*Trichogramma*, methoxyfenozide, and spinetoram) conventional control (chlorpyrifos ethyl), and no control actions (absolute control) against the pecan nut casebearer- *Acrobasis nuxvorella* Neuzing- were used in pecan nut orchards in the Comarca Lagunera region of Coahuila and Durango, Mexico during the 2016 and 2017 growing seasons. We evaluated the effects of these different management strategies on the abundance of *A. nuxvorella* and damage they caused to nut panicles, as well as the abundance, diversity, and rate of parasitism in parasitoids of *A. nuxvorella*. For both seasons, monitoring of *A. nuxvorella* was carried out from April through June using sexual pheromone traps. A sample of 310 panicles from 31 randomly selected trees (10 panicles/tree) was taken to estimate damage by the first (May) and second (July) generations of *A. nuxvorella* in each year. The effect of management type on moth population and percent damage to panicles were analyzed using mixed models (Poisson and logistic regression, respectively), and contrast tests were used to compare treatments directly. In both 2016 and 2017 there was a significant effect of management type on moth population density. In the contrast tests in 2016, significant differences in damage were detected only in the second generation, between the orchards treated with methoxyfenozide compared to those treated with spinetoram. In contrast, in 2017 all management types were statistically similar. In general, spinetoram was most effective in controlling this borer. Levels of parasitism in 2016 in larvae and pupae was 7.7% for the control treatment and 2.7% in larvae using spinetoram. In 2017, in the control (no treatment), there was 6.6% parasitism in larvae, and in the orchard that used *Trichogramma* and methoxyfenozide was 2.0% of larvae. The most abundant parasitoids were *Apanteles epinotiae* (45.4%) and *Goniozus nephantidis* (31.8%). The parasitoid species *Macrocentrus instabilis* constitutes a new record for the state of Durango, Mexico.

Key words: casebearer, damage, monitoring, parasitoids.

1.1. INTRODUCTION

The pecan, *Carya illinoensis* (Wangenh K. Koch) is native to North America, mainly from southern Texas through northern Mexico (Gray 1973, Thompson & Grauke 2012), and it is one of the most economically important deciduous fruit trees in that region. In Mexico, according to the Food, Agricultura and Fisheries Information Service (SIAP; *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*), 114,464.17 ha are planted with pecan, of which 85,512.56 ha were harvested, with a production of 141,818 tons and a value of 9,786.3 million Mexican pesos, representing 1.9% of value of the total national agricultural production (SAGARPA-SIAP 2017). Pecan production in Mexico is concentrated mainly in Chihuahua, which contributes 64.9% of the national production, followed by Sonora with 12.9%, Coahuila with 10.2%, Durango with 6.3% and Nuevo León with 2.2% (SAGARPA-SIAP 2017). Pecan production in Mexico is affected by several different factors, among the most important of which are pests such as the pecan nut casebearer *Acrobasis nuxvorella* Neunzig, the hickory shuckworm moth *Cydia caryana* Fitch, and the complex of aphids consisting of the yellow pecan aphid *Monelliopsis pecanis* Bissell, the blackmargined aphid *Monellia caryella* Fitch and the black pecan aphid *Melanocallis caryaefoliae* Davis (Nava Camberos and Ramírez 2002, Aguirre et al. 1995). Other important pests include the pecan spittlebug *Clastoptera achatina* Germar (Aguilar 2007), the stinkbugs *Nezara viridula* L., *Euschistus servus* Say, *Chlorochroa ligata* Say, *Brochymena* spp., and the leaf-footed bug *Leptoglossus zonatus* Dallas (Dutcher and Tood 1983, Cottrell et al. 2000). The pecan nut casebearer (PNC) is one of the main pests of pecan and is widely distributed in the northern and southern United States (Harris et al. 1998, Fu Castillo et al. 2013). PNC generally have two generations per growing season, and the first generation is usually the most important, since a single larva can destroy several pecan nuts, or even the whole panicle, in a short time (Fu Castillo et al. 2013). In orchards where there is insufficient or no PNC control, this can cause upwards of 40% damage in each panicle (Aguilar 2007, Tarango Rivero and González 2007).

Several insecticides from different toxicological groups are used to control PNC, which can affect beneficial fauna, lead to pest resistance, and contaminate the environment (Symondson et al. 2002). New products, such as spinosines (Crouse et al. 2007), have been developed which have low toxicity to mammals, low residuality in the environment, and a different mode of action in nicotinoid receptors than neonicotinoids (Dripps et al. 2008) and insect growth regulator insecticides (Quiñones Pando et al. 2009). This makes them potentially viable and effective products for the control of PNC while mitigating environmental impacts of pest control. The natural enemies of PNC are mainly parasitoids of the orders Hymenoptera and Diptera, which have been found in the pecan-growing regions of the United States and Mexico (Gunasena and Harris 1988, Torres-Delgado et al. 2018). The objectives of this study were to evaluate the effectiveness of bio-rational and conventional insecticides and *Trichogramma pretiosum* to control PNC, and to evaluate natural parasitism of larvae and pupae of the PNC in orchards under these different control methods.

1.2. MATERIALS AND METHODS

1.2.1. Study area

Field work was carried out during the 2016 and 2017 growing seasons in four commercial pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Coahuila and Durango. The “P.P. Hormiguero” orchard, in Matamoros, Coahuila (25°41'19.0"N, 103°20'1.5"O) used bio-rational management; the “Ejido Hormiguero” orchard in Matamoros, Coahuila (25°41'5.0"N, 103° 20' 44.0"O) used conventional management; the “El Refugio” orchard in Gómez Palacio, Durango (25°35'27.8"N, 103° 31' 20.0"O) used bio-rational management, and the “FAZ-UJED” orchard in Gómez Palacio, Durango (25°46'82.0"N, 103° 21' 35.0"O) was used as an absolute control (no treatment for PNC control). The orchards belongs to cooperative producers, then pest management strategy depended on the practices used by each producer.

1.2.2. Monitoring and management of the pecan nut casebearer

To quantify the number of adult male PNC (moths) in each orchard and monitor the timing of their emergence, four BioTrap Delta sticky traps with synthetic sexual pheromone PNCB-M Trece 3244 were placed in each orchard. The traps were located 30 m inside each of the corners of a 4 ha study area within each orchard. PNC adults begin emerging as early as the second week of April (Nava Camberos et al. 2008, Fu Castillo et al. 2013), so in 2016, the traps were deployed on March 30 2016 and April 5 2017. Traps were checked daily until the first adults were captured, then every other day until June. Traps and pheromone attractant were changed every 28 days. PNC management actions were taken approximately 14 days after the capture of the first moths in traps (Harris, 1995) and followed action thresholds of fruit infestation. To monitor damage to fruits, 10 panicles per tree were sampled from 31 randomly selected trees (310 total panicles), and the action threshold was two infested panicles.

In the 2016 growing season, at the “P.P. Hormiguero” orchard, *Trichogramma pretiosum* were released twice at a dose of 10,000 eggs/ha, on May 8th and 15th to control the first generation of PNC, and a single application of methoxyfenozide at a dose of 350 mL/ha was applied on June 17th to control the second generation of PNC. At the “El Refugio” orchard, the producer applied spinetoram at a dose of 400 mL/ha on May 4th and 5th for the first PNC generation and applied the same product and dose on June 19th to control the second generation of PNC. At the “Ejidal Hormiguero” orchard, the producer applied chlorpyrifos ethyl at a dose of 1.2 L/ha on May 2nd, and a second application of the same product and dose on June 17th to control the first and second generations of PNC. The “FAZ-UJED” orchard was an absolute control, so no insecticide or biocontrol was used.

In the 2017 growing season, the “P.P. Hormiguero” producer released *Trichogramma pretiosum* (10 mil eggs/ha) twice, on April 26th and May 4th and applied methoxyfenozide (350 mL/ha) on May 6th to control first-generation PNC

larvae and applied a second dose of methoxyfenozide (350 mL/ha) on June 20th to control the second generation of PNC. At the “El Refugio” orchard, Spinetoram (400 mL/ha) was applied on May 3rd and 4th to control the first generation of PNC. At the “Ejidal Hormiguero” orchard, chlorpyrifos ethyl (1.2 L/ha) was applied to control each PNC generation, on May 2nd and June 19th. Again, the “FAZ-UJED” was an absolute control, so received treatment for PNC.

1.2.3. Damage to fruits by PNC

In order to measure damage caused by the first generation of PNC in the 2016 and 2017 growing seasons under the different management strategies, panicles were sampled directly during the third week of May for the first generation and the second week of July for the second generation. Ten panicles were randomly selected from the periphery of the lower third of 31 randomly selected trees, sampling in this way the recommended 310 panicles per orchard (Harris, 1995).

1.2.4. Collection and processing of parasitoids

During the 2016 growing season, nuts damaged by PNC were collected from May 26th through August 10th, corresponding to three PNC generations. The number of damaged nuts collected from each orchard in 2016 were as follows: 371 from FAZ-UJED, 123 from El Refugio, 561 from P.P. Hormiguero, and 382 from Ejido Hormiguero. In 2017, 352 damaged nuts were collected from FAZ-UJED, 48 from El Refugio, 170 from P.P. Hormiguero, and 124 from Ejido Hormiguero. Nuts were placed individually in 40 mL plastic cups and checked twice per week for one month to record the emergence of parasitoids, which were preserved in 75% ethyl alcohol. Specimens were identified to the species level using the keys of Wharton et al. 1997, Oliviera 2006, Polaszek and Krombein 1994 and McAlpine et al. 1981. Identifications were corroborated by Dr. Urbano Nava Camberos and Dr. Verónica Ávila Rodríguez at Juárez University of the State of Durango. (*Universidad Juárez del Estado de Durango*; FCB-UJED), Dr. Enrique Ruiz Cansino and Dr. Juana María Coronado

Blanco of the Autonomous University of Tamaulipas (*Universidad Autónoma de Tamaulipas*; FIC-UAT) and Dr. Refugio Lomelí Flores of the College of Postgraduates (*Colegio de Postgraduados*; IFIT).

1.2.5. Statistical analysis

The number of adult male PNC moths captured in each orchard was analyzed separately for each season using a Poisson regression with mixed models (Poisson distribution and random effects) in order to determine whether the number of PNC moths captured in each orchard was influenced by the type of orchard management. A contrast test was used to identify specific differences between: all treatments vs. absolute control; combination of bio-rational controls vs. conventional control, each one of the bio-rational controls vs. conventional control, and comparison between bio-rational controls. For data on PNC-damaged panicles, the data had a binomial distribution so a logistic regression was used to determine whether there was a global effect of PNC management type and a contrast test was used to compare the same groups as for PNC capture data above. All analyses were carried out using the SAS 9.4 2013 statistical package.

1.3. RESULTS AND DISCUSSION

1.3.1. Monitoring of pecan nut casebearer

For the 2016 growing season, there was a statistically significant effect of PNC management treatment on the number of adult male PNC moths captured. The contrast comparisons showed one significant contrast; more PNC moths were captured in the El Refugio orchard (spinetoram) than the P.P. Hormiguero orchard (*T. pretiosum* release plus one application of methoxyfenozide), mainly during the first generation (Fig. 1.1).

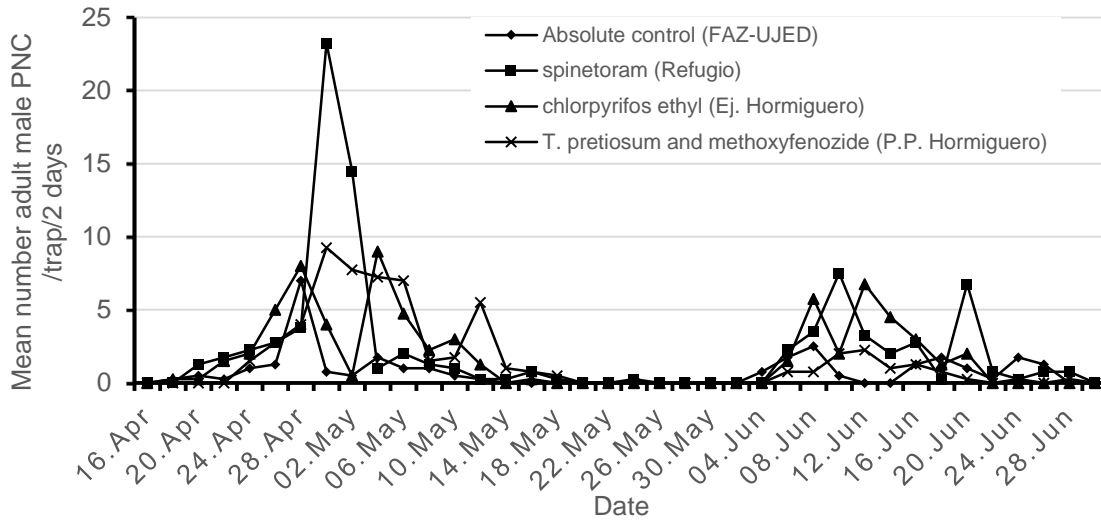


Fig. 1.1. Population fluctuations in adult male *Acrobasis nuxvorella* moths under different management strategies in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2016.

There was no significant difference between bio-rational and conventional control strategies. However, the PNC management types in all studied orchards did not have an influence on the moth populations in the first generation, since the management was directed to the larvae produced by the PNC first generation.

In the 2017 growing season, there were smaller PNC populations than the previous cycle; the control orchard (FAZ-UJED) had the highest PNC moth population, with an average of 8.25 moths over two days (Fig. 1.2). The global test of treatment effect showed significant differences in PNC moths captured depending on management strategy. In the contrast test, most of the contrasts showed significant differences, except the contrast of bio-rational vs. chlorpyrifos ethyl (Table 1.1). This suggests that bio-rational methods can be at least as effective as the use of chlorpyrifos ethyl for controlling PNC moth populations when control is targeted at larvae.

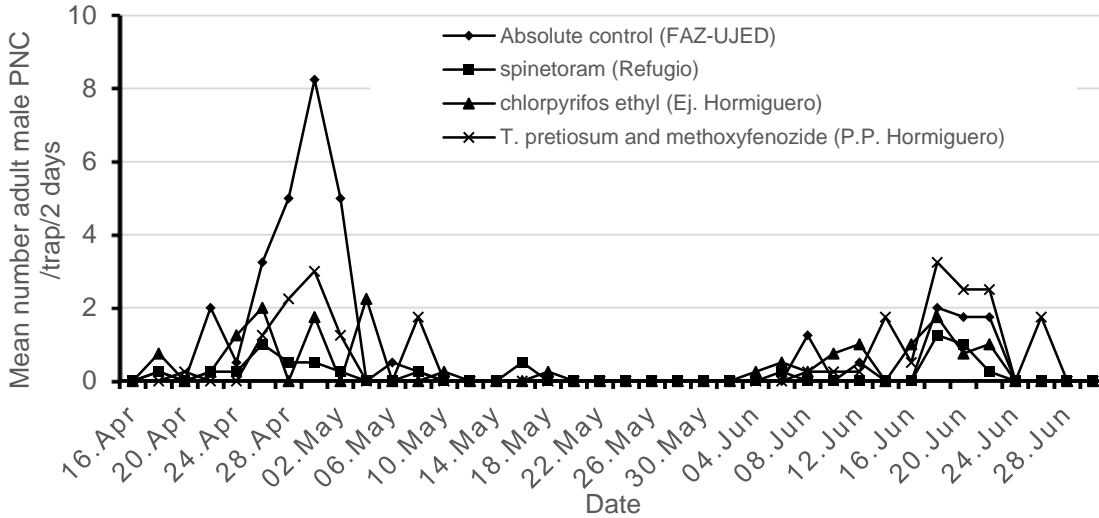


Fig. 1.2. Population fluctuation in males of *Acrobasis nuxvorella* moths under different management strategies in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2017.

The PNC has good dispersal capacity (Delmotte et al. 2002), so it is important to consider the movement of moths between orchards. It is possible to capture moths that originated in different plots, which could help explain whether or not there are statistical differences between control methods as well as develop a regional management program of this borer to avoid infestation foci.

Table 1.1. Contrast tests and significance levels in populations of *Acrobasis nuxvorella* moths under different types of management in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico

Treatment	2016 Season		2017 Season	
	<i>F</i>	Pr > <i>F</i>	<i>F</i>	Pr > <i>F</i>
All treatments vs. absolute control (FAZ-UJED)	30.68	<0.0001	54.02	<0.0001
Bio-rational (P.P. Hormiguero and El Refugio) vs. chlorpyrifos ethyl (Ejido Hormiguero)	0.15	0.6963	2.79	0.0956
<i>T. pretiosum</i> and methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs. chlorpyrifos ethyl (Ejido Hormiguero)	0.82	0.3650	4.82	0.0285
spinetoram (Refugio) vs. chlorpyrifos ethyl (Ejido Hormiguero)	2.89	0.0897	15.54	<0.0001
<i>T. pretiosum</i> and methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs. spinetoram (Refugio)	6.71	0.0099	32.88	<0.0001

Degrees of freedom for treatments and error were 1 and 552, respectively.

1.3.2. Damage by pecan nut casebearer

The damage by the first generation of PNC was more extensive than that of the second generation. In addition, there was a decrease in damage between the 2016 and 2017 growing seasons. The maximum rates of damage recorded in 2016 and 2017 were 21.6% and 12.58%, respectively. The minimum rate of damage was recorded in the El Refugio orchard, using Spinetoram, in which damage was 0.32 to 2.5% (Table 1.2).

Table 1.2. Percent of panicles damaged by first and second generation *Acrobasis Nuxvorella* under different types of management in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico

Treatments	2016 season		2017 season	
	1st gen.	2nd gen.	1st gen.	2nd gen.
spinetoram (Bio-rational); El Refugio	2.5	0.32	0.32	0.32
<i>T. pretiosum</i> and methoxyfenozide (Bio-rational); P.P. Hormiguero	3.8	2.2	1.61	0.96
chlorpyrifos ethyl (Conventional); Ejido Hormiguero	3.8	2.9	1.29	1.61
Absolute control (organic); FAZ-UJED	21.6	8.0	12.58	6.45

The test of the global effect of treatment on damage to fruits by first- and second-generation larvae in 2016 showed significant differences. The contrast test showed differences between orchards with vs. without control measures in both generations; in addition, there were differences in the Spinetoram vs. chlorpyrifos ethyl treatments in the second generation (Table 1.3). This may suggest that the use of conventional products like chlorpyrifos ethyl (organophosphates) which have repercussions for human health, agroecosystems (beneficial insects), and can lead to pest resistance to insecticides (Guagler 1997, Gregor et al. 2008), should be avoided since lower-impact alternatives like spinetoram are equally effective at controlling damage by the PNC.

For the 2017 season, the global test of effect of treatments showed significant differences for damage to fruits by larvae of both generations. In the contrast tests, the only significant difference was between all treatments and the absolute control (Table 1.4).

Table 1.3. Contrast tests and significance levels of damage by first and second generation *Acrobasis Nuxvorella* under different types of management in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2016

Treatments	First Generation		Second Generation	
	Wald's χ^2	Pr > χ^2	Wald's χ^2	Pr > χ^2
All treatments vs. absolute control (FAZ-UJED)	81.0039	<0.0001	19.6976	<0.0001
Bio-rational (P.P. Hormiguero and El Refugio) vs. chlorpyrifos ethyl (Ejido Hormiguero)	0.3122	0.5763	3.8312	0.0503
<i>T. pretiosum</i> and methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs. chlorpyrifos ethyl (Ejido Hormiguero)	0.0000	1.0000	0.2553	0.6134
spinetoram (Refugio) vs. chlorpyrifos ethyl (Ejido Hormiguero)	0.8158	0.3664	4.4233	0.0355
<i>T. pretiosum</i> and methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs. spinetoram (Refugio)	0.8158	0.3664	3.3611	0.0668

Treatment degrees of freedom=1

Table 1.4. Contrast tests and significance levels of damage by first and second generation *Acrobasis Nuxvorella* under different types of management in pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2017

Treatments	First generation		Second generation	
	Wald's χ^2	Pr > χ^2	Wald's χ^2	Pr > χ^2
All treatments vs. Absolute control (FAZ-UJED)	40.6059	<0.0001	20.5532	<0.0001
Bio-rational (P.P. Hormiguero and El Refugio) vs. Chlorpyrifos ethyl (Ejido Hormiguero)	0.6161	0.4325	2.1268	0.1447
<i>T. pretiosum</i> and Methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs. Chlorpyrifos ethyl (Ejido Hormiguero)	0.1123	1.7376	0.4958	0.4814
Spinetoram (Refugio) vs. Chlorpyrifos ethyl (Ejido Hormiguero)	1.5508	0.2130	2.1818	0.1396
<i>T. pretiosum</i> and Methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs. Spinetoram (Refugio)	2.1815	0.1397	0.9115	0.3397

Treatment degrees of freedom=1

According to our analyses, all of the management methods used had similar effectiveness in controlling PNC larvae, suggesting that bio-rational insecticides can be used, minimizing the negative impact of conventional insecticides on agroecosystems. Consistent with this, the drastic effects of conventional vs. bio-rational insecticides, which are moderately toxic, such as insect growth regulators

on parasitoids of PNC, have been documented (García 2009). In general, it has been observed that the insecticide spinetoram was more effective at controlling PNC larvae. This product, derived from the fermentation of the actinomycete *Saccharopolyspora spinosa*, is effective through both contact and ingestion and has stronger insecticidal properties against lepidopteran larvae than other spinosines (Dripps et al. 2008). In addition, its toxicity to mammals is lower and it has low residuality in the environment (Dripps et al. 2008). This product, together with methoxyfenozide, could therefore be included in integrated pest management programs against PNC.

1.3.3. Parasitoids associated with the pecan nut casebearer

During the 2016 season in the FAZ-UJED absolute control orchard, 130 nuts infested with PNC were collected, from which 10 parasitoids emerged, yielding a parasitism rate of 7.7%, compared to the El Refugio orchard (spinetoram) from which only one parasitoid emerged from the 37 infested nuts collected, a 2.7% parasitism rate (Table 1.5). This shows that there is a lower rate of parasitism when an insecticide, such as spinetoram or chlorpyrifos is used. During the 2017 season, in the absolute control orchard (FAZ-UJED), 10 parasitoids emerged from the 151 infested nuts collected- a 6.6% rate of parasitism, while in the P.P. Hormiguero orchard, treated with methoxyfenozide and *Trichogramma*, only one parasitoid emerged from the 50 infested nuts collected- a 2% rate of parasitism. In this pecan producing region, levels of PNC parasitism as high as 27 to 67% have been reported (Torres-Delgado et al. 2018).

In the United States of America, the main parasitoids reported are *Goniozus* spp., *Bracon* (=Microbracon) *variabilis* (Provancher), *Apanteles epinotiae* (Viereck), *Agathis* (=Bassus) *acrobasis* (Cushman), *Macrocentrus instabilis* (Muesebeck), *Calliephialtes grapholithae* (Cresson), *Cremastus* sp., *Diadegma* (=Angitia) sp., and *Trichogramma minutum* (Nikels et al. 1950, Gunasena and Harris 1988). During 2017, the results show that the use of insecticides, especially conventional products,

have an adverse effect on parasitoids. During both seasons, in the pecan orchards where pesticides were not applied, there was a larger number and diversity of parasitoids. The use of parasitoids in an integrated pest management program targets a specific group of insects, so the ecological equilibrium offered by pecan agroecosystems is superior to the use of broad-spectrum insecticides (García and Tarango 2013).

Table 1.5. Parasitism of larvae and pupae of *Acrobasis Nuxvorella*, in pecan orchards under different types of management in the Comarca Lagunera region of Mexico in 2016 and 2017

Orchard	Type of management	Nuts collected	Nuts infested	Parasitoids emerged	Parasitism (%)
2016 season					
FAZ-UJED	Organic	371	130	10	7.7
El Refugio	Bio-rational	123	37	1	2.7
P.P. Hormiguero	Bio-rational	561	121	0	0
Ejido Hormiguero	Conventional	382	103	0	0
2017 season					
FAZ-UJED	Organic	352	151	10	6.6
El Refugio	Bio-rational	48	13	0	0
P.P. Hormiguero	Bio-rational	170	50	1	2.0
Ejido Hormiguero	Conventional	124	45	0	0

The parasitoids found during the 2016 season were *A. epinotiae*, *Apanteles* sp., (Hymenoptera, Braconidae), *M. instabilis* and *Jurinia* sp. (Diptera: Tachinidae). During the 2017 season, the emerged parasitoids were *A. epinotiae*, *M. instabilis* and *Bracon* sp. (Braconidae); and *Goniozus nephantidis* Muesebeck (Hymenoptera: Bethyridae). In pecan orchards in Chihuahua, *M. instabilis*, *Pericerolla* sp., *Eupelmus* sp., *Brachymeria* sp., *Conura* sp., and *Campoletis* sp., are the main parasitoids reported (Tarango Rivero and González 2008). In the southern United States, the parasitoids *Agathis acrobasisidis*, *Goniozus legneri* and *Brachymeria hammari* have

been reported (Romero et al. 2001). In the absolute control orchard in which no insecticides were applied (FAZ-UJED), there was more parasitoid activity than in the orchard under conventional pest management (Ejido Hormiguero), where no parasitoids emerged (Table 1.6).

Tale 1.6. Parasitoids of *Acrobasis nuxvorella* emerging from infested fruits from pecan orchards in the Comarca Lagunera region of Mexico

Orchard	Family	Species	Number of insects	Pest life stage
2016 Season				
FAZ-UJED	Braconidae	<i>A. epinotiae</i>	7	Larvae
	Braconidae	<i>Apanteles</i> sp.	1	Larvae
	Braconidae	<i>M. instabilis</i>	1	Larvae
	Tachinidae	<i>Jurinia</i> sp.	1	Pupae
El Refugio	Braconidae	<i>A. epinotiae</i>	1	Larvae
Total			11	
2016 Season				
FAZ-UJED	Braconidae	<i>A. epinotiae</i>	2	Larvae
	Braconidae	<i>M. instabilis</i>	1	Larvae
	Bethylidae	<i>G. nephantidis</i>	7	Larvae
P.P.	Braconidae	<i>Brcon</i> sp.	1	Larvae
Hormiguero				
Total			11	

According to DeBach 1964, when the use of conventional broad-spectrum pesticides such as chlorpyrifos ethyl or other organophosphates is minimized or suspended altogether, the populations of natural enemies increase and become more diverse. Studies mention that the use of bio-rational insecticides such as spinosad can have a negative impact on the activity of *Trichogramma* (García Nevárez et al. 2009), though this impact could be direct or indirect, affecting the pest and the parasitoid by exposure to the pesticide, but once the parasitoid locates its host, evaluates if it

is adequate to be parasitized or not, in order to ensure its reproductive success (Doutt 1959, Vinson 1976).

1.4. REFERENCES CITED

- Aguilar P., H. 2007. Principales plagas de nogal en el estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Sitio Experimental Zaragoza. Manual Técnico 14, Zaragoza, Coahuila, México. 30 p.
- Aguirre, A. L., E. Tucuch, and M. K. Harris. 1995. Oviposition and nut entry behavior of the pecan nut casebearer *Acrobasis nuxvorella*. Southwestern Entomologist 20: 447- 451.
- Cottrell, T. E., C. E. Yonce, and B. W. Wood. 2000. Seasonal occurrence and vertical distribution of *Euchistus servus* (Say) and *Euchistus tristigmus* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae) in pecan orchards. Journal of Entomological Science 35: 421-431.
- Crouse, G. D., J. E. Dripps, N. Orr, T. C. Sparks, and C. Waldron. 2007. DE-75 (Spinetoram), a new semisynthetic spinosyn in development. pp: 1013-1031. *In*: Modern Crop Protection Chemistry. W. Cramer and U. Schirmer, Wiley_VCH, Weinheim, Germany.
- DeBach, P. 1964. Biological Control of Insect Pests and Weeds. Chapman & Hall, London, UK. 844 p.
- Delmotte, F., N. Leterme, J. P. Gauthier, C. Rispe, and J. C. Simon. 2002. Genetic architecture of sexual and asexual populations of the aphid *Rhopalosiphum padi* based on allozyme and microsatellite markers. Molecular Ecology 11: 711-723.
- Doutt, R. L. 1959. The biology of parasitic Hymenoptera. Annual Review of Entomology 4: 161-182.
- Dripps, J., B. Olson, T. Sparks, and G. Crouse. 2008. Spinetoram: How artificial intelligence combined natural fermentation with synthetic chemistry to produce a new spinosyn insecticide. Online. Plant Health Progress doi: 10.1094/PHP-2008-0822-01-PS.

- Dutcher, J. D. and J. W. Todd. 1983. Hemiptera kernel damage of pecan. *Miscellaneous publications of the Entomological Society of America* 13: 1-11.
- Fu Castillo. A. A., M. Harris, A. A. Fontes P. and W. Verdugo Z. 2013. Trampeo e identificación de la feromona sexual del gusano barrenador de la nuez, *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) en México. *Biotecnia* 15: 25-30.
- García, N. G., F. J. Quiñones P., C. G. Barajas O. and N. Chávez S. 2009. Dispersal of *Trichogramma* spp. on Pecan Trees and its Susceptibility to Selective Insecticides. *Southwestern Entomologist* 34: 319-326.
- García Nevárez, G., and S. H. Tarango R. 2013. Efficacy of *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for the biological control of *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Cydia caryana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Southwestern Entomologist* 38: 523-530.
- Gaugler, R. 1997. Alternative paradigms for commercializing biopesticides. *Phytoparasitica* 25: 179-182.
- Gray, O. S. 1973. Consider pollen when planting. *The Pecan quarterly* 7: 24-25.
- Gregor, J. D., D. Eza, E. Ogusuku and M. J. Furlong. 2008. Uso de Insecticidas: Contexto y Consecuencias Ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 25: 74-100.
- Gunasena, G. H., and M. K. Harris. 1988. Parasites of hickory shuckworm and pecan nut casebearer with five new host-parasite records. *Southwestern Entomologist* 13: 107-111.
- Harris, M. K. 1995. Manejo Integrado de plagas. pp: 30-38. *In: Memoria del 3er Simposio Internacional Nogalero. Nogatec* 1995.
- Harris, M. K., B. Ree, J. Cooper, J. A. Jackman, and J. Young. 1998. Economic impact of pecan integrated pest management implementation in Texas. *Journal of Economic Entomology* 91: 1011-1020.
- McAlpine, J. F., B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vockeroth, and D. M. Wood [coord.]. 1981. *Manual of Nearctic Diptera, Vol. 1. Research Branch Agriculture Canada. Monograph* 27. Ottawa. Ontario, Canada.

- Nava Camberos, U. and M. Ramírez D. 2002. Manejo integrado de plagas del nogal. In: Tecnología de Producción en Nogal Pecanero. Arreola A. J. and I. Reyes J. (eds.). Libro Técnico No. 3. Campo Experimental La Laguna, CIRNOC, INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. pp. 145-176.
- Nava Camberos, U., E Morales O. and M. Ramírez D. 2008. Uso de feromonas sexuales para monitoreo de gusano barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) en la región Lagunera de Coahuila, México. Memoria de la XX Semana Internacional de Agronomía. del 5 al 7 de noviembre del 2008. Gómez Palacio, Dgo. P. 897.
- Nickels, C. B., W. C. Pierce, and C. C. Pinkney. 1950. Parasites of the pecan nut casebearer in Texas. USDA. Technical Bulletin 1011: 21 p.
- Oliveira, A. C. 2006. Familia Bethyridae, pp. 532-544. En: P.E. Hanson e I.D. Gauld (Eds.). Hymenoptera de la Región Neotropical. Mem. Amer. Entomol. Inst. 77: 1-994.
- Polaszek, A., and K. V. Krombein. 1994. The genera of Bethylinae (Hymenoptera: Bethyridae). J. Hym. Res. 3: 91-105.
- Quiñones Pando, F. J., S. H. Tarango R. and C. A. Blanco. 2009. Effect of two insecticides on hickory shuckworm¹ (Lepidoptera: Tortricidae) and predators of pecan pests. Southwestern Entomologist 34: 227-238.
- Romero, J. C., J. J. Ellington, and D. B. Richman. 2001. Pecan nut casebearer *Acrobasis nuxvorella* Neunzing parasites collected in Doña Ana country, NM, and El Paso, TX. Southwestern Entomologist 26: 269-270.
- SAGARPA-SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx/>. (abril 2018).
- Symondson, W. O. C., K. D. Sunderland, and M. H. Greenstone. 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? Annual Review of Entomology 47: 561–94.
- Tarango Rivero, S.H., and A. González H. 2007. Fenología, muestreo y control del barrenador de la nuez en Chihuahua. Manual Técnico No. 26. INIFAP. 35 p.

- Tarango Rivero, S. H., and A. González H. 2008. Barrenador de la nuez pecanera, *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae), pp. 223-230. *En* H. C. Arredondo B. and L. A. Rodríguez del Bosque [eds.], *Casos de Control Biológico en México*. Mundi-Prensa. Mexico City.
- Thompson, T. E., and L. J. Grauke. 2012. 'Lipan' Pecan. *HortScience* 47: 121-123.
- Torres-Delgado, M. G., E. Ruíz C., V. Ávila R., U. Nava C., J. M. Coronado B., O. G. Alvarado G. and E. Morales O. 2018. Parasitoids of the pecan casebearer, *Acrobasis nuxvorella* Neuzing in the comarca Lagunera, Mexico. *Southwestern Entomologist* 43: 175-181.
- Vinson, S. B. 1976. Host selection by insect parasitoids. *Annual Review of Entomology* 21: 109-133.
- Wharton, R. A., P. M. Marsh, and M. J. Sharkey. 1997. *Manual of the New World genera of the family Braconidae (Hymenoptera)*. Special Publication of the International Society of Hymenopterists No. 1. Washington, DC.

CAPÍTULO 2. EL USO DE MÉTODOS BIO-RACIONALES EN MANEJO DEL GUSANO BARRENADOR DEL RUEZNO, *CYDIA CARYANA* FITCH Y SU IMPACTO EN PARASITOIDES

RESUMEN

Se evaluaron en cuatro huertas de nogal en Coahuila y Durango tres métodos bio-racionales (Benzoato de emamectina, Methoxyfenozide y Spinetoram); además, de los convencionales Clorpirifós etíl y Cipermetrina para el control de *Cydia caryana* Fitch en 2016 y 2017. El monitoreo de palomillas fue semanal de junio a noviembre de cada año y los muestreos de frutos dañados en septiembre. Los datos de palomillas capturadas en trampas se analizaron mediante regresión Poisson con modelos mixtos y los porcentajes de daño con regresión Logística. Para la comparación de métodos de control se aplicó pruebas de contrastes. En el 2016 se observaron diferencias en la densidad poblacional, el promedio de adultos capturados con uso de Spinetoram fue de 74.5, Clorpirifós etíl y Cipermetrina 438.5, Benzoato de emamectina 177.5 y testigo 232.75. En el 2017, también se detectó significancia entre densidades poblacionales, el promedio de palomillas con Spinetoram fue de 153.25, Methoxyfenozide 460.25, Clorpirifós etíl 578.25 y testigo 607.75. Para daños del 2016, todas las pruebas de contrastes mostraron diferencias, excepto el uso de Benzoato de emamectina contra mezcla de Clorpirifós etíl y Cipermetrina, el primero ejerció mejor control. Para el 2017, hubo diferencias entre todos los métodos de control. Para ambos años el Spinetoram fue el mejor método de control (2% de daño). En el 2016 se detectó el 4.33% de parasitismo en la huerta testigo por *Apanteles epinotiae* Viereck, *Macrocentrus instabilis* Muesebeck, *Eupelmus* sp. y *Brachymeria* sp. En el 2017 el parasitismo fue: testigo, 1.45% por *A. epinotiae* y *M. instabilis*; Methoxyfenozide, 1.3% por *A. epinotiae*; y Spinetoram, 2.1% por *A. epinotiae*. El género *Brachymeria* constituye un nuevo registro para la Comarca Lagunera, México.

Palabras clave: barrenador de ruezno, daño, monitoreo, parasitismo.

ABSTRACT

In four pecan orchards, biorational methods were evaluated with emamectin benzoate, methoxyfenozide and spinetoram; in addition to conventional ones such as chlorpyrifos ethyl and cypermethrin to control *Cydia caryana* during the 2016 and 2017 growing seasons. The monitoring of *C. caryana* was carried out from June through November using sexual pheromone traps monitoring, and the samplings of fruits damaged in September. The moth data were analyzed by Poisson regression with mixed models and the percentages of damage with Logistic regression. For the comparison of control methods, tests of contrasts were applied. In 2016, differences in population density were observed, the average number of adults captured using spinetoram was 74.5, chlorpyrifos ethyl and cypermethrin 438.5, emamectin benzoate 177.5 and control 232.75. In 2017, significance was also detected among population densities, the average of moths with spinetoram was 153.25, methoxyfenozide 460.25, chlorpyrifos ethyl 578.25 and control 607.75. For damage of 2016, all tests of contrasts showed differences, except the use of emamectin benzoate compared mixture of chlorpyrifos ethyl and cypermethrin, the first exerted better control. For 2017, there were differences between all control methods. For both years the spinetoram was the best control method. In 2016 we detected 4.33% of parasitism in the control orchard by *Apanteles epinotiae* Viereck, *Macrocentrus instabilis* Muesebeck, *Eupelmus* sp. and *Brachymeria* sp. In 2017, parasitism was: control, 1.45% by *A. epinotiae* and *M. instabilis*; Methoxyfenozide, 1.3% by *A. epinotiae*; and spinetoram, 2.1% by *A. epinotiae*. The parasitoid *Brachymeria* genus constitutes a new record for the Comarca Lagunera, Mexico.

Key words: hickory shuckworm, damage, monitoring, parasitism.

2.1. INTRODUCCIÓN

El norte de México y sur de los Estados Unidos es el centro de origen del nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh.), y representa económicamente uno de los frutales caducifolios más importantes en esa región (Gray 1973 y Thompson & Grauke 2012), la producción de ambos países representa más del 90%, siendo Estados Unidos de América el principal productor y México el segundo (Cervantes et al. 2018). En México la producción de nuez se concentra principalmente en los estados del norte, siendo Chihuahua el principal estado productor que aportó 64.9%, seguido de Sonora (12.9), Coahuila (10.2%), Durango (6.3%) y Nuevo León (2.2%) (SAGARPA-SIAP 2017). Las cifras reportadas para México en el 2016, por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), fue de 114,464.17 ha plantadas, de las cuales se cosecharon 85,512.56 ha, la producción fue de 141,818 t que tuvo un valor de 9,786.3 mdp y representó 1.9% del valor total de la producción agrícola nacional (SAGARPA-SIAP 2017). La producción de nuez es limitada por diversos factores, de los cuales destacan las plagas, y del primer orden se consideran el gusano barrenador del ruezno (GBR) *Cydia caryana* Fitch, el gusano barrenador de la nuez (GBN) *Acrobasis nuxvorella* Neunzig, y el complejo de pulgones formado por el pulgón amarillo *Monelliopsis pecanis* Bissell, el pulgón amarillo de alas con márgenes negros *Monellia caryella* Fitch y el pulgón negro *Melanocallis caryaefoliae* Davis (Nava y Ramírez 2002, Aguirre et al. 1995). Otras plagas son el barrenador ambrosial de la madera *Euplatypis segnis* Chapuis, salivazo *Clastoptera achatina* Germar (Aguilar 2007 y Aguilar 2000) y las chinches manchadoras de almendra como *Nezara viridula* L., *Euchistus servus* Say, *Chlorochroa ligata* Say, *Brochymena* spp. y chinche de patas laminadas *Leptoglossus zonatus* Dallas (Dutcher y Tood 1983, Cottrell et al. 2000), las cuales afectan calidad y producción. El GBR es una de las plagas más destructivas en el cultivo del nogal, se encuentra en el sureste de los Estados Unidos (Payne and Heaton, 1975), y en la mayoría de los estados productores de nuez en México. Cuando se presenta en julio provoca la caída de frutos, cuando lo hace en agosto y septiembre afecta el llenado y la calidad de la almendra. Es un insecto con alto

potencial de daño, el cual puede variar desde 5 a 62% en la cosecha (Tarango y Nava, 1998). El daño al ruezno reduce la calidad y rendimiento de almendra e incrementa los costos de cosecha y del proceso de selección. La mayoría de los insecticidas utilizados para control de estos barrenadores son convencionales y tóxicos para los entomófagos (Brunner et al. 2001), además causan resistencia en las plagas y contaminan el ambiente (Symondson, et al. 2002). Esta es la razón de utilizar productos bio-rationales como los insecticidas reguladores de crecimiento de insectos que son efectivos contra larvas de lepidópteros (Quiñones et al. 2009). Los agentes de control biológico que se han encontrado parasitando al GBR son principalmente parasitoides del orden Hymenoptera, éstos se han encontrado en las regiones nogaleras de los Estados Unidos y México (Gunaseena y Harris 1988, y Aguirre et al. 2010). Los objetivos de la presente investigación fueron: evaluar la efectividad de insecticidas bio-rationales y convencionales, así como el parasitismo natural en larvas y pupas del barrenador del ruezno en huertas con diferentes métodos de control. Esta investigación contribuye a un manejo bio-razional del GBR que permita mejorar la producción y calidad de nuez, además de reducir el impacto en fauna benéfica.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1. Área de estudio

Esta investigación se realizó en cuatro huertas comerciales de la Región Lagunera de Coahuila y Durango: “P.P. Hormiguero”, Matamoros, Coahuila (25°41'19.0"N, 103°20'1.5"O) con manejo bio-razional; “Ejido Hormiguero”, Matamoros, Coahuila (25°41'5.0"N, 103° 20' 44.0"O) con manejo convencional; “El Refugio”, Gómez Palacio, Durango (25°35'27.8"N, 103° 31' 20.0"O) con manejo bio-razional y “FAZ-UJED”, Gómez Palacio, Durango (25°46'82.0"N, 103° 21' 35.0"O) como testigo absoluto.

2.2.2. Manejo del gusano barrenador del ruezno

El presente estudio se realizó durante 2016 y 2017. Las huertas fueron de productores cooperantes, y el manejo del GBR fue de acuerdo al tipo de control que cada productor utilizó. El control del GBR se realizó considerando el umbral de acción de cinco o más palomillas en promedio por trampa por día, en tres días consecutivos. Durante el 2016 en la “P.P. Hormiguero”, el productor realizó una aplicación del insecticida Benzoato de emamectina a 600 g/ha, el 28 de septiembre; en la huerta el “Refugio”, una aplicación de Spinetoram a 400 mL/ha, el 14 de septiembre; en la huerta “Ejidal Hormiguero”, una aplicación de la mezcla Clorpirifos etíl a 1.0 L/ha. y Cipermetrina a 200 mL/ha., el 10 de agosto y la huerta de la FAZ-UJED fue el testigo absoluto sin control. Durante el 2017, en la “P.P. Hormiguero”, el productor realizó dos aplicaciones de Methoxyfenozide a 350 ML/ha., el 10 y 31 de agosto; en la huerta el “Refugio”, una aplicación de Spinetoram a 400 mL/ha, el 31 de agosto; en la huerta “Ejidal Hormiguero”, una aplicación de clorpirifós etíl a 1.5 L/ha. y en la huerta de la FAZ-UJED no se ejerció control del GBR (testigo absoluto).

2.2.3. Evaluación de densidades y daños por gusano barrenador del ruezno

Para determinar las densidades de palomillas del GBR, en una superficie de 4 ha de cada huerta, se colocaron cuatro trampas pegajosas tipo delta (Bio-Traps) cebadas con la feromona sexual sintética (HSW, Hickory Shuckworm), el 16 de junio del 2016 y el 18 de junio del 2017. Las trampas se revisaron semanalmente hasta fines de octubre. Tanto la trampa como la feromona fueron reemplazadas cada 28 días (Eikenbary 1988, Tarango y Nava 1998). Para medir el porcentaje de nueces dañadas se realizaron tres muestreos directos de julio a septiembre. Cada muestra consistió de 10 frutos colectados al azar en la periferia del tercio inferior del árbol, se muestrearon diez árboles de manera aleatoria (100 frutos/huerta). Los frutos se colocaron en bolsas de papel, y se revisaron de forma manual para detectar presencia de larvas y/o pupas.

2.2.4. Evaluación del parasitismo del gusano barrenador del ruezno e identificación de avispas parasíticas

Durante septiembre del 2016 y 2017 se recolectaron de 32 a 300 y de 47 a 207 nueces infestadas por larvas y/o pupas del GBR, respectivamente, en las huertas de nogal. Las nueces fueron colocadas individualmente en vasos de plástico de 40 mL y se revisaron dos veces por semana, durante un mes, para registrar la emergencia de parasitoides, los cuales se conservaron en alcohol etílico al 75%. La diagnosis de los especímenes fue a nivel de género y/o especie, utilizando las claves de Delvare 1992, Gibson et al. 1997, Wharton et al. 1997, y Askew y Nieves (2000). Los especímenes se identificaron y corroboraron con apoyo de los entomólogos Dr. Refugio Lomelí Flores del Colegio de Postgraduados (IFIT-CP), Dr. Urbano Nava Camberos y Dra. Verónica Ávila Rodríguez de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ, FCB-UJED), Dr. Enrique Ruiz Cansino y Dra. Juana María Coronado Blanco de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (FIC-UAT).

2.2.5. Análisis estadístico

Los datos de capturas de palomillas se analizaron mediante una regresión Poisson con modelos mixtos, se utilizó el paquete estadístico SAS 9.4 (2013), con el objeto de determinar si la variable respuesta está influenciada por el método de control del GBR y, para las comparaciones que mostraron efecto significativo diferente en la prueba global de efectos de tratamientos; además, se utilizó la prueba de contrastes para identificar significancia entre insecticidas para control del GBR. Los contrastes fueron: con control vs. sin control, control con bio-rationales vs. testigo, control con bio-rationales vs. control convencional, cada uno de los controles bio-rationales vs. convencional y comparación entre bio-rationales. Para el análisis de porcentaje de racimos dañados por el GBR, se utilizó la aplicación de regresión logística y la diferencia entre datos se determinó con la prueba global de efectos de tratamientos, para esto se utilizó el paquete estadístico SAS 9.4 (2013). Para la comparación de

métodos de manejo del GBR se utilizaron los siguientes contrastes: con control vs. sin control, control con bio-rationales vs. control convencional, cada uno de los bio-rationales vs. convencional y comparación entre bio-rationales. El análisis estadístico se realizó solo para porcentajes finales de daño en frutos, es decir, para los frutos colectados en septiembre de cada año de estudio.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSION

2.3.1. Densidad del gusano barrenador del ruezno

En el ciclo agrícola 2016, la prueba global de efecto de tratamientos mostró diferencias estadísticas para la variable de poblaciones de palomillas del GBR entre las huertas de estudio. En la prueba de contrastes no se observaron diferencias estadísticas al comparar la combinación de los insecticidas vs. testigo, ya que en el método convencional se registraron dos grandes picos poblacionales de 133.25 y 165.5 palomillas promedio/trampa/semana (Fig. 2.1); lo cual influyó para no detectar las diferencias esperadas en dicho contraste.

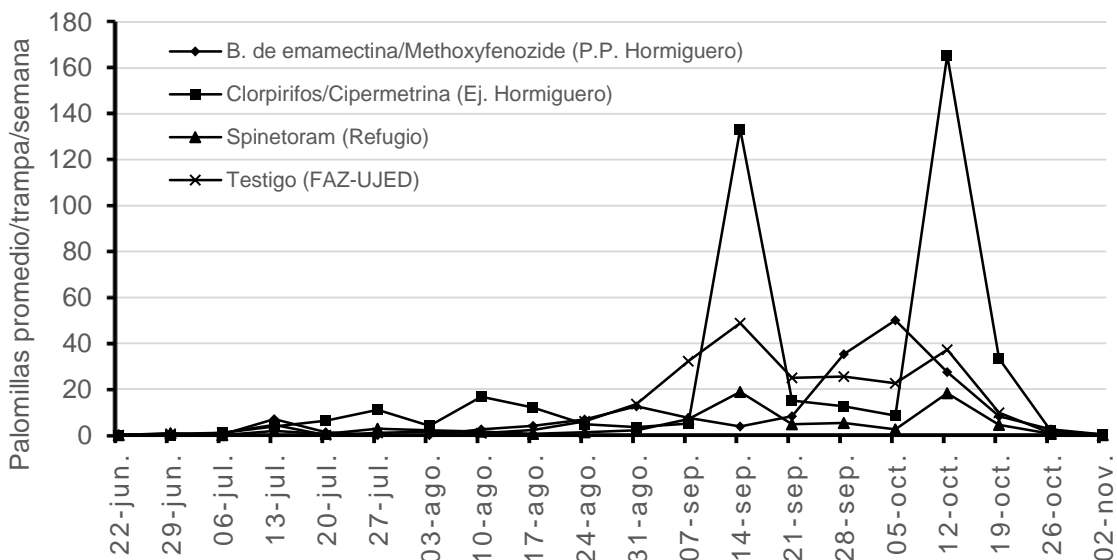


Fig. 2.1. Fluctuación Poblacional de Palomillas de *Cydia caryana* con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México en 2016.

El manejo de las diferentes plagas, en la huerta con manejo convencional, siempre se ha realizado con insecticidas organoclorados, organofosforados y piretroides, dichos insecticidas son tóxicos para los entomófagos (Brunner et al. 2001), esta condición influye en resurgimiento de plagas, además de desarrollar resistencia de los insectos plaga a los ingredientes activos (Guagler 1997, Oerke 2006). Por otra parte, al contrastar el uso de insecticidas bio-rationales, con uso de Benzoato de emamectina en la P.P. Hormiguero y Spinetoram en el Refugio vs. testigo, se detectó diferencia estadística, siendo mejor el control del GBR con insecticidas bio-rationales (Cuadro 2.1.).

Cuadro 2.1. Pruebas de Contrastes y Niveles de Significancia de Poblaciones de Palomillas de *Cydia caryana* con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México

Insecticida	Ciclo 2016		Ciclo 2017	
	Valor de F	Pr > F	Valor de F	Pr > F
Tratamientos vs. Testigo (FAZ-UJED)	2.48	0.1164	67.79	<0.0001
Bio-rationales (P.P. Hormiguero y Refugio) vs. Testigo (FAZ-UJED)	15.89	<0.0001	--	--
Bio-rationales (P.P. Hormiguero y Refugio) vs. Clorpirifos etil y/o Cipermetrina (Ej. Hormiguero)	80.45	<0.0001	91.21	<0.0001
Benzoato de emamectina o Methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs. Clorpirifos etil y/o Cipermetrina (Ej. Hormiguero)	28.65	<0.0001	7.85	0.0054
Spinetoram (Refugio) vs. Clorpirifos etil y/o Cipermetrina (Ej. Hormiguero)	67.83	<0.0001	125.6	<0.0001
Benzoato de emamectina o Methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs. Spinetoram (Refugio)	17.97	<0.0001	81.77	<0.0001

Grados de libertad para tratamientos y error fueron 1 y 297, respectivamente.

De igual manera, los contrastes entre el resto de combinaciones mostraron diferencias estadísticas significativas. Para el ciclo 2017 se registraron menores poblaciones de palomillas que en el ciclo anterior, las poblaciones promedio más altas fueron 107 y 92.5 palomillas en el testigo y en la huerta tratada con Clorpirifós etil, respectivamente (Fig. 2.2), y en la prueba global de efectos de tratamientos se detectaron diferencias significativas entre métodos de manejo. Las pruebas de contrastes mostraron diferencias significativas para testigo vs. control; de igual manera, se detectaron diferencias estadísticas significativas para todas las combinaciones de métodos de control del GBR.

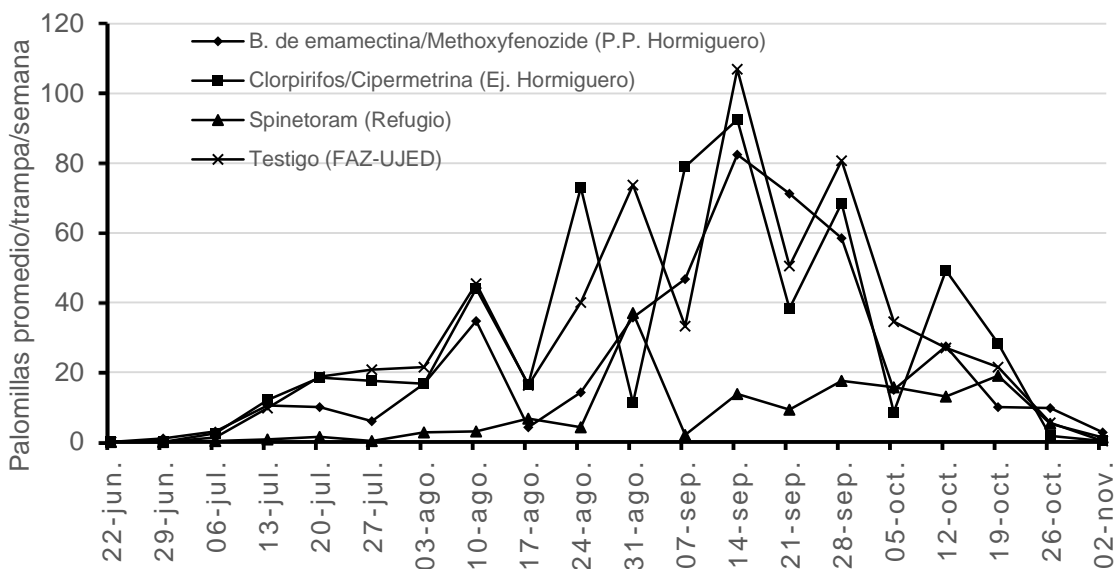


Fig. 2.2. Fluctuación Poblacional de Palomillas de *Cydia caryana* con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México en 2017.

2.3.2. Daños por gusano barrenador del ruzno

En el ciclo 2016, el mayor daño por larvas del GBR se registró en el testigo con 39%, y entre los métodos de manejo, en la huerta con uso de Spinetoram se registró el menor daño, al respecto en el Estado de Chihuahua se ha reportado que este barrenador ha alcanzado hasta 43% de daño (Quiñones et al. 2009). En el ciclo 2017, los daños en frutos por larvas del GBR fueron mayores que en el ciclo anterior,

en el testigo alcanzaron daños del 63%, y en la huerta con el método bio-racional de Spinetoram se registró 5% de daño (Fig. 2.3); por otra parte, se ha reportado un potencial de daño del 62% en el Estado de Chihuahua (Tarango y Nava 1998). En el ciclo 2016, la prueba global de efectos de tratamientos, para frutos dañados por larvas del GBR, mostraron diferencias estadísticas significativas; en la prueba de contrastes se detectaron diferencias para testigo vs. con control, es decir, que se justifica realizar acción de control; de igual manera, se detectaron diferencias estadísticas para todas las posibles combinaciones, excepto el uso de Benzoato de emamectina vs. Clorpirifós etíl en mezcla con Cipermetrina, de esta manera, lo más apropiado es utilizar el primer insecticida para reducir impacto negativo al ambiente; además, estudios han demostrado que este insecticida es compatible con parasitoides como *Aphidius colemani* y *Eretmocerus mundus* (Bengochea et al. 2012).

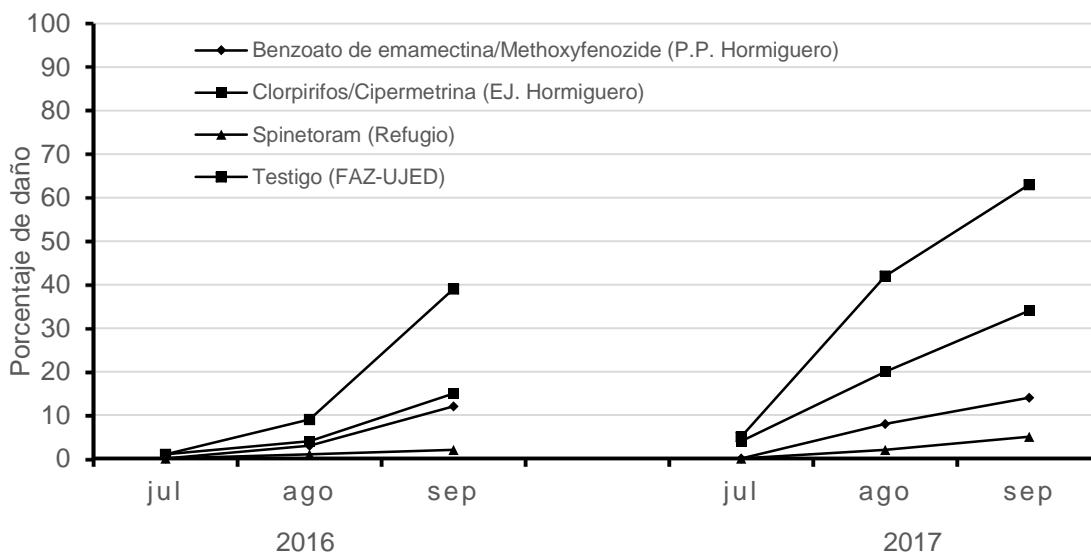


Fig. 2.3. Porcentajes de Frutos Dañados por *Cydia caryana*, con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México

Para el ciclo 2017, también se detectaron diferencias estadísticas significativas; además, en la prueba de contrastes se detectaron diferencias en todas las posibles combinaciones (Cuadro 2.2), por lo tanto, el productor puede emplear métodos bio-racionales como el Spinetoram, Methoxyfenozide o Benzoato de emamectina, los

cuales ejercen control óptimo del GBR; y de esta manera, evitar el uso de insecticidas convencionales como el Clorpirifós etíl y Cipermetrinas, los cuales afectan los ecosistemas agrícolas, impactan de manera negativa especies no objetivo, incluso afectan paisajes y comunidades (Gregor et al. 2008).

Cuadro 2.2. Porcentajes de Frutos Dañados por *Cydia caryana*, con Diferentes Insecticidas en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México

Insecticida	Ciclo 2016		Ciclo 2017	
	Chi-cuadrado de Wald	Pr > ChiSq	Chi-cuadrado de Wald	Pr > ChiSq
Tratamientos vs Testigo absoluto (FAZ-UJED)	36.2527	<0.0001	68.0369	<0.0001
Bio-rationales (P.P. Hormiguero y Refugio) vs Clorpirifos etíl y/o Cipermetrina (Ej. Hormiguero)	5.9177	0.0150	24.9785	<0.0001
Benzoato de emamectina o Methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs Clorpirifos etíl y/o Cipermetrina (Ej. Hormiguero)	0.1659	0.6838	10.3988	0.0013
Spinetoram (Refugio) vs Clorpirifos etíl y/o Cipermetrina (Ej. Hormiguero)	7.9057	0.0049	20.3983	<0.0001
Benzoato de emamectina o Methoxyfenozide (P.P. Hormiguero) vs Spinetoram (Refugio)	6.6211	0.0101	4.3413	0.0372

Grados de libertad para tratamientos fue 1.

2.3.3. Parasitismo del gusano barrenador del nuezno

El uso irracional de insecticidas afecta la actividad de los parasitoides, siendo los insecticidas convencionales como clorpirifós etíl y cipermetrina los que tienen mayor impacto en los enemigos naturales. En septiembre del 2016, en la huerta testigo FAZ-UJED, se colectaron 300 nueces infestadas con GBR, de las cuales emergieron 13 parasitoides, y representa el 4.33% de parasitismo; en las huertas tratadas con insecticidas bio-rationales y convencionales se colectaron de 32 a 89 nueces infestadas, pero de éstas no emergieron parasitoides. En septiembre 2017, en la huerta testigo se colectaron 201 nueces infestadas con GBR, de éstas 3 resultaron parasitadas; mientras que, en las nueces colectadas de huertas con uso de métodos bio-rationales solamente emergió un parasitoide de cada una (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Parasitismo de Larvas y Pupas de *Cydia caryana*, en Huertas de Nogal con Diferentes Tipos de Manejo en la Comarca Lagunera, México en 2016 y 2017

Huerta	Tipo de manejo	Nueces infestadas	Avispas emergidas	% de parasitismo
Ciclo 2016				
FAZ-UJED	Orgánico	300	13	4.33
Refugio	Bio-rationale	32	0	0
P.P. Hormiguero	Bio-rationale	60	0	0
Ej. Hormiguero	Convencional	89	0	0
Ciclo 2017				
FAZ-UJED	Orgánico	207	3	1.5
Refugio	Bio-rationale	47	1	2.1
P.P. Hormiguero	Bio-rationale	76	1	1.3
Ej. Hormiguero	Convencional	150	0	0

En la huerta testigo se observó mayor número y diversidad de parasitoides, mientras que en la huerta con uso de insecticidas convencionales, como el Clorpirifós etíl y Cipermetrina, no se registró emergencia de parasitoides, a diferencia de las huertas donde se aplicaron insecticidas bio-rationales que se encontró parasitismo del 1.3 al 2.1%. El uso de insecticidas convencionales reduce fecundidad de hembras, capacidad de búsqueda de huéspedes y el porcentaje de parasitismo (García et al. 2008). En el mes de octubre de los años 2016 y 2017, se colectaron de 21 a 243 nueces infestadas con GBR en las cuatro huertas, sin embargo, no emergieron parasitoides de esas nueces; al respecto, se menciona que en rueznos infestados con larvas hibernantes del GBR, colectados durante todos los meses de un año en Coahuila, hubo mayor emergencia de parasitoides en las colectas de septiembre a noviembre; aunado a esto, se encontró parasitismo del 13.22% por *Calliephialtes grapholithae* en larvas hibernantes del GBR (Aguirre et al. 2010).

Los parasitoides encontrados en el ciclo 2016 fueron: *Apanteles epinotiae* Viereck (Braconidae), *Macrocentrus instabilis* Muesebeck (Braconidae), *Eupelmus* sp. (Eupelmidae) y *Brachymeria* sp. (Chalcididae). Durante el ciclo 2017, los parasitoides encontrados fueron: *Apanteles epinotiae* Viereck y *Macrocentrus instabilis* Muesebeck (Braconidae) (Cuadro 2.4).

En Coahuila se encontraron 14 especies de Hymenoptera parasítica, siendo los más comunes *Calliephialtes grapholithae*, *Phanerotoma fasciata* y *Apanteles* sp. (Aguirre et al. 2010); estas mismas especies fueron encontradas en los Estado Unidos en 1982, además de *Bracon variabilis*, la cual no había sido reportada parasitando al GBR (Gunaseena and Harris 1988). En Nuevo León se reportaron *Agahis acrobasis*, *Apanteles epinotiae*, *Orgilus lateralis*, *Phanerotoma phasciata*, *Perisierol cellularis*, *Elachertus* sp., *Pentalitomastix* sp., *Eupelmus cyaniceps*, *E. limneriae* y *Eurytoma* sp. (Guajardo y Ortiz 1967 y Reyes 1987). El género *Brachymeria* constituye un nuevo registro para la Región Lagunera.

Cuadro 2.4. Géneros y Especies de Parasitoides de *Cydia caryana*, en Huertas de Nogal de la Comarca Lagunera, México

Huerta	Familia	Género	Especie	No de insectos	Estado biológico de la plaga
Ciclo 2016					
FAZ-UJED	Braconidae	<i>Apanteles</i>	<i>A. epinotiae</i>	9	Larva
	Braconidae	<i>Macrocentrus</i>	<i>M. instabilis</i>	2	Larva
	Eupelmidae	<i>Eupelmus</i>	<i>E. sp.</i>	1	Larva
	Calcididae	<i>Brachymeria</i>	<i>B. sp.</i>	1	Larva
Total				13	
Ciclo 2017					
FAZ-UJED	Braconidae	<i>Apanteles</i>	<i>A. epinotiae</i>	1	Larva
	Braconidae	<i>Macrocentrus</i>	<i>M. instabilis</i>	2	Larva
Refugio	Braconidae	<i>Apanteles</i>	<i>A. epinotiae</i>	1	Larva
P.P. Hormiguero	Braconidae	<i>Apanteles</i>	<i>A. epinotiae</i>	1	Larva
Total				5	

En la huerta testigo se observó mayor actividad de parasitismo, lo que indica que el uso de plaguicidas tiene algún impacto sobre los parasitoides; además, cuando el uso de este tipo de insecticidas es minimizado o suspendido las poblaciones de enemigos naturales se incrementan y son más diversas (DeBach 1964). Aunado a lo anterior, los plaguicidas también afectan la actividad de los entomófagos, ya que presas expuestas a plaguicidas son menos preferidas por los enemigos naturales, los cuales evalúan la susceptibilidad, así como la regulación fisiológica y sistema de defensa del hospedero con el fin de maximizar su éxito reproductivo (Vinson & Iwantsch 1980).

No podemos prescindir tan fácilmente de los insecticidas, pero existen limitaciones en su uso debido a la conciencia ambiental, por lo que debemos utilizarlos de manera racional; además, se sugiere el uso de insecticidas bio-rationales y

minimizar o evitar los convencionales como Clorpirifós o Cipermetrinas por el costo ecológico que producen. Parte de esos costos están representados por el impacto negativo de los plaguicidas en insectos benéficos, los cuales juegan un papel importante en programas de manejo integrado de plagas. La finalidad común es minimizar los residuos de moléculas tóxicas en los agroproductos y reducir el contacto humano con los plaguicidas.

2.4. LITERATURA CITADA

- Aguilar, P. H. 2000. Diagnóstico de la incidencia y fluctuación poblacional del barrenador del tronco del nogal en el norte de Coahuila. 8^o Simposium Internacional Nogalero. NOGATEC. México. pp 44-47.
- Aguilar, P. H. 2007. Principales plagas de nogal en el estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Sitio Experimental Zaragoza. Folleto Técnico 14, Zaragoza, Coahuila, México. 30 p.
- Aguirre, A. L., E. Tucuch, and M. K. Harris. 1995. Oviposition and nut entry behavior of the pecan nut casebearer *Acrobasis nuxvorella*. Southwestern Entomologist. 20: 447- 451.
- Aguirre, L. A., M. Flores, A. Urrutia, E. Cerna, L. P. Guevara, Y. Ochoa y J. Landeros. 2010. Parasitismo natural de *Cydia caryana* (Fitch, 1856) (Lepidoptera: Tortricidae) y su potencial en control biológico. Folia Entomológica Mexicana. 49: 9-15.
- Askew, R. R. and J.L. Nieves A. 2000. The genus *Eupelmus* Dalman, 1820 (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eupelmidae) in Peninsular Spain and the Canary Islands, with taxonomic notes and descriptions of new species. Graellsia. 56: 49-61.
- Bengochea, P., P. Medina, F. Amor, M. Cánovas, P. Vega, R. Correia, F. García, M. Gómez, F. Budia, E. Viñuela and J. A. López. 2012. The effect of emamectin benzoate on two parasitoids, *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) and *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae),

- used in pepper greenhouses. Spanish Journal of Agricultural Research 2012 10: 806-814.
- Brunner, J. F., J. E. Dunley, M. D. Doerr and E. H. Beers. 2001. Effect of pesticides of *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae, parasitoids of leafrollers in Washington. Journal of Economic Entomology. 5: 1075-84.
- Cervantes, V. M.G., Orona C. I., Vázquez V. C., Fortiz H. M. y Espinoza A. J. J. 2018. Análisis comparativo de huertos de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en la Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9: 25-35.
- Cottrell, T. E., C. E. Yonce, and B. W. Wood. 2000. Seasonal occurrence and vertical distribution of *Euchistus servus* (Say) and *Euchistus tristigmus* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae) in pecan orchards. Journal of Entomological Science. 35(4): 421-431.
- DeBach, P. 1964. Biological Control of Insect Pests and Weeds. Chapman & Hall, London, UK. 844 p.
- Delvare, G. 1992. A reclassification of the Chalcidini with a checklist of the new world species 53:119-467 En: Delvare G. & Z. Boucek (1992) On the New World Chalcididae (Hymenoptera) Memoirs of the American Entomological Institute.
- Dutcher, J D. and J. W. Todd. 1983. Hemiptera kernel damage of pecan. Misc. Public. Entomol. Soc. Amer. 13:1-11.
- Eikenbary, R. D. 1988. The development of the HSW in pecans. pp: 49-50. In: Proc. Texas Pecan Grow. Ass.
- García, G. F., M. Ramírez G., V. M. Pinto, S. Ramírez A. 2008. Efectos adversos de plaguicidas en *Trichogramma* Westwood (Hymenóptera: Trichogrammatidae). 2008. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas VII: 177-186.
- Gaugler, R.1997. Alternative paradigms for comercializing biopesticides Phytoparasitica. 25(3):179-182.

- Gibson, G. A. P., J. T. Huber, and J. B. Woolley. 1997. Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). Ed. NRC Research Press Ottawa, Canada.
- Gray, O. S. 1973. Consider pollen when planting. *The Pecan quarterly*. 7(3): 24-25.
- Gregor, J. D., D. Eza, E. Ogasuku y M. J. Furlong. 2008. Uso de Insecticidas: Contexto y Consecuencias Ecológicas. *Rev Peru Mex Exp Salud Pública* 25: 74-100.
- Guajardo, T. H. y J. J. Ortiz H. 1967, Insectos Parásitos del Gusano de la Cáscara de la Nuez, *Laspeyresia caryana* (Fitch) en diversas Localidades de Nuevo León. *Folia Entomológica Mexicana* 15: 35-37.
- Gunasena, G. H., and M. K. Harris. 1988. Parasites of hickory shuckworm and pecan nut casebearer with five new host-parasite records. *Southwestern Entomologist* 13: 107-111.
- Lawrence, A. L. y T. R. Unruh. 2009. Biological control of codling moth (*Cydia pomonella*, Lepidoptera: Tortricidae) and its role in integrated pest management, with emphasis on entomopathogens. *Vedalia* 12: 33-60.
- Nava, C. U. y M. Ramírez D. 2002. Manejo integrado de plagas del nogal. In: *Tecnología de Producción en Nogal Pecanero*. Arreola A. J. y I. Reyes J. (eds.). Libro Técnico No. 3. Campo Experimental La Laguna, CIRNOC, INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. pp. 145-176.
- Oerke, E. C. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*. 144: 31–43
- Payne, J. A., and Heaton, E.K. 1975. The hickory shuckworm: Its biology, effect upon nut quality, and control. *Annu. Rep. Northern Nut Growers Assoc.* 66:19-25.
- Quiñones, P. F. J., S. H. Tarango R. y C. A. Blanco. 2009. Effect of Two Insecticides on Hickory Shuckworm¹ (Lepidoptera: Tortricidae) and Predators of Pecan Pests. *Southwestern Entomologist*. 34: 227-238.
- Reyes, V. F. 1987. Insectos Parásitos de los Lepidópteros Plaga del Nogal en Nuevo León; Análisis de su Potencialidad como Agentes de Control Biológico. *Folia Entomológica Mexicana* 72: 111-120.

- SAGARPA-SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx/>. (abril 2018).
- Symondson, W. O. C., K. D. Sunderland, and M. H. Greenstone. 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents?. *Annual Review of Entomology*. 47:561–94.
- Tarango, R. S. H. y R. Nava A. 1998. Captura de *Cydia caryana* (Fitch) (Lepidoptera: Tortricidae) con trampas de feromona y su relación con la fenología del nogal pecanero. *Vedalia* 4: 3-7.
- Thompson, T. E., and L. J. Grauke. 2012. 'Lipan' Pecan. *HortScience*, 47: 121-123.
- Vinson, S.B. & G.F. Iwantsch. 1980. Host suitability for insect parasitoids. *Annual Review of Entomology* 25: 397-419.
- Wharton, R. A., P. M. Marsh, and M. J. Sharkey. 1997. Manual of the New World genera of the family Braconidae (Hymenoptera). Special Publication of the International Society of Hymenopterists No. 1. Washington, DC.

CAPÍTULO 3. DIVERSIDAD DE INSECTOS ENTOMÓFAGOS EN HUERTAS DE NOGAL PECANERO CON USO DE INSECTICIDAS BIO-RACIONALES Y CONVENCIONALES

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue medir y comparar la diversidad de insectos entomófagos colectados con red entomológica, asociados a huertas de nogal pecanero en la Región Lagunera con diferentes métodos de manejo de plagas. Se realizaron colectas mensuales de abril a septiembre en 2016 y 2017, en cada una de las huertas que tuvieron cualquiera de los métodos de manejo: bio-racional, convencional y testigo. Se utilizaron los estimadores no paramétricos Chao1, Chao2, ACE, ICE y Michaelis-Menten. La mayor riqueza fue en el testigo (sin aplicación de insecticidas) con 37 especies y abundancia de 315 individuos; la riqueza con manejo bio-racional fue de 28 a 29 especies y abundancias de 192 a 315 individuos; mientras que, en la huerta con uso de insecticidas convencionales se observó la menor riqueza con 22 especies y abundancia de 108 individuos. Las huertas con manejo bio-racional mostraron más especies compartidas con el testigo (46%), que la huerta con insecticidas convencionales (37%). La diversidad gamma constó de 48 especies (colecta total). Las aplicaciones de los insecticidas convencionales afectan significativamente la diversidad y abundancia de los insectos entomófagos asociados a nogal; mientras que, los insecticidas bio-racionales pueden tener un menor impacto que los convencionales. Los entomófagos con mayor abundancia fueron *Chrysoperla comanche* y *Telenomus* spp. De acuerdo a estos resultados, las áreas menos perturbadas albergan mayor diversidad de insectos benéficos.

Palabras clave: insectos benéficos, riqueza, abundancia, estimadores.

ABSTRACT

The objective of this research was to measure and compare the alpha, beta and gamma diversity of entomophagous insects collected with an entomological network, associated with pecan orchards with different methods of pest control in the Region Lagunera. There were 12 monthly catches from April to September in 2016 and 2017, the orchards were with bio-rational, conventional and control. The nonparametric estimators Chao1, Chao2, ACE, ICE and Michaelis-Menten were used. The highest richness was in the control with 37 species and abundance of 315 individuals; the richness with bio-rational management was from 28 to 29 species and abundances from 192 to 315 individuals; while, in the orchard with use of conventional insecticides, we observed a richness of 22 species and abundance of 108 individuals. Orchards with bio-rational management showed more species shared with the control (46%) than the other orchard (37%). The gamma diversity consisted of 48 species and 966 individuals. Conventional insecticides significantly affect entomophagous insects associated with pecan orchards, and bio-rational insecticides have less impact than conventional insecticides. The most abundant entomophagous were *Chrysoperla comanche* and *Telenomus* spp. Less disturbed areas harbor greater diversity of beneficial insects.

Key words: beneficial insects, richness, abundance, estimators.

3.1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la nuez pecanera (*Carya illinoensis* (Wangenh K. Koch) es una actividad importante en México y ocupa el segundo lugar en producción después de Estados Unidos de América (Cervantes et al 2018). En nuestro País, la producción se concentra principalmente en los estados del norte, la superficie plantada fue de 114,464 ha, con una producción de 141,818 t (SAGARPA-SIAP 2017). La producción de nuez es afectada por plagas de importancia económica como el gusano barrenador de la nuez (GBN) *Acrobasis nuxvorella* Neunzig, gusano barrenador del ruezno (GBR) *Cydia caryana* Fitch y el complejo de pulgones formado por el pulgón amarillo *Monelliopsis pecanis* Bissell, el pulgón amarillo de alas con márgenes negros *Monellia caryella* Fitch y el pulgón negro *Melanocallis caryaefoliae* Davis (Nava y Ramírez 2002, Aguirre et al. 1995); otras plagas importantes son el salivazo *Clastoptera achatina* Germar (Aguilar 2007) y las chinches manchadoras de almendra como *Nezara viridula* L., *Euchistus servus* Say, *Chlorochroa ligata* Say, *Brochymena* spp. y chinche de patas laminadas *Leptoglossus zonatus* Dallas (Dutcher y Tood 1983, Cottrell et al. 2000). El control de estas plagas se realiza con insecticidas de diferentes grupos toxicológicos, mismos que afectan fauna benéfica, provocan resistencia en plagas, además de contaminar el ambiente (Symondson et al. 2002). En el agroecosistema nogal se encuentran diferentes insectos entomófagos (depredadores y parasitoides) de las plagas de este cultivo (Gunasena y Harris 1988, Aguirre et al. 2010, Torres et al. 2018); sin embargo, no se ha medido la diversidad de entomofauna en huertas de éste frutal. Uno de los métodos a utilizar para conocer la riqueza de especies total de una comunidad, fueron las curvas de acumulación de especies. Por lo anteriormente mencionado, el objetivo del presente trabajo fue medir y comparar la diversidad de especies de insectos entomófagos, asociados a huertas de nogal pecanero con diferentes métodos de manejo de plagas.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en cuatro huertas comerciales de 4.0 ha, de 35 años de edad en la Región Lagunera de Coahuila y Durango, estas fueron las siguientes: “P.P. Hormiguero”, en Matamoros, Coahuila (25°41'19.0"N, 103°20'1.5"O), con manejo bio-racional que incluyó 4 liberaciones de *Trichogramma pretiosum*, 5 aplicaciones de methoxyfenozide y una de benzoato de emamectina; “Ejido Hormiguero”, en Matamoros, Coahuila (25°41'5.0"N, 103° 20' 44.0"O), con manejo convencional donde se realizaron 6 aplicaciones de clorpirifós etíl y una de cipermetrina; “El Refugio”, en Gómez Palacio, Durango (25°35'27.8"N, 103° 31' 20.0"O), con manejo bio-racional con 5 aplicaciones de Spinetoram y el “FAZ-UJED”, en Gómez Palacio, Durango (25°46'82.0"N, 103° 21' 35.0"O), como testigo absoluto sin aplicación de insecticidas y algún otro método de manejo.

3.2.2. Muestreo y análisis de datos

El estudio se realizó en el 2016 y 2017 (de abril a septiembre) y se consideraron las mismas huertas para ambos ciclos y para los métodos de control de plagas correspondientes. Se realizaron 6 muestreos con intervalos mensuales durante cada ciclo. Se utilizó una red entomológica de 40 cm de diámetro, para cada muestra se consideraron 10 árboles al azar por sitio de muestreo, dando 10 golpes de red en la periferia del tercio inferior del árbol. Los especímenes colectados se conservaron en alcohol etílico al 70%, debidamente rotulados y se trasladaron al laboratorio para su diagnosis. Los especímenes se identificaron y corroboraron a nivel de género o especie con el apoyo de entomólogos especialistas Dr. Enrique Ruiz Cansino y Dra. Juana María Coronado Blanco, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (FIC-UAT) y la Dra. Dulce H. Zetina, del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

La riqueza y abundancia de los insectos entomófagos se compararon entre los diferentes métodos de control de plagas en las cuatro huertas de nogal. En cada uno de los predios se contabilizó el número total de especies (morfoespecies) de los insectos entomófagos, con esos datos se construyeron curvas de acumulación de especies para estimar la diversidad local (alfa), para ello se utilizaron los estimadores no paramétricos más ampliamente utilizados Chao 1 y Chao 2, ACE, ICE y Michaelis-Menten (Moreno 2001, Walther y Morand 1998 y Chao 1984) mediante el programa EstimateS versión 9.1 (Colwel 2013). El recambio de especies (diversidad beta) entre los diferentes métodos de manejo de plagas se comparó mediante métodos de ordenación y clasificación, para lo cual se construyó una matriz sintética de especies compartidas. La diversidad gamma o riqueza regional (dentro de varias unidades del paisaje) fue la suma de cada uno de los sitios de muestreo (diversidad alfa) y comprendió el listado total de especies de los cuatro predios (Moreno 2011).

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Diversidad alfa y abundancia

En la huerta con uso de insecticidas convencionales se colectaron 108 insectos benéficos (N), contenidos en 22 especies (S), 17 géneros, 16 familias y 5 órdenes; además, los principales depredadores encontrados fueron *Chrysoperla comanche* (15 individuos), *Lispe* sp.1. (8) y el parasitoide *Telenomus* sp.1 (36) (Cuadro 3.1).

En la huerta con manejo bio-racional con el uso del insecticida spinetoram se registró un total de 192 insectos benéficos (N) incluidos en 29 especies (S), 24 géneros, 19 familias y 5 órdenes; los depredadores más abundantes fueron *Lispe* sp.1 (20), *Chrysoperla comanche* (19) e *Hyppodamia convergens* (9); además, de los parasitoides: *Telenomus* sp.1 (40) y *Diversinervus* sp. (12) (Cuadro 3.2). En esta huerta se registraron más insectos benéficos y especies que donde se utilizaron insecticidas convencionales.

Cuadro 3.1. Diversidad de insectos entomófagos colectados en la huerta de nogal “Ejido Hormiguero” con manejo convencional con aplicación de clorpirifós etil y cipermetrina. Comarca Lagunera. México.

Morfoespecie	Ciclo 2016						Ciclo 2017						N
	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S	
<i>Olla v-nigrum</i>			1						1			1	3
<i>Zelus</i> sp.											1		1
<i>Orius insidiosus</i>			1	1			1						3
<i>Chrysoperla comanche</i>		1	5	4			1			3	1		15
<i>Chrysoperla nigricornis</i>											1		1
<i>Dolichopus</i> sp.		1											1
<i>Lispe</i> sp.1	1	1		2	1	1		1				1	8
<i>Lispe</i> sp.2								1					1
<i>Syrphus</i> sp.			1										1
<i>Distichona</i> sp.	1		1	1	1	1							5
<i>Aphidius</i> sp.1											1	1	2
<i>Aphidius</i> sp.2				1									1
<i>Telenomus</i> sp.1			1	3	3	13	2	9		1	3	1	36
<i>Telenomus</i> sp.2							1					2	3
<i>Lysirinia</i> sp.1			1								1		2
<i>Lysirinia</i> sp.2			1										1
<i>Quadrastichus</i> sp.			1	2						2	1		6
<i>Pnigalio</i> sp.	1			1									2
<i>Euritoma</i> sp.				1								1	2
<i>Diversinervus</i> sp.			1			1							2
Platygastridae sp.1					2	9							11
Mymaridae sp.1				1									1
N	3	3	14	17	7	25	5	11	1	6	9	7	108
S	3	3	10	10	4	5	4	3	1	3	7	6	

Cuadro 3.2. Diversidad de insectos entomófagos colectados en la huerta de nogal “Refugio” con uso de Spinetoram. Comarca Lagunera. México.

Morfoespecie	Ciclo 2016						Ciclo 2017						N
	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S	
<i>Olla v-nigrum</i>	1	1	1				2	2					7
<i>Harmonia axyridis</i>							4						4
<i>Hyppodamia convergens</i>		1	4	3	1								9
Staphylinidae sp.1				1									1
<i>Zelus</i> sp.		1							1				2
<i>Orius insidiosus</i>	4						1		2				7
<i>Nabis</i> sp.			1										1
<i>Chrysoperla comanche</i>	3		1	1		4	2	4	2	2			19
<i>Chrysoperla nigricornis</i>								1		2			3
<i>Chrysoperla carnea</i>										1			1
<i>Condylostylus</i> sp.	1		1		1								3
<i>Lispe</i> sp.1	1	8	2		5					4			20
<i>Lispe</i> sp.2										3	2		5
<i>Syrphus</i> sp.					1					1			2
<i>Aphidius</i> sp.1	1				1					1			3
<i>Aphidius</i> sp.2					5								5
<i>Chelonus</i> sp.		1	1		1								3
<i>Telenomus</i> sp.1				1	8	21	8				2		40
<i>Telenomus</i> sp.2							2						2
<i>Semiotellus</i> sp.						2	2				1		5
<i>Lysirinia</i> sp.						2							2
<i>Quadrastichus</i> sp.		1	2	2	1					1		1	8
<i>Euritoma</i> sp.				1									1
<i>Diversinervus</i> sp.			1		7	1	1	2					12
<i>Eupelmus</i> sp.			1										1
Cynipidae sp.1	1		1		1	1				1			5
Platygastridae sp.1	2		1		1				5			1	10
Mymaridae sp.1		1	1		7								9
Mymaridae sp.2					2								2
N	14	14	18	9	42	31	2	25	11	19	5	2	192
S	8	7	13	6	14	6	1	9	4	11	3	2	

En la huerta con uso de un agente de control biológico + methoxyfenozide y benzoato de emamectina, se colectaron 315 insectos benéficos (N) contenidos en 28 especies (S), 24 géneros, 17 familias y 5 órdenes; los depredadores más abundantes fueron *Chrysoperla comanche* (31), *Olla v-nigrum* (23) y *Lispe* sp.1 (17); además, de los parasitoides *Telenomus* sp.1 (109) y *Quadrastichus* sp. (36) (Cuadro 3.3). En esta huerta se registraron más insectos benéficos que en la huerta con uso de spinetoram, sin embargo, la diversidad fue similar.

En la huerta testigo sin uso de insecticidas, se colectó un total de 351 especímenes (N) incluidos en 37 especies (S), 30 géneros, 21 familias y 5 órdenes; los depredadores más abundantes fueron *Chrysoperla comanche* (63), *Olla v-nigrum* (29) y *Lispe* sp.1 (20); además, de los parasitoides *Telenomus* sp.1 (41), *Anastatus redivii* (34) y *Quadrastichus* sp. (17) (Cuadro 3.4). En esta huerta testigo se registró la mayor cantidad de insectos benéficos.

Cuadro 3.3. Diversidad de insectos entomófagos colectados en la huerta de nogal “P.P. Hormiguero” con uso combinado de *T. pretiosum*, methoxyfenozide y benzoato de emamectina. Comarca Lagunera. México.

Morfoespecie	Ciclo 2016					Ciclo 2017					N		
	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J		A	S
<i>Olla v-nigrum</i>		1	7	4	1	1	1	2	4	2			23
<i>Harmonia axyridis</i>												2	2
<i>Hyppodamia convergens</i>			4	6		2							12
<i>Zelus</i> sp.						2	1			1		1	5
<i>Sinea</i> sp.						1							1
<i>Orius insidiosus</i>	4												4
<i>Nabis</i> sp.			1										1
<i>Chrysoperla comanche</i>	2	6	8	4	1		1	2		5	2		31
<i>Chrysoperla nigricornis</i>					1					1			2
<i>Condylostylus</i> sp.	1		1		1				4				7
<i>Dolichopus</i> sp.									5				5
<i>Lispe</i> sp.	1	8	2		5				1				17
<i>Syrphus</i> sp.					1								1
<i>Lespesia archippivora</i>			1										1
<i>Aphidius</i> sp.1		1		1	1								3
<i>Aphidius</i> sp. 2					1	1							2
<i>Telenomus</i> sp.1		4	6	5	12	50	15	3	3	3		8	109
<i>Telenomus</i> sp.2			2	2					1	1		3	9
<i>Lysirinia</i> sp.1		2			1	1							4
<i>Lysirinia</i> sp.2					2	1							3
<i>Quadrastichus</i> sp.			3	1		1				22		9	36
<i>Pnigalio</i> sp.				1	1	1	3				2	4	12
<i>Euritoma</i> sp.			3	2	1					1	1		8
<i>Diversinervus</i> sp.						4							4
Cynipidae sp.1	1							2			1		4
Platygastridae sp.1	2				1	2							5
Platygastridae sp.2	2					1							3
Mymaridae sp.1		1											1
N	13	23	38	26	30	68	21	9	18	36	6	27	315
S	7	7	11	9	14	13	5	4	6	8	4	6	

Cuadro 3.4. Diversidad de insectos entomófagos colectados en la huerta de nogal “FAZ-UJED” sin uso de insecticidas. Comarca Lagunera. México.

Morfoespecie	Ciclo 2016						Ciclo 2017						N
	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S	
<i>Olla v-nigrum</i>			15				3	5	4			2	29
<i>Harmonia axyridis</i>												2	2
<i>Hyppodamia convergens</i>	1	1	4	4	1	2	2	2					17
<i>Cantharis fusca</i>									1				1
<i>Collops vittatus</i>						2							2
<i>Zelus sp.</i>								1					1
<i>Orius insidiosus</i>								1		3			4
<i>Chrysoperla comanche</i>	1	2	16	1		8	2	11	6	12	2	2	63
<i>Chrysoperla nigricornis</i>				1		1	1		1	2			6
<i>Chrysoperla carnea</i>							2	1				1	4
<i>Atomasia sp.</i>								1					1
<i>Condylostylus sp.</i>	1	2			1	1							5
<i>Dolichopus sp.</i>			1	1		1							3
<i>Enilia sp.</i>	1												1
<i>Lispe sp. 1</i>	1	1	4	1	6	5	1	1					20
<i>Lispe sp. 2</i>	1	1	3	1	3	1							10
<i>Tripanurga sp.</i>	1	1	3	1	1								7
<i>Salpingogaster sp.</i>					1					6			7
<i>Syrphus sp. 1</i>			6	1	1			1					9
<i>Syrphus sp. 2</i>					1								1
<i>Hougia sp.</i>										2			2
<i>Aphidius sp.</i>		2	1	4		1							8
<i>Aleiodes sp.</i>	1	1	2		1								5
<i>Telenomus sp. 1</i>	6	1	8	3	4	6	2	7	1	1		2	41
<i>Telenomus sp. 2</i>	1			2									3
<i>Lysirinia sp. 1</i>						1							1
<i>Lysirinia sp. 2</i>						1							1
<i>Quadrastichus sp.</i>			1	3	3	2				4		4	17

Continuación cuadro 3.4.

Morfoespecie	Ciclo 2016						Ciclo 2017						N
	A	M	J	J	A	S	A	M	J	J	A	S	
<i>Pnigalio</i> sp. 1	1	1	1	2	1		2	2	4				14
<i>Pnigalio</i> sp. 2			1	1	2	1							5
<i>Anastatus redivii</i>				6	8	4			5	8	3		34
<i>Eurytoma</i> sp.	1	2							8				11
<i>Doliopria</i> sp.					5								5
<i>Eupelmus</i> sp.				1	1								2
Cynipidae sp. 1						1	1						2
Platygastridae sp. 1		1	1		4								6
Platygastridae sp. 2					1								1
N	15	15	69	32	46	39	4	30	20	44	21	16	351
S	10	12	16	16	18	17	2	9	10	10	6	7	

En la Figura 3.1 se muestra la riqueza específica observada (S Obs) y la estimada con base en los estimadores no paramétricos Chao1, Chao2, ACE, ICE y Michaelis-Menten, para los diferentes métodos de control de plagas en huertas de nogal pecanero. Los estimadores Chao1 y ACE basados en abundancia (estructura) presentaron el mejor desempeño (mayor porcentaje de especies colectada) para las huertas manejadas con métodos bio-rationales (B y C) y testigo (D), sin embargo, para la huerta con uso de insecticidas convencionales como clorpirifós etil (A), el mejor estimador de riqueza fue Chao2 basado en incidencia, además del estimador Chao1.

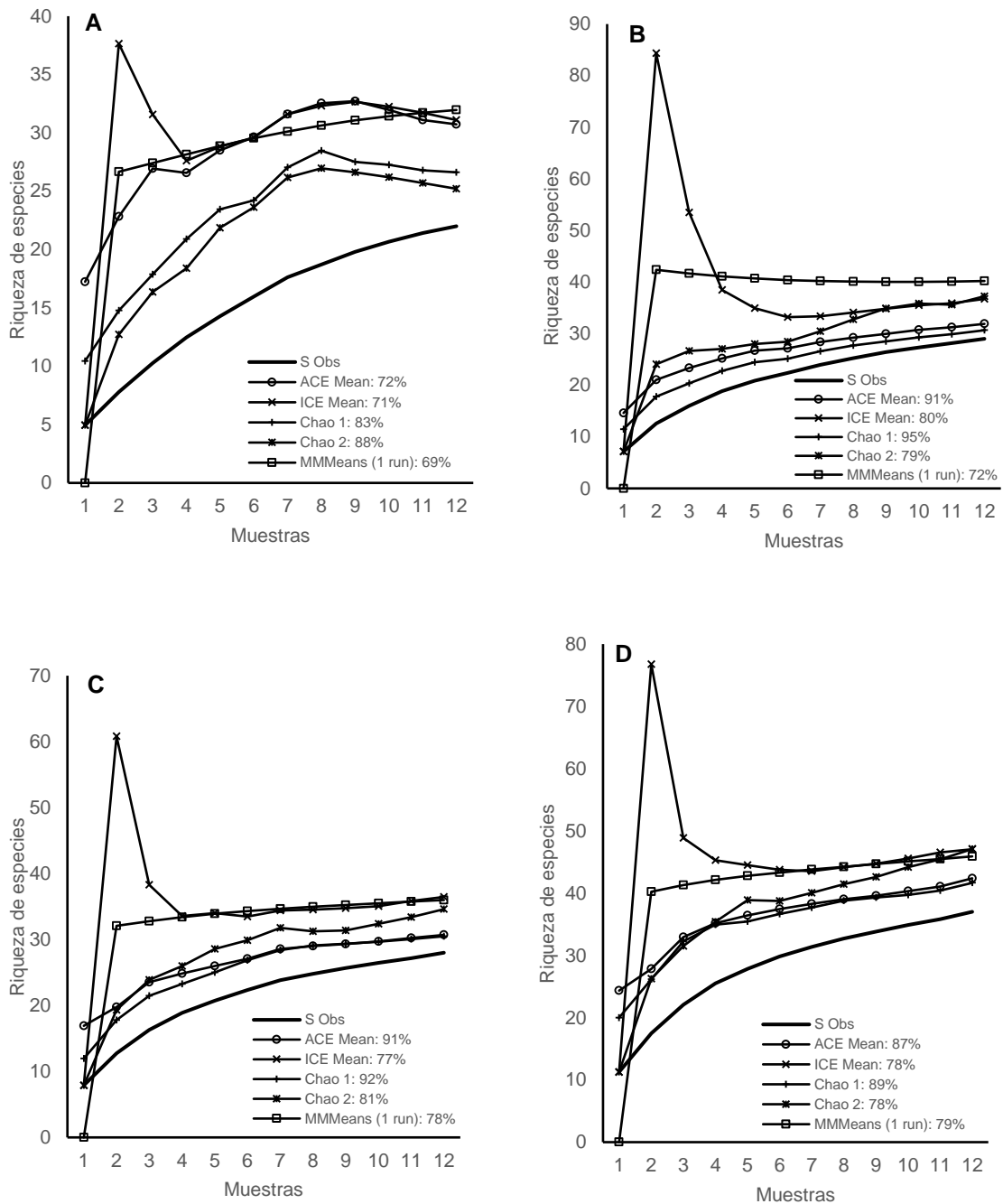


Figura 3.1. Curvas de acumulación de especies de insectos entomófagos asociados a nogal con estimadores no paramétricos (Chao1, Chao2, ACE, ICE y Michaelis-Menten). Huerto con aplicaciones de clorpirifós y cipermetrina (A), spinetoram (B), uso combinado de *T. pretiosum*, methoxyfenozide y benzoato de emamectina (C), y huerto testigo (D). Comarca Lagunera, México.

3.3.2. Diversidad beta

En el Cuadro 3.5 se muestra la diversidad beta de especies compartidas de insectos entomófagos en huertos de nogal con diferentes métodos de manejo de plagas. Se recolectaron 48 especies en los cuatro sitios de muestreo, donde la huerta testigo (FAZ-UJED), presentó más especies compartidas con las huertas donde se utilizaron métodos bio-rationales (Refugio y P.P. Hormiguero) con respecto a convencionales (Ej. Hormiguero). Por ejemplo, el testigo presentó 18, 21 y 22 especies compartidas para las huertas Ej. Hormiguero, Refugio y P.P. Hormiguero, respectivamente. Por otra parte, las huertas testigo y con uso de spinetoram presentaron más especies diferentes entre sí (24), y las huertas P.P. Hormiguero y Ej. Hormiguero menos especies diferentes entre sí (10).

Cuadro 3.5. Diversidad beta de especies compartidas de insectos entomófagos, capturados en huertas de nogal pecanero con diferentes métodos de manejo de plagas en 2016 y 2017. Comarca Lagunera, México.

Huerta	FAZ-UJED	Refugio	P.P. Hormiguero	Ej. Hormiguero
FAZ-UJED (testigo)	0	21	22	18
Refugio (Spinetoram)	24	0	22	18
P.P. Hormiguero (Bio-rac.)	21	13	0	20
Ej. Hormiguero (Convenc.)	23	15	10	0

3.3.3. Diversidad gamma

En el cuadro 3.6 se muestra la diversidad gamma (riqueza regional) considerando las cuatro huertas experimentales de nogal. Se colectó un total de 966 especímenes (N) incluidos en 48 especies (S), 40 géneros, 25 familias y 5 órdenes; los parasitoides más abundantes fueron *Telenomus* sp.1 (226) y *Quadristichus* sp. (67) y los depredadores *Chrysoperla comanche* (128), *Lispe* sp.1 (65) y *Olla v-nigrum* (62). Se registraron 7 especies con un espécimen, los cuales son no comunes.

Cuadro 3.6. Diversidad gamma de insectos entomófagos, capturados en huertas de nogal pecanero en 2016 y 2017. Comarca Lagunera, México.

Morfoespecie	FAZ- UJED	Refugio	P.P. Hormiguero	Ej. Hormiguero	N
<i>Olla v-nigrum</i>	29	7	23	3	62
<i>Harmonia axyridis</i>	2	4	2	0	8
<i>Hyppodamia convergens</i>	17	9	12	0	38
<i>Cantharis fusca</i>	1	0	0	0	1
<i>Collops vittatus</i>	2	0	0	0	2
Staphylinidae sp.1	0	1	0	0	1
<i>Zelus</i> sp.	1	2	5	1	9
<i>Sinea</i> sp.	0	0	1	0	1
<i>Orius insidiosus</i>	4	7	4	3	18
<i>Nabis</i> sp.	0	1	1	0	2
<i>Chrysoperla comanche</i>	63	19	31	15	128
<i>Chrysoperla nigricornis</i>	6	3	2	1	12
<i>Chrysoperla carnea</i>	4	1	0	0	5
<i>Atomasia</i> sp.	1	0	0	0	1
<i>Condylostylus</i> sp.	5	3	7	0	15
<i>Dolichopus</i> sp.	3	0	5	1	9
<i>Enilia</i> sp.	1	0	0	0	1
<i>Lispe</i> sp. 1	20	20	17	8	65
<i>Lispe</i> sp. 2	10	5	0	1	16
<i>Tripanurga</i> sp.	7	0	0	0	7
<i>Salpingogaster</i> sp.	7	0	0	0	7
<i>Syrphus</i> sp. 1	9	2	1	1	13
<i>Syrphus</i> sp. 2	1	0	0	0	1
<i>Distichona</i> sp.	0	0	0	5	5
<i>Hougia</i> sp.	2	0	0	0	2
<i>Lespesia archippivora</i>	0	0	1	0	1
<i>Aphidius</i> sp. 1	8	3	3	2	16
<i>Aphidius</i> sp. 2	0	5	2	1	8
<i>Aleiodes</i> sp.	5	0	0	0	5

Continuación cuadro 3.6.

Morfoespecie	FAZ- UJED	Refugio	P.P. Hormiguero	Ej. Hormiguero	N
<i>Chelonus</i> sp.	0	3	0	0	3
<i>Telenomus</i> sp. 1	41	40	109	36	226
<i>Telenomus</i> sp. 2	3	2	9	3	17
<i>Semiotellus</i> sp.	0	5	0	0	5
<i>Lysirinia</i> sp. 1.	1	2	4	2	9
<i>Lysirinia</i> sp. 2	1	0	3	1	5
<i>Quadrastichus</i> sp.	17	8	36	6	67
<i>Pnigalio</i> sp. 1	14	0	12	2	28
<i>Pnigalio</i> sp. 2	5	0	0	0	5
<i>Anastatus redivii</i>	34	0	0	0	34
<i>Eurytoma</i> sp.	11	1	8	2	22
<i>Diversinervus</i> sp.	0	12	4	2	18
<i>Doliopria</i> sp.	5	0	0	0	5
<i>Eupelmus</i> sp.	2	1	0	0	3
Cynipidae sp. 1	2	5	4	0	11
Platygastridae sp. 1	6	10	5	11	32
Platygastridae sp. 2	1	0	3	0	4
Mymaridae sp. 1	0	9	1	1	11
Mymaridae sp. 2	0	2	0	0	2
N	351	192	315	108	966
S	37	29	28	22	48

3.4. DISCUSIÓN

El cultivo de nogal pecanero en México es una actividad en amplio crecimiento, con un atractivo mercado nacional y en los Estados Unidos de América (Orona et al, 2013); sin embargo, cada vez es mayor la exigencia de ofrecer al consumidor un producto más inocuo, por lo tanto, el reto de productores e investigadores es enfrentar el dilema que emerge de la homogenización de los Agroecosistemas y el

incremento de plagas y enfermedades que pueden alcanzar niveles devastadores en monocultivos uniformes. Aunque se cuenta con un listado de especies de parasitoides y depredadores asociadas a nogal (Nikels et al. 1950, Gunasena and Harris 1988, Romero et al. 2001, Aguirre et al. 2010, Torres et al. 2018) que pueden estar ejerciendo un control biológico natural, dicha entomofauna no se ha descrito de manera analítica que exprese la riqueza y abundancia de especies (Escalante 2003).

Las tendencias que se observaron en los resultados coinciden con lo esperado, en la huerta testigo se encontró mayor diversidad alfa, es un sitio no perturbado con uso de insecticidas; por otra parte, cuando el uso de plaguicidas convencionales de amplio espectro como el clorpirifós etíl u otros organofosforados es minimizado o suspendido, las poblaciones de enemigos naturales se incrementan y llegan a ser más diversas (DeBach 1964). Entre las huertas con uso de métodos bio-rationales de manejo de plagas, se encontró una riqueza de especies similar, sin embargo, la abundancia fue mayor donde se utilizó la combinación de insecticidas de bajo impacto en la fauna benéfica y control biológico, que con uso de solo spinetoram; esta diferencia fue influenciada fuertemente por individuos del género *Telenomus* spp., el cual parasita principalmente huevos de la chinche *Euschistus servus* y en menor ocurrencia a *Brochymena sulcata*, ambas plagas de la nuez (Tarango y González 2009). Lo anterior puede ayudar a explicar la mayor abundancia de dicho parasitoide. En la huerta con uso de insecticidas convencionales, se encontró menor riqueza y abundancia de especies de insectos entomófagos, además, los insecticidas convencionales clorpirifós etíl y cipermetrina, que se aplicaron al ser de amplio espectro afectan el desarrollo y actividad de los insectos entomófagos. Al respecto se menciona que el uso de sustancias químicas sintéticas agregadas en los agroecosistemas convencionales perjudican principalmente a los enemigos naturales de los insectos fitófagos, disminuyendo la regulación natural de los insectos plaga (Zalazar y Salvo 2007); además, reducen en los parasitoides su fecundidad, la capacidad de búsqueda de huéspedes y el porcentaje de parasitismo (García et al. 2008, Liu et al 2008, y Rimoldi 2012).

Los resultados de los estimadores basados en abundancia que mostraron mejor desempeño fueron Chao1 y en segundo lugar ACE, esto para las huertas testigo y uso de métodos bio-rationales; mientras que, para la huerta con aplicación de insecticidas convencionales, el mejor fue Chao2 (basado en incidencia) y Chao1. El uso de métodos bio-rationales presentó menor impacto negativo en los insectos benéficos que los convencionales; sin embargo el uso de spinetoram impactó más en abundancia que en riqueza de especies.

En la huerta testigo, se colectó el 89% de las especies; en las huertas con uso de métodos bio-rationales se colectó del 92 al 95% de las especies; y donde se utilizaron insecticidas convencionales se colectó del 83 al 88% de las especies. Se utilizan modelos de estimación en los que se considera que las muestras son representaciones incompletas de las comunidades (Moreno et al 2011). En un estudio de diversidad de depredadores en arroz orgánico, se reportó para Chao1 el 90% de especies colectadas y 75% para Chao2 y un desempeño del 74 y 75% para Cha1 y Chao2, respectivamente, en un área de conservación (González et al 2014). Generalmente, los estimadores muestran menor desempeño en las áreas menos perturbadas, ya que albergan mayor riqueza que áreas con factores de disturbio. Los datos de la presente investigación contienen porcentajes de especies colectadas mayores del 90% para las huertas con manejo bio-razional de plagas, y menores de éste porcentaje en la huerta testigo; sin embargo, la huerta con uso de insecticidas convencionales mostró el menor porcentaje de especies colectadas (83 a 88%). Los estimadores son una herramienta muy útil para saber si se requiere realizar un segundo estudio en una zona, aun cuando se obtenga una asíntota en la curva de acumulación de especies, incluso puede ser importante en términos de costos, para reducir o aumentar la intensidad de muestreo (Escalante 2003). En el presente estudio se requiere incrementar el número de muestras durante todo el año y durante varios ciclos agrícolas, ya que algunas especies de parasitoides presentan mayor incidencia de septiembre a noviembre (Aguirre 2010).

Los resultados de la presente investigación también muestran números similares de especies compartidas entre las huertas testigo y uso de métodos bio-rationales (46%), mientras que, la huerta con uso de insecticidas convencionales presentó menos especies compartidas con las tres huertas (37%); esta diversidad gama también nos ayuda a explicar el impacto de los insecticidas convencionales en los insectos entomófagos asociados a huertas de nogal pecanero. En algunos reportes, se menciona que en sistemas de producción más intensivos, aumenta la abundancia de insectos fitófagos y disminuye la de entomófagos, lo cual se atribuye a que los enemigos naturales son más susceptibles que sus presas a los insecticidas convencionales (Symington 2003, y Gregor et al. 2008). La suma de la diversidad alfa da como resultado la diversidad gamma, en la cual se puede apreciar la diversidad de un paisaje o una región, en este estudio se recolectaron 966 individuos (N) incluidos en 48 morfoespecies (S), esta información está basada en 4 huertas de nogal con diferentes métodos de manejo de plagas, la inclusión de un mayor número de huertas representativas de cada tipo de práctica agrícola (replicas para el análisis de datos), posiblemente permitirá alcanzar niveles de significancia para mejorar el conocimiento de la riqueza existente (Zalazar y Salvo 2007).

Se colectó la mayor diversidad de especies entre los meses de junio y julio para ambos ciclos agrícolas, además, de agosto para el 2017. El Orden Hymenoptera presentó la mayor riqueza y abundancia en las 4 huertas y de éstas, en la huerta testigo aumentaron los himenópteros; de la misma manera, éste grupo de parasitoides fue mayor para la diversidad regional. Esto coincide con lo propuesto por otros autores, quienes mencionan que éste grupo es un bioindicador de condiciones de escaso disturbio (Kevan 1999 y Paoletti 1999). El segundo lugar en riqueza fue el Orden Diptera dentro de huertas y entre ellas, también presentó esta posición en diversidad regional (gamma); al respecto algunos estudios mencionan que la composición de especies de insectos depredadores exclusivas y en común, colectadas en cultivo de arroz orgánico y área protegida, pertenecen a los órdenes Hymenoptera y Diptera, grupos con reconocidas especies entomófagas en agroecosistemas (González et al 2014). De los insectos depredadores, Neuroptera fue

el más abundante dentro de huertas y entre éstas, específicamente *Chrysoperla comanche*, la cual juega un papel importante en la regulación de las poblaciones de áfidos del nogal.

El uso de métodos bio-rationales para el manejo de plagas, así como de otros componentes tecnológicos coadyuva a mantener la fauna benéfica en las huertas de nogal, por ejemplo, los cultivos perennes son lugares adecuados para el crecimiento y desarrollo de los ciclos de vida de los insectos, sobre todo en épocas desfavorables (Zumoffen et al 2010). Lo anterior permitirá preservar y aumentar la diversidad y abundancia de los insectos benéficos en los agroecosistemas, los cuales ejercen un control natural y gratuito de plagas que afectan rendimiento y calidad de las cosechas, especialmente en las huertas productoras de nuez pecanera; todo esto coadyuva a una producción más sustentable y contribuye a la conservación de recursos naturales.

3.5. LITERATURA CITADA

- Aguilar P., H. 2007. Principales plagas de nogal en el estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Sitio Experimental Zaragoza. Manual Técnico 14, Zaragoza, Coahuila, México. 30 p.
- Aguirre, A. L., E. Tucuch, and M. K. Harris. 1995. Oviposition and nut entry behavior of the pecan nut casebearer *Acrobasis nuxvorella*. Southwestern Entomologist 20: 447- 451.
- Aguirre, L. A., M. Flores, A. Urrutia, E. Cerna, L. P. Guevara, Y. Ochoa y J. Landeros. 2010. Parasitismo natural de *Cydia caryana* (Fitch, 1856) (Lepidoptera: Tortricidae) y su potencial en control biológico. Folia Entomológica Mexicana. 49: 9-15.
- Cervantes, V. M.G., Orona C. I., Vázquez V. C., Fortiz H. M. y Espinoza A. J. J. 2018. Análisis comparativo de huertos de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en la Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9(1): 25-35.

- Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*. 11:265-270.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS 9.1.0: statistical estimation of species richness and shared species from samples. University of Connecticut. Disponible: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/estimatespages/estimates.php>. [Fecha revisión: 01 agosto 2018].
- Cottrell, T. E., C. E. Yonce, and B. W. Wood. 2000. Seasonal occurrence and vertical distribution of *Euchistus servus* (Say) and *Euchistus tristigmus* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae) in pecan orchards. *Journal of Entomological Science* 35: 421-431.
- DeBach, P. 1964. *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Chapman & Hall, London, UK. 844 p.
- Dutcher, J. D. and J. W. Todd. 1983. Hemiptera kernel damage of pecan. *Miscellaneous publications of the Entomological Society of America* 13: 1-11.
- Escalante, E. T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: Ciencia y Cultura*, Número 052. BUAP. Puebla, México. 53-56.
- García, G. F., M. Ramírez G., V. M. Pinto, S. Ramírez A. 2008. Efectos adversos de plaguicidas en *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). 2008. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas VII*: 177-186.
- González F., M. L., Jahnke S. M., Morais R. M., Da Silva G. S. 2014. Diversidad de insectos depredadores en área orizícola orgánica y de conservación, en Viamão, RS, Brasil. *Revista Colombiana de Entomología* 40: 120-128.
- Gregor, J. D., D. Eza, E. Oigusuku and M. J. Furlong. 2008. Uso de Insecticidas: Contexto y Consecuencias Ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 25: 74-100.
- Gunasena, G. H., and M. K. Harris. 1988. Parasites of hickory shuckworm and pecan nut casebearer with five new host-parasite records. *Southwestern Entomologist* 13: 107-111.

- Kevan, P.G. 1999. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: Species, activity and diversity. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74: 373-393.
- Liu Y, Lu Y, Wu K., Kris A. G. W., and Xue F. 2008. Lethal and sublethal effects of endosulfan on *Apolygus lucorum* (Hemiptera: Miridae). *Journal of Economic Entomology*. 101: 1805-1810
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M y T Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Moreno C. E., F. Barragán, E. Pineda, y N. P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 1249-1261.
- Nava, C. U. y M. Ramírez D. 2002. Manejo integrado de plagas del nogal. In: Tecnología de Producción en Nogal Pecanero. Arreola A. J. y I. Reyes J. (eds.). Libro Técnico No. 3. Campo Experimental La Laguna, CIRNOC, INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. pp. 145-176.
- Nickels, C. B., W. C. Pierce, and C. C. Pinkney. 1950. Parasites of the pecan nut casebearer in Texas. USDA. Technical Bulletin 1011: 21 p.
- Orona C. I, D. M. Sangerman-Jarquín, M. Fortis H., C. Vázquez V., y M. A. Gallegos R. 2013. Producción y comercialización de nuez pecanera (*Carya Illinoensis* Koch) en el norte de Coahuila, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 461-476.
- Paoletti, M.G. 1999. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74: 1-18.
- Rimoldi F., M. I. Schneider, and A. E. Ronco. 2012. Short and Long-Term Effects of Endosulfan, Cypermethrin, Spinosad, and Methoxyfenozide on Adults of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Economic Entomology*. 105: 1982-1987.
- Romero J. C., Ellington J. J., y Richman D. B. 2001. Pecan Nut Casebearer, *Acrobasis nuxvorella* Neuzing Parasites collected in Doña Ana County, NM and El Paso County, TX. *Southwestern Entomologist* 26: 269-270.

- SAGARPA-SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx/>. (abril 2018).
- Symington S. A. 2003. Lethal and sublethal effects of pesticides on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) and its parasitoid *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae) Crop protection. 22: 513-519.
- Symondson, W. O. C., K. D. Sunderland, and M. H. Greenstone. 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? Annual Review of Entomology 47: 561–94.
- Tarango Rivero, S. H., and A. González H. 2009. Especies, Fluctuación Poblacional y Enemigos Naturales de Chinchas (Hemiptera: Pentatomidae, Coreidae, Largidae) asociadas a Nogal Pecanero. Southwestern Entomologist 34: 305-318.
- Torres-Delgado, M. G., E. Ruíz C., V. Ávila R., U. Nava C., J. M. Coronado B., O. G. Alvarado G. and E. Morales O. 2018. Parasitoids of the pecan casebearer, *Acrobasis nuxvorella* Neuzing in the comarca Lagunera, Mexico. Southwestern Entomologist 43: 175-181.
- Walther, B. A., and Morand, S. 1998. Comparative performance of species richness estimation methods. Parasitology 116: 395- 405.
- Zalazar L, y A Salvo. 2007. Entomofauna Asociada a Cultivos Hortícolas Orgánicos y Convencionales en Córdoba, Argentina. Neotropical Entomology 36: 765-773.
- Zumoffen L., L. Salto, y M. Signorini. 2010. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) como reservorio de insectos entomófagos. Revista FAVE – Ciencias Agrarias 9: 73-82.

ESTRATEGIA DE MANEJO BIO-RACIONAL DE BARRENADORES DE LA NUEZ Y DEL RUEZNO

Para controlar eficiente y oportunamente a los barrenadores de la nuez (GBN) y del ruezno (GBR), es necesario considerar las estrategias dentro de un programa de manejo integrado de plagas (MIP). Las estrategias involucran el monitoreo (trampeo y muestreo directo), los umbrales económicos (UE) y los modelos de predicción. Los métodos de manejo deben involucrar el uso de estrategias como control cultural, biológico y uso de productos bio-rationales como los jabones agrícolas, extractos vegetales, hongos entomopatógenos, uso de bacterias y virus; además de aspersiones de insecticidas selectivos de bajo impacto en la fauna benéfica presente en las nogaleras. Sin embargo, es muy importante tomar en cuenta los UE que se han establecido para estos barrenadores para evitar que éstos alcancen el nivel de daño económico (NDE).

Para controlar al **GBN**, se sugiere establecer trampas con feromona sexual sintética a inicios de abril y revisarlas cada 2 días hasta registrar las primeras capturas, posteriormente, será de manera semanal. Adicionalmente, se recomienda, realizar cuatro liberaciones semanales de *Trichogramma pretiosum* a dosis de 20-25 pulgadas² (40-50 mil tricogramas/ha), una semana después de las primeras capturas de palomillas en trampas. En este momento de capturas se sugiere iniciar con muestreos directos en racimos para definir oportunamente la toma de decisión de iniciar acciones de manejo (muestreos cada 2 días), si la densidad de la plaga alcanza el UE de dos racimos infestados de 310 muestreados, entonces se deberá realizar una aplicación de *Bacillus thuringiensis* var *Kurstaki* a dosis de 2 kg/ha; pero si el daño es mayor, entonces se deberá programar la aplicación del insecticida spinetoram (espinosina) a dosis de 400 mL/ha o de methoxyfenozide (regulador del crecimiento de insectos), a dosis de 35 mL/ha en 1000 L de agua más un coadyuvante. En junio, de ser necesario, realizar otra acción de manejo con alguno de los métodos bio-rationales, según el nivel de infestación, aplicando ya sea *B. thuringiensis* o un insecticida bio-rationale como el spinetoram (espinosina).

Para el control del **GBR**, se recomienda establecer las trampas con feromona sexual sintética desde inicios de julio y revisarlas cada 3 días o semanalmente y cuando se haya alcanzado el UE de un promedio de 5 palomillas/trampa/día en 3 días consecutivos, se deberán realizar aplicaciones de algún producto a base de hongos entomopatógenos, por ejemplo, 500 g/ha del complejo *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Verticillium lecanii* (presentación comercial de los 3 hongos con buen control), otra opción es aplicar extractos vegetales a base de neem o ajo e higuerrilla (2 L/ha). Generalmente esta plaga es muy agresiva y puede presentar poblaciones muy altas (hasta 200 o más palomillas promedio en trampas/ semana), cuando esto suceda, se recomienda aplicar spinetoram a 400-500 mL/ha, o benzoato de emamectina a 600 g/ha. Posteriormente, se debe continuar con el monitoreo, ya que este barrenador presenta generaciones superpuestas y generalmente se requiere implementar acciones adicionales de control, que de acuerdo al nivel de la población, será el método de manejo a utilizar, siempre y cuando sea de manera bio-racional para no afectar fauna benéfica.

En la estrategia de manejo de los barrenadores del fruto, se recomienda usar insecticidas selectivos, que no afecten a la fauna benéfica existente en las huertas nogaleras, siempre considerando las herramientas de monitoreo de las plagas y usando las estrategias más amigables con los agroecosistemas, de igual manera y de ser necesario el uso de insecticidas, las aplicaciones deberán sincronizarse con el control biológico por aumento, buscando no afectar las liberaciones de tricogramas en las huertas.

CONCLUSIONES GENERALES

- El método de control mediante el uso de productos bio-rationales que presentó mejor efectividad de control de los barrenadores de la nuez y del ruezno fue el spinetoram.
- Los parasitoides asociados al barrenador de la nuez detectados con mayor frecuencia fueron: *Apanteles epinotiae*, *Macrocentrus instabilis* y *Goniozus nephantidis*; además, *M. instabilis* constituye nuevo registro para el estado de Durango, México.
- El parasitoide más común asociado al barrenador del ruezno fue: *Apanteles epinotiae*. Además *Brachymeria* sp. constituye un nuevo registro para la Comarca Lagunera, México.
- En el huerto donde no se aplicaron plaguicidas, la diversidad alfa fue mayor, siendo los mejores estimadores ACE, Chao1 y Chao2; donde los dos primeros estiman con base en abundancia (individuos) y el último con Incidencia (riqueza o especies).