

## Enemigos naturales asociados al pulgón lanígero en huertos de manzano con diferente manejo de plagas\*

### Natural enemies associated with woolly aphid in apple orchards with different pest management

María Fátima Ordoñez Beltrán<sup>1</sup>, Juan Luis Jacobo Cuéllar<sup>1§</sup>, Ernesto Quintana López<sup>2</sup>, Rafael Ángel Parra Quezada<sup>1</sup>, Víctor Manuel Guerrero Prieto<sup>1</sup> y Claudio Ríos Velasco<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Extensión Cuauhtémoc-Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Presa de la Amistad núm. 201. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. CP. 31510. Tel. (01) 625 5826825. (fatorb@hotmail.com; raparra@uach.mx; vguerrero@uach.mx). <sup>2</sup>Grupo de Especialidades y Desarrollo Agronómico, S. A. de C. V. Carretera Cuauhtémoc-Álvaro Obregón, km 3.5, núm. 2015. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. CP. 31604. (greda\_1@prodigy.net.mx). <sup>3</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Cuauhtémoc, Chihuahua. Av. Río Conchos S/N Parque Industrial. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. CP. 31570. (claudio.rios@ciad.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: jljacobo@uach.mx.

#### Resumen

El pulgón lanígero (*Eriosoma lanigerum* Hausmann) es un fitófago que incide en huertos de manzano [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var *domestica* (Borkh) Mansf.] establecidos en el estado de Chihuahua. Para su combate se ha privilegiado el uso de insecticidas convencionales, incurriendo en aplicaciones extemporáneas que posiblemente repercuten en la baja ocurrencia de enemigos naturales. Con base en lo anterior y la reducida información sobre enemigos naturales del pulgón lanígero del manzano en México, durante los años 2011 y 2012 se realizó el presente trabajo con la finalidad de identificar la incidencia de depredadores y parasitoides asociados a colonias de pulgón lanígero en huertos de manzano con diferente manejo de plagas. Por manejo del huerto, se detectaron 38 y 35 ejemplares para los huertos sin manejo y con manejo integrado de plagas, valores que fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes a los 12 ejemplares detectados en el huerto con manejo convencional. Las especies de depredadores asociadas a colonias de pulgón lanígero en Chihuahua fueron: *Hippodamia convergens*, *Chrysopa nigricornis*, *Chrysopa oculata*, *Chrysoperla rufilabris*, *Chrysoperla*

#### Abstract

The woolly aphid (*Eriosoma lanigerum* Hausmann) is a phytophagous disease affecting apple orchards [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var *domestica* (Borkh) Mansf.] established in Chihuahua state. In order to fight them it has been privileged the use of conventional insecticides, incurring in extemporaneous applications that possibly have repercussions in the low occurrence of natural enemies. Based on the above and the reduced information on natural enemies of woolly aphid in México, during the years 2011 and 2012 the present research was carried out with the purpose of identifying the incidence of predators and parasitoids associated with colonies of woolly aphid in apple orchards with different pest management. By orchard management, 38 and 35 individuals were detected in orchards without management and with integrated pest management, values that were statistically equal to each other and different from the 12 individuals detected in the orchard with conventional management. The species of predators associated with colonies of woolly aphid in Chihuahua were: *Hippodamia convergens*, *Chrysopa nigricornis*, *Chrysopa oculata*, *Chrysoperla rufilabris*,

\* Recibido: mrzo de 2017  
Aceptado: mayo de 2017

*comanche*, *Chrysopa* spp., *Allograpta obliqua*, *Sirphus* sp. y *Toxomerus* sp., mientras que como parasitoides se detectó solo a *Aphelinus mali*.

**Palabras clave:** *Malus sylvestris* var *domestica*, *Eriosoma lanigerum*, depredadores, parasitoides.

## Introducción

Dentro del complejo de fitófagos que inciden en manzano, el pulgón lanígero se ha incrementado durante los últimos años, posiblemente debido al aumento de las temperaturas máximas, escasa precipitación (Ramírez *et al.*, 2011) y a la reducción de agentes de control biológico natural (Gontijo *et al.*, 2012) que con frecuencia son diezmados por el uso de insecticidas (Penman y Chapman, 1980). El insecto al alimentarse ocasiona hipertrofia y ruptura de tejido en raíces y parte aérea de los árboles de manzano (Brown *et al.*, 1991), que puede reducir el flujo de savia y favorecer el ingreso de hongos fitopatógenos (Weber y Brown, 1988). Poblaciones altas y recurrentes del fitófago, pueden reducir el vigor, la productividad del árbol y la calidad del fruto al ocupar espacios en el interior del canal estilar y los lóculos de la semilla (Brown *et al.*, 1995).

Con relación a los enemigos naturales del pulgón lanígero, se han registrado las especies de coccinélidos: *Adalia bipunctata* (L.), *Coccinella septempunctata* L., *Coccinella transversoguttata* Brown, *Harmonia axydiris* Pallas, *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Hippodamia tredecimpunctata* (L.); sírfidos: *Heringia calcarata* (Loew), *Syrphus opinatur* Osten Sacken, *Eupeodes fumipennis* Thomson, *E. americanus* Wiedeman, *Syritta pipiens* (L.), *Eumerus stigatus* (Fallen), *Melangyna umbellatarum* (F.); crisópidos: *Chrysopa nigricornis* Burmeister, *Chrysoperla plorabunda* (Fitch), *Hemerobius* spp.; dermápteros: *Forficula auricularia* L. y el parasitoid *Aphelinus mali* (Haldeman) (Asante, 1997; Mols y Boers, 1999; Nicholas *et al.*, 2005; Mansilla y Pérez, 2006; Berg y Short, 2008; Beers *et al.*, 2010; Moerkens *et al.*, 2012; Gontijo *et al.*, 2012; Dicu *et al.*, 2013; Gontijo *et al.*, 2015;), siendo los sírfidos de mayor frecuencia relativa con 62.7%, seguidos de crisopas 23.6%, coccinélidos 8.9% y otros depredadores incluidos chinches, arañas y tijerillas con 4.8% (Gontijo *et al.*, 2015).

Con respecto al parasitoid *A. mali*, se ha reportado hasta 90% de parasitismo, especialmente en años en que su aparición es temprana, o con la ocurrencia de biotipos

*Chrysoperla comanche*, *Chrysopa* spp., *Allograpta obliqua*, *Sirphus* sp. and *Toxomerus* sp., whereas as parasitoids only *Aphelinus mali* was detected.

**Keywords:** *Malus sylvestris* var *domestica*, *Eriosoma lanigerum*, predators, parasitoids.

## Introduction

Within the phytophagous complex affecting apple, the woolly aphid has increased during the last years, possibly due to the increase of maximum temperatures, low precipitation (Ramírez *et al.*, 2011) and the reduction of natural biological control agents (Gontijo *et al.*, 2012) that are often decimated by the use of insecticides (Penman and Chapman, 1980). The insect when feeding causes hypertrophy and tissue rupture in roots and shoots of apple trees (Brown *et al.*, 1991), which can reduce sap flow and favor the entry of phytopathogenic fungi (Weber and Brown, 1988). High and recurrent populations of the phytophagous can reduce vigor, tree productivity and fruit quality by occupying spaces within the stylus canal and seed loci (Brown *et al.*, 1995).

In relation to the natural enemies of woolly aphid, coccinellidae species have been recorded: *Adalia bipunctata* (L.), *Coccinella septempunctata* L., *Coccinella transversoguttata* Brown, *Harmonia axydiris* Pallas, *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Hippodamia tredecimpunctata* (L.); Syphids: *Heringia calcarata* (Loew), *Syrphus opinatur* Osten Sacken, *Eupeodes fumipennis* Thomson, *E. americanus* Wiedeman, *Syritta pipiens* (L.), *Eumerus stigatus* (Fallen), *Melangyna umbellatarum* (F.); Chrysopods: *Chrysopa nigricornis* Burmeister, *Chrysoperla plorabunda* (Fitch), *Hemerobius* spp.; dermaptera: *Forficula auricularia* L. and the parasitoid *Aphelinus mali* (Haldeman) (Asante, 1997; Mols and Boers, 1999; Nicholas *et al.*, 2005; Mansilla and Pérez, 2006; Berg and Short, 2008; Beers *et al.*, 2010; Moerkens *et al.*, 2012; Gontijo *et al.*, 2012; Dicu *et al.*, 2013; Gontijo *et al.*, 2015), with syphids showing the highest relative frequency 62.7%, followed by lacewings 23.6%, Coccinellids 8.9% and other predators including bedbugs, spiders and earwigs with 4.8% (Gontijo *et al.*, 2015).

With regard to *A. mali* parasitoids, up to 90% of parasitism have been reported, especially in years with an early occurrence, or with the occurrence of better adapted biotypes to different temperature and precipitation conditions

mejor adaptados a diferentes condiciones de temperatura y precipitación (Suckling *et al.*, 1999). Wearing *et al.* (2010) estudiaron la relación entre la fluctuación de *E. lanigerum* y su parásito *A. mali* en la transición de un programa convencional de combate de fitófagos con uso de insecticidas de amplio espectro y en un programa de manejo integrado de plagas basado en insecticidas selectivos. La incidencia del pulgón lanígero permaneció en muy bajos niveles en el sitio con manejo convencional debido al uso de insecticidas, mientras que en el sitio en transición al programa de manejo integrado hubo un aumento del fitófago y una baja colonización por sus enemigos naturales que tardó cerca de cuatro años en reducir la población a niveles aceptables.

El principal enemigo natural que logró esto fue el parasitoide *A. mali*, junto con depredadores como la crisopa café *Micromus tasmaniae* (Walker) y la tijerilla *Forficula auricularia* L. La concurrencia de *F. auricularia* y *A. mali* en la reducción de pulgón lanígero también fue señalado por Lordan *et al.* (2015). Con base en lo anterior, y considerando la reducida información sobre enemigos naturales del pulgón lanígero del manzano en México, se planteó el presente trabajo con la hipótesis: “el manejo convencional de fitófagos restringe la abundancia relativa y riqueza de especies de enemigos naturales asociados a colonias de pulgón lanígero que inciden en huertos de manzano del estado de Chihuahua”; y el objetivo fue identificar la incidencia de depredadores y parasitoides asociados a colonias de pulgón lanígero en huertos de manzano con diferente manejo de plagas.

## Materiales y métodos

### Ubicación del estudio

El trabajo se realizó en Cuauhtémoc, Chihuahua, México, en huertos de manzano ubicados geográficamente entre los 28° 25' 58" y 28° 28' 19" latitud norte y los 106° 54' 25" y 106° 54' 37" longitud oeste, con una altura promedio de 2 042 msnm; con distancia máxima entre huertos de 5 900 m.

### Características de los huertos de manzano en estudio

Se seleccionaron tres huertos con el cultivar Golden Delicious sobre portainjerto Franco, que es susceptible a pulgón lanígero y se designaron como: 1) huerto sin

(Suckling *et al.*, 1999). Wearing *et al.* (2010) studied the relationship between *E. lanigerum* fluctuation and its *A. mali* parasite in the transition from a conventional phytophagous combat program using broad spectrum insecticides and an integrated program based on selective insecticides. The incidence of woolly aphid remained very low in the site with conventional management due to the use of insecticides, while in the site in transition to the integrated management program there was an increase of the phytophagous and a low colonization by its natural enemies that took close to four years in reducing the population to acceptable levels.

The main natural enemy that achieved this was the *A. mali* parasitoid, along with predators such as the coffee willow *Micromus tasmaniae* (Walker) and the *Forficula auricularia* L. earwig. The concurrence of *F. auricularia* and *A. mali* in the reduction of woolly aphid was reported by Lordan *et al.* (2015). Based on the above, and considering the reduced information on natural enemies of apple aphid in México, this paper was based on the hypothesis: “conventional management of phytophagous species restricts the relative abundance and richness of natural enemies species associated with colonies of woolly aphid that affect apple orchards of Chihuahua state”; and the objective was to identify the incidence of predators and parasitoids associated with colonies of woolly aphids in apple orchards with different pest management.

## Materials and methods

### Location of the study

The research was carried out in Cuauhtémoc, Chihuahua, México, in apple orchards located between 28° 25' 58" and 28° 28' 19" north latitude and 106° 54' 25" and 106° 54' 37" west longitude, with an average height of 2 042 masl; with maximum distance between orchards of 5 900 m.

### Characteristics of apple orchards under study

Three orchards with the Golden Delicious cultivar on Franco rootstock were selected, which is susceptible to woolly aphid and were designated as: 1) orchard without pest management (with irrigation, without anti-hail mesh, with restriction of economic resources and without technical advice: SM); and 2) orchard with integrated pest management (with anti-hail mesh, irrigation, without economic resource

manejo de plagas (con riego, sin malla antigranizo, con restricción de recursos económicos y sin asesoría técnica: SM); y 2) huerto con manejo integrado de plagas (con malla antigranizo, riego, sin restricción de recursos económicos, con asesoría técnica, con uso de feromona sexual para interrupción del apareo de la palomilla de la manzana y combate de fitófagos con insecticidas de bajo impacto ambiental y convencionales: MIF) y 3) huerto con manejo convencional de plagas (con malla antigranizo, riego, sin restricción de recursos económicos, con asesoría técnica y aplicación de insecticidas convencionales: MC). En cada uno de los huertos se marcaron cinco árboles con vigor similar determinado por el área de la sección transversal de tronco, lo más cercano posible entre ellos y en la parte interior del huerto.

### **Determinación de la abundancia de pulgón lanígero**

Se contó el número de colonias de pulgón lanígero en la copa de los árboles con inspecciones visuales detalladas, revisando alrededor de cada árbol, huerto y año con frecuencia de una vez por semana durante abril a septiembre en los años 2010 y 2011.

### **Determinación de especies y abundancia de enemigos naturales**

Durante abril a septiembre de los años 2010 y 2011, se realizaron inspecciones semanales para la recolección de insectos benéficos que incidieron en colonias de pulgón lanígero establecidas en árboles de manzano en cada uno de los huertos señalados. Para depredadores en etapa inmadura la recolección se hizo con pinzas de disección y con red de golpeo en el caso de adultos. Los ejemplares capturados por cada fecha de revisión y tipo de huerto se colocaron en recipientes de 30 ml con alcohol etílico al 70% para su conservación y trasladaron al laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Unidad Cuauhtémoc. La identificación de coccinélidos se hizo con base en las claves de Gordon (1985); para géneros y especies de Chrysopidae se emplearon los trabajos de Ramírez (2007); Valencia *et al.* (2006) y para Syrphidae las claves de Marinoni *et al.* (2007).

Para la recolección de parasitoides, se tomaron ramillas con pulgones parasitados y se colocaron en recipientes de plástico con capacidad de 500 mL con tapa de malla para permitir el flujo de aire, dentro del recipiente se colocó

constraints, with technical assistance, with use of sex pheromone to interrupt mating of the apple moth and combating phytophagous with low environmental impact insecticides and conventional ones: MIF) and 3) orchard with conventional pest management (with anti-hail mesh, irrigation, without economic resource constraints, with technical advice and application of conventional insecticides: MC). In each of the orchards five trees with similar vigor were marked, determined by the trunk cross-sectional area, as close as possible to each other and in the inner part of the orchard.

### **Determination of woolly aphid abundance**

The number of woolly aphid colonies in the tree crown was counted with detailed visual inspections, checking around each tree, orchard, and year, once per week during April to September in the 2010 and 2011 years.

### **Species determination and abundance of natural enemies**

During April to September of 2010 and 2011, weekly inspections were carried out for the collection of beneficial insects that affected the colonies of woolly aphid established in apple trees in each of the designated orchards. For immature stage predators the collection was done with dissecting forceps and with a striking net in the case of adults. The specimens captured by each review date and type orchard were placed in 30 ml containers with 70% ethyl alcohol for storage and transferred to the Entomology Laboratory of the Autonomous University of Chihuahua, Cuauhtémoc Unit. The identification of coccinélidos was made based on the keys of Gordon (1985); for genera and species of Chrysopidae the papers of Ramírez (2007); Valencia *et al.* (2006) were used and for Syrphidae the keys of Marinoni *et al.* (2007) were used.

In order to collect parasitoids, twigs with parasitized aphids were taken and placed in plastic containers with a capacity of 500 mL with a mesh cap to allow air flow, a cotton pad was placed in the container with distilled water to provide moisture and avoid dehydration of the phytophagus and possible parasitoid. The containers were transferred to the laboratory and placed with natural light and temperature from 18 to 25 °C where they were checked daily, the emerged parasitoids were collected and deposited in glass containers of 30 mL capacity with 70% alcohol for preservation. The identification of specimens was done with the keys of Gibson (1997); Graham (1976); Grissell and Schauff (1997); Noyes (2011); Prinsloo and Nester (1994); Woolley (1997).

un algodón hidratado con agua destilada para proveer de humedad y evitar la deshidratación del fitófago y posible parasitoide. Los recipientes se trasladaron al laboratorio y colocaron con luz natural y temperatura de 18 a 25 °C en donde se revisaron diariamente, los parasitoides emergidos se colectaron y depositaron en recipientes de vidrio de 30 mL de capacidad con alcohol al 70% para su conservación. La identificación de especímenes se hizo con las claves de Gibson (1997); Graham (1976); Grissell y Schauff (1997); Noyes (2011); Prinsloo y Nester (1994); Woolley (1997).

Se registró el número de enemigos naturales por familia, especie, año y manejo del huerto. En las categorías de familia y especie, el número de ejemplares representó la frecuencia absoluta, posteriormente se obtuvo la frecuencia relativa, producto de la frecuencia absoluta dividida entre el total de ejemplares detectados. Por año y manejo de fitófagos se obtuvo la abundancia (número de ejemplares) y riqueza (número de especies), se empleó el coeficiente de similitud de Sorensen, calculado con la ecuación  $Q_s = 2s / (n_1 + n_2)$ , donde  $Q_s$  es la proporción de similitud,  $s$  es el número de especies compartidas,  $n_1$  es el número de especies del sitio 1 y  $n_2$  el número de especies del sitio 2 (Magurran, 1988), para determinar el grado de similitud por las especies comunes entre los huertos con diferente manejo de plagas.

### Análisis estadísticos

El contraste del número de colonias aéreas de pulgón lanígero por año y manejo se hizo con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney con 95% de confianza (Sprent y Smeeton, 2001), los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS (2003); mientras que la incidencia de enemigos naturales por familia, especies, abundancia y riqueza por año y manejo, se analizó con la prueba no paramétrica de  $X^2$  con un criterio de clasificación dividido en categorías, con 95% de confianza y con corrección de Yates cuando fue necesaria de acuerdo con Sprent y Smeeton (2001).

## Resultados

### Abundancia de pulgón lanígero

La ocurrencia de colonias aéreas de pulgón lanígero en árboles de manzano por año fue estadísticamente diferente bajo la prueba de comparación de medianas de Mann-

The number of natural enemies per family, species, year and orchard management was recorded. In the family and species categories, the number of specimens represented the absolute frequency, then the relative frequency was obtained, product of the absolute frequency divided by the total number of detected specimens. The abundance (number of specimens) and richness (number of species) was obtained per year and phytophagous management, using the Sorensen coefficient of similarity, calculated with the equation  $Q_s = 2s / (n_1 + n_2)$ , where  $q_s$  is the proportion of similarity,  $s$  is the number of shared species,  $n_1$  is the number of species of site 1 and  $n_2$  the number of species of site 2 (Magurran, 1988), to determine the similarity degree by common species among orchards with different pest management.

### Statistical analysis

Mann-Whitney non-parametric test with 95% confidence was used to compare the number of airborne aphid colonies per year and management (Sprent and Smeeton, 2001). The statistical analyzes were performed using SAS (2003); while the incidence of natural enemies by family, species, abundance and richness per year and management was analyzed with the non-parametric test of  $X^2$  with a classification criterion divided into categories, with 95% confidence and with correction of Yates when it was necessary according to Sprent and Smeeton (2001).

## Results

### Abundance of woolly aphid

The occurrence of aerial colonies of woolly aphid in apple trees per year was statistically different under the Mann-Whitney median comparison test with 95% confidence. During 2010, the median value of aerial colonies of woolly aphid was 1, while in 2011, the value was 52 (Table 1). The comparison of the median value of the number of colonies per orchard management was also statistically different with 95% confidence. The trees in the orchard with conventional management showed the lowest value with one colony of woolly aphid per tree. In trees with integrated pest management, the median number of colonies was 77 for 2010 and 52 for 2011, while for trees with no management, the highest variation was recorded with 1 colony per tree in 2010 and 254 colonies for 2011 (Table 1).

Whitney con 95% de confianza. Durante 2010, el valor mediano de colonias aéreas de pulgón lanígero fue de 1, mientras que en 2011, el valor fue de 52 (Cuadro 1). La comparación del valor mediano del número de colonias por manejo de huerto fue también estadísticamente diferente con 95% de confianza. Los árboles en el huerto con manejo convencional presentaron el valor más bajo con una colonia de pulgón lanígero por árbol. En los árboles con manejo integrado de plagas, el valor mediano del número de colonias fue de 77 para 2010 y de 52, en 2011, mientras que en los árboles sin manejo, se registró la mayor variación con 1 colonia por árbol en 2010 y de 254 colonias para 2011 (Cuadro 1).

### Abundancia de enemigos naturales y composición de especies

Durante 2011, la abundancia (número de ejemplares de enemigos naturales) fue de 70, valor que fue estadísticamente diferente de 15 ejemplares detectados en 2010. Los valores para riqueza (número de especies) fueron de cuatro y 10 para los años 2010 y 2011 respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. En relación al coeficiente de Sorensen, con la comparación entre años se obtuvo un coeficiente de similitud de 0.53, mientras que con la comparación entre manejo de huertos, la mayor coincidencia de enemigos naturales detectados fue para los huertos sin manejo y manejo integrado con valor de 0.8.

Con respecto a la ocurrencia de enemigos naturales por manejo del huerto, se registró mayor abundancia y riqueza en el huerto sin manejo con valores de 38 ejemplares y ocho especies respectivamente. En el huerto con manejo integrado de fitófagos, los valores registrados fueron intermedios con 35 ejemplares y siete especies, mientras que en el huerto con manejo convencional se detectaron los valores más bajos con 12 ejemplares y cuatro especies para abundancia y riqueza respectivamente. Los valores para el número de ejemplares (abundancia) fueron estadísticamente iguales para los huertos sin manejo y con manejo integrado de fitófagos, mientras que estos fueron estadísticamente diferentes para la abundancia en el huerto con manejo convencional (Cuadro 2).

Los enemigos naturales asociados a colonias de pulgón lanígero (*Eriosoma lanigerum*) en manzano en Chihuahua pertenecieron a las familias Chrysopidae con 27 ejemplares (*Chrysopa nigricornis* Burmeister, con 11 ejemplares como

### Cuadro 1. Número mediano de colonias aéreas de pulgón lanígero por año y manejo del huerto. Cuauhtémoc, Chihuahua.

**Table 1. Median number of aerial colonies of woolly aphid per year and orchard management. Cuauhtémoc, Chihuahua.**

Año	Colonias aéreas	Manejo de plagas en el huerto		
		SM	MIP	MC
2010	1 b	1 b	77 a	1 b
2011	52 a	254 a	52 a	1 b

SM= sin manejo; MIP= manejo integrado de plagas; MC= manejo convencional. Valores con misma letra en hileras y columnas significa igualdad estadística entre ellos con 95% de confianza y bajo la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

### Abundance of natural enemies and species composition

During 2011, abundance (number of specimens of natural enemies) was 70, a value that was statistically different from 15 specimens detected in 2010. Values for richness (number of species) were four and 10 for the years 2010 and 2011 respectively, with no significant differences between them. In relation to the Sorensen coefficient, a similarity coefficient of 0.53 was obtained with the comparison between years, whereas with the comparison between orchard management, the greatest coincidence of natural enemies detected was for orchards without management and integrated management with value of 0.8.

Regarding the occurrence of natural enemies per orchard management, there was greater abundance and richness in the unmanaged orchard with values of 38 specimens and eight species respectively. In the orchard with integrated phytophagous management, there were intermediate registered values with 35 specimens and seven species, while in the orchard with conventional management the lowest values were detected with 12 specimens and four species for abundance and richness, respectively. The values for number of individuals (abundance) were statistically the same for orchards with no management and with integrated phytophagous management, while these were statistically different for abundance in the orchard with conventional management (Table 2).

The natural enemies associated with woolly aphid (*Eriosoma lanigerum*) colonies in apple trees in Chihuahua belonged to the Chrysopidae families with 27 specimens (*Chrysopa nigricornis* Burmeister, with 11 specimens as most frequent), Aphelinidae with 23 specimens

más frecuente), Aphelinidae con 23 ejemplares (*Aphelinus mali* como especie única), Coccinellidae con 19 ejemplares (*Hippodamia convergens* Guerin-Meneville como especie única) y Syrphidae con 23 ejemplares (con *Allograpta obliqua* con 11 ejemplares como más frecuente), con igualdad estadística para el número de ejemplares por familia (Cuadro 2). En riqueza de especies, la frecuencia reportada en cada uno de los manejos del huerto fue estadísticamente igual, aún y cuando el valor máximo para el huerto sin manejo fue de ocho especies, mientras que para el huerto con manejo convencional fue de cuatro (Cuadro 2).

(*Aphelinus mali* as a single species), Coccinellidae with 19 specimens (*Hippodamia convergens* Guerin-Meneville as a single species) and Syrphidae with 23 specimens (with *Allograpta obliqua* with 11 specimens as most frequent), with statistical equality for the number of specimens per family (Table 2). In species richness, the frequency reported in each orchard management was statistically the same, even though the maximum value for the orchard without management was eight species, while for the orchard with conventional management it was four (Table 2).

**Cuadro 2. Abundancia del pulgón lanígero en huertos de manzano con diferente manejo de plagas en Cuauhtémoc, Chihuahua, durante 2010 y 2011.**

**Table 2. Abundance of woolly aphid in apple orchards with different pest management in Cuauhtémoc, Chihuahua, during 2010 and 2011.**

Familia	Nombre científico	Número de ejemplares por árbol					
		Manejo del cultivo			Total		%
		SM	MIF	C	Especie	Familia	
Coccinellidae	<i>Hippodamia convergens</i>	13	6	0	19 a	19 a	22.3
Crysopidae	<i>Chrysopa nigricornis</i>	5	5	1	11 a		
	<i>Chrysopa oculata</i>	1	1	0	2 b		
	<i>Chrysoperla rufilabris</i>	0	2	0	2 b		
	<i>Chrysoperla comanche</i>	0	0	1	1 b		
	<i>Chrysopa spp.</i>	1	10	0	11 a	27 a	31.8
Syrphidae	<i>Allograpta obliqua</i>	1	1	9	11 a	16 a	18.8
	<i>Sirphus sp.</i>	2	0	0	2 b		
	<i>Toxomerus sp.</i>	2	0	1	3 b		
Aphelinidae	<i>Aphelinus mali</i>	13	10	0	23 a	23 a	27.1
Total		38 a	35 a	12 b	85		
%		44.7	41.2	14.1			100

Valores en columna total por familia y en hilera total por manejo con misma letra, son estadísticamente iguales entre sí bajo la prueba no paramétrica de X<sup>2</sup> con un criterio de clasificación dividido en categorías con corrección de Yates cuando se consideró necesario y con 95% de confianza.

## Discusión

Diversos enemigos naturales inciden en las colonias aéreas del pulgón lanígero y a pesar de que la relevancia de cada uno de ellos varía de acuerdo a la latitud y manejo del huerto (Lordan *et al.*, 2015), la ocurrencia conjunta de depredadores y parasitoides puede significar mejor control de esta plaga (Gotinjo *et al.*, 2015). Los depredadores del pulgón lanígero citados con mayor frecuencia son: sírfidos, coccinélidos, crisopas, chinches

## Discussion

Several natural enemies affect the aerial colonies of woolly aphids and although its relevance varies according to the latitude and orchard management (Lordan *et al.*, 2015), the joint occurrence of predators and parasitoids can mean better control of this pest (Gotinjo *et al.*, 2015). The most frequently mentioned woolly aphid predators are: syrphids, coccinellidae, lacewings, bedbugs and earwigs (Walker, 1985; Asols, 1997; Mols and Boers, 1999; Short and Bergh,

y tijerillas (Walker, 1985; Asante, 1997; Mols y Boers, 1999; Short y Bergh, 2004), mientras que como parasitoide especialista se ha referenciado a *A. mali* con capacidad de reducir significativamente su incidencia en algunas áreas (Gotinjo *et al.*, 2012). En huertos de manzano establecidos en Chihuahua se detectaron depredadores sírfidos, coccinélidos y crisópidos. Se observó menor diversidad de especies que las reportadas por Gotinjo *et al.* (2015), al no detectar a chinches y arañas. En el caso de la tijerilla europea (*F. auricularia*), reportada como un habitante del suelo o lugares habilitados para su protección y con distribución cosmopolita (Asante, 1997; Nicholas *et al.*, 2005; Lordan *et al.*, 2015), su ausencia pudo deberse a que la búsqueda de enemigos naturales se dirigió a colonias aéreas de pulgón lanígero. *A. mali* no se detectó en el huerto con manejo convencional, posiblemente por susceptibilidad a insecticidas de amplio espectro empleados en los programas de combate de plagas de este frutal (Cohen *et al.*, 1996).

La detección de enemigos naturales del pulgón lanígero en manzano debe fortalecerse con pruebas de respuesta funcional para posibilitar la implementación de un programa de combate biológico estable, alternativa deseable ante la restricción del uso de insecticidas organofosforados y la demanda pública por estrategias sustentables en el combate de plagas (Altieri y Nicholls, 2012). Independientemente de la importancia relativa de los enemigos naturales del pulgón lanígero detectados en Chihuahua, el manejo del huerto debe incluir medidas para su conservación con la manipulación del hábitat implícito para favorecer el incremento en la diversidad, la población de organismos benéficos y por consecuencia, la supresión del fitófago (Fiedler *et al.*, 2008).

Los fitófagos que inciden en huertos de manzano establecidos en el oeste del estado de Chihuahua, México, se combaten comúnmente con insecticidas de amplio espectro, a pesar del reconocimiento indeseable de su uso (Luckman y Metcalf, 1994). En este manejo convencional de fitófagos se aplican insecticidas como: Carbaryl, Azinfos metílico, Dimetoato, Clorpirifos y Fosmet (Ramírez y Jacobo, 2002), algunos de ellos tóxicos para enemigos naturales (Cohen *et al.*, 1996), por lo tanto, es todavía incipiente el conocimiento que tienen los fruticultores sobre el manejo integrado de fitófagos en manzano y como consecuencia, se privilegia el combate químico a grado tal que se ha determinado que de cada ocho aspersiones de agroquímicos que se realizan, sólo tres tienen justificación técnica (Ramírez y Jacobo, 2002).

2004), *A. mali* has been mentioned as a specific parasitoid with the capacity to significantly reduce its incidence in some areas (Gotinjo *et al.*, 2012). In apple orchards established in Chihuahua were detected predatory syrphids, coccinellidae and chrysophos. Less species diversity was observed than those reported by Gotinjo *et al.* (2015), not detecting bedbugs and spiders. In the case of European earwigs (*F. auricularia*), reported as a soil inhabitant or places qualified for its protection and with cosmopolitan distribution (Asante, 1997; Nicholas *et al.*, 2005, Lordan *et al.*, 2015), its absence could have been due to the fact that the search for natural enemies was directed to aerial colonies of woolly aphid. *A. mali* was not detected in the orchard with conventional management, possibly due to its susceptibility to broad spectrum insecticides used in the pest control programs of this fruit (Cohen *et al.*, 1996).

The detection of natural enemies of woolly aphid in apple trees should be strengthened with functional response tests to enable the implementation of a stable biological combat program, a desirable alternative to the restriction of organophosphate insecticides use and the public demand for sustainable strategies in the fight against pests (Altieri and Nicholls, 2012). Irrespective of the relative importance of natural enemies of woolly aphid detected in Chihuahua, the orchard management must include measures for its conservation with the manipulation of the implicit habitat to favor the increase in the diversity, the population of beneficial organisms and consequently, the phytophagous suppression (Fiedler *et al.*, 2008).

Phytophagous diseases affecting apple orchards established in the western of Chihuahua state, México, are commonly fought with broad-spectrum insecticides, despite undesirable recognition of their use (Luckman and Metcalf, 1994). In this conventional phytophagous management, insecticides such as Carbaryl, Azinphos methyl, Dimethoate, Chlorpyrifos and Fosmet (Ramírez and Jacobo, 2002) are applied, and some of them are toxic to natural enemies (Cohen *et al.*, 1996). There is an incipient knowledge that fruit growers have on phytophagous integrated management on apple trees and as a consequence, chemical combat is privileged to the point that it has been determined that of every eight agrochemicals sprays, only three of them have technical justification (Ramírez and Jacobo, 2002).

The conventional phytophagous management that is regularly practiced in the western Chihuahua state, should change if it is intended to be successful in the reduction



El manejo convencional de fitófagos que se practica de manera regular en el oeste del estado de Chihuahua, debe cambiar si se pretende tener éxito en la reducción de pulgón lanígero. La idea se infiere con base en los resultados presentados por Gontijo *et al.* (2012); Nicholas *et al.* (2005), en los que señalan el incremento de poblaciones de pulgón lanígero por el uso continuo de insecticidas de amplio espectro y a pesar del reducido número de colonias aéreas de pulgón lanígero detectadas en el huerto con manejo convencional en este trabajo. Por lo tanto, el combate del pulgón lanígero podría ser satisfactorio con el diseño de estrategias comercialmente viables de manejo integrado de fitófagos (Nicholas *et al.*, 2003).

Adicionalmente, durante el invierno 2009- 2010 para la región manzanera de Cuauhtémoc, Chihuahua, se registró una acumulación de frío invernal (con base en el procedimiento de Richardson *et al.*, 1974) de 621 unidades frío, mientras que para el invierno 2010-2011 la acumulación de frío fue de 429 unidades. La menor acumulación de frío invernal (invierno benigno) y posteriormente la ocurrencia de temperaturas máximas más altas y menor precipitación, coincidieron con el mayor número de colonias de pulgón lanígero y sus enemigos naturales detectados durante el año 2011. Lo anterior, concuerda con lo vertido por Laštůvka (2009); Moerkens *et al.* (2012); Nicholas *et al.* (2005), quienes destacaron a la temperatura invernal como uno de los factores importantes de mortalidad de insectos. Con respecto a la ocurrencia de enemigos naturales detectados, es escasa la información bibliográfica del efecto de temperaturas extremas en la supervivencia de ellos, una posible explicación podría ser la forma en que algunos de ellos invernan (New, 1984; Honek, 1985; Cánepa *et al.*, 2015).

## Conclusiones

El uso de insecticidas de amplio espectro en el huerto con manejo convencional redujo la incidencia de colonias aéreas de pulgón lanígero en árboles de manzana y propició una reducción en la frecuencia de depredadores y ausencia de parasitismo por *A. mali*, evidencia con la que se valida la hipótesis planteada.

En huertos de manzano establecidos en el oeste de Chihuahua inciden diversos enemigos naturales de pulgón lanígero que sería útil en el diseño de estrategias de manejo integrado una vez determinada su respuesta funcional.

of woolly aphid. The idea is inferred based on the results presented by Gontijo *et al.* (2012); Nicholas *et al.* (2005), in which they indicate the populations increase of woolly aphid by the continuous use of wide spectrum insecticides and in spite of the reduced detected number of aerial colonies of woolly aphid in the orchard with conventional management in this research. Therefore, the control of the woolly aphid could be satisfactory with the design of commercially viable integrated phytophagous management strategies (Nicholas *et al.*, 2003).

Additionally, during the 2009-2010 winter for the apple orchards region of Cuauhtémoc, Chihuahua, there was a cold winter accumulation (based on the Richardson *et al.*, 1974 procedure) of 621 cold units, while for the 2010-2011 winter the accumulation of cold was 429 units. The lower accumulation of winter cold (benign winter) and later the occurrence of higher maximum temperatures and lower precipitation, coincided with the highest number of woolly aphid colonies and their natural enemies detected during 2011. The above, agrees with what was reported by Laštůvka (2009); Moerkens *et al.* (2012); Nicholas *et al.* (2005), who emphasized the winter temperature as one of the important factors of insect mortality. With respect to the occurrence of detected natural enemies, the bibliographic information of the effect of extreme temperatures on its survival is scarce, a possible explanation could be the way in which some of them winter (New, 1984; Honek, 1985; Cánepa *et al.*, 2015).

## Conclusions

The use of broad-spectrum insecticides in the orchard with conventional management reduced the incidence of aerial colonies of woolly aphid in apple trees and caused a reduction in the frequency of predators and absence of parasitism by *A. mali*, this evidence validates the raised hypothesis.

In apple orchards established in western of Chihuahua state, there are several natural enemies of woolly aphids that could be considered in the design of integrated management strategies once their functional response has been determined.

The low precipitation, benign winter, and subsequently the occurrence of higher maximum temperatures during the evaluation period may have influenced the

La escasa precipitación, el invierno benigno y posteriormente la ocurrencia de temperaturas máximas más altas durante el periodo de evaluación pudieron haber influido en la incidencia de colonias de pulgón lanífero en manzano y por consecuencia en la abundancia y riqueza de sus enemigos naturales.

incidence of woolly aphid colonies in apple trees and consequently in the abundance and richness of their natural enemies.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Altieri, M. A. and Nicholls, C. I. 2012. Agroecology scaling up for food sovereignty and resiliency. *In: Sustainable Agriculture Reviews*. Lichtfouse, E. (Ed). Springer International Publishing Switzerland. 1-29 pp.
- Asante, S. K. 1997. Natural enemies of the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae): a review of the world literature. *Plant Protection Quart.* (12):166-172.
- Beers, E. H.; Cockfield, S. D. and Gontijo, L. M. 2010. Seasonal phenology of woolly apple aphid (Hemiptera: Aphididae) in Central Washington. *Environ. Entomol.* 39(2):286-294.
- Berg, J. C. and Short, B. D. 2008. Ecological and life-history notes on syrphid predators of woolly apple aphid in Virginia, with emphasis on *Heringia calcarata*. *BioControl.* 53(5):773-786.
- Brown, M. W.; Glenn, D. M. and Wisniewski, M. E. 1991. Functional and anatomical disruption of apple roots by the woolly apple aphid (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 84(6):1823-1826.
- Brown, M. W.; Schmitt, J. J.; Ranger, S. and Hogmire, H. W. 1995. Yield reduction in apple by edaphic woolly apple aphid (Homoptera: Aphididae) populations. *J. Econ. Entomol.* 88(1):127-133.
- Cánepa, M. E.; Montero, G. A. y Barberis, I. M. 2015. Matas de gramíneas como refugios de artrópodos invernantes en agroecosistemas pampeanos: efectos del tamaño, del agrupamiento y de la arquitectura de las plantas. *Ecología Austral.* 25(2):119-127.
- Cohen, H.; Horowitz, A. R.; Nestel, D. and Rosen, D. 1996. Susceptibility of the woolly apple aphid parasitoid, *Aphelinus mali* (Hymenoptera: Aphelinidae), to common pesticides used in apple orchards in Israel. *Entomophaga.* 41(2):225-233.
- Dicu, L. M.; Petanec, D. and Micu, L. M. 2013. Research on the structure and dynamics of entomofauna in apple orchards in the Timis County. *Res. J. Agric. Sci.* 45(1):153-158.
- Fiedler, A. K.; Landis, D. A. and Wratten, S. D. 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biol. Control.* 45(2):254-271.
- Gibson, G. A. P. 1997. Morphology and terminology. *In: annotated keys to the genera of nearctic Chalcidoidea* (Hymenoptera). Gibson, G. A. P.; Huber, J. H. and Woolley, J. B. (Eds.). First ed. National Research Council of Canada. Ottawa, Ontario, Canada. 16-44 pp.
- Gontijo, L. M.; Beers, E. H. and Snyder, W. E. 2015. Complementary suppression of aphids by predators and parasitoids. *Biol. Control.* 90:83-91.
- Gontijo, L. M.; Cockfield, S. D. and Beers, E. H. 2012. Natural enemies of woolly apple aphid (Hemiptera: Aphididae) in Washington State. *Environ. Entomol.* 41(6):1364-1371.
- Gordon, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. *J. N. Y. Entomol. Soc.* 93(1):1-912.
- Graham, M. 1976. The British species of *Aphelinus* with notes and descriptions of the European *Aphelinidae* (Hymenoptera). *Syst. Ent.* (1):123-126.
- Grissell, E. E. and Schauff, M. E. 1997. Chalcidoidea. *In: annotated keys to the genera of nearctic Chalcidoidea* (Hymenoptera). Gibson, G. A. P.; Huber, J. H. and Woolley, J. B. (Eds.). First ed. National Research Council of Canada. Ottawa, Ontario, Canada. 45-116 pp.
- Honek, A. 1985. Habitat preferences of aphidophagous Coccinellids (Coleoptera). *Entomophaga.* 30:253-264.
- Laštůvka, Z. 2009. Climate change and its possible influence on the occurrence and importance of insect pests. *Plant Prot. Sci.* 45:53-62.
- Lordan, J.; Alegre, S.; Gatiús, F.; Sarasua, M. J. and Alins, G. 2015. Woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* Hausmann ecology and its relationship with climatic variables and natural enemies in Mediterranean areas. *Bull. Entomol. Res.* 105(1):60-9.
- Luckmann, H. W. and Metcalf, R. L. 1994. The pest management concept. *In: introduction to insect pest management*. Metcalf, R. L. and Luckmann, W. H. (Eds.). 3<sup>rd</sup> Ed. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA. 1-34 pp.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. 1<sup>st</sup> Ed. Croom Helm Ltd. London, England. 256 p.
- Mansilla, P. y Pérez, R. 2006. *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). Pulgón lanífero del manzano. Estación Fitopatológica do Areeiro. Servicios Agrarios EFA 46/06. Pulgón lanífero. España. 4 p.
- Marinoni, L.; Morales, M. N. and Spaler, I. 2007. Illustrated Key for the genera of Syrphinae (Diptera, Syrphidae) of occurrence in the South of Brazil. *Biota Neotropical.* 7(1):144-157.
- Moerkens, R.; Leirs, H.; Peusens, G.; Beliën, T. and Gobin, B. 2012. Natural and human causes of earwig mortality during winter: temperature, parasitoids and soil tillage. *J. Appl. Entomol.* 136(7):490-500.
- Mols, P. J. M. and Boers, J. M. 1999. A simulation study with a dutch and a Canadian strain of the parasitoid *Aphelinus mali* (Hald.) for control of woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) in the Netherlands. *Acta Hort.* (ISHS). 499(1):261-270.
- New, T. R. 1984. Chrysopidae: ecology on field crops. *In: biology of Chrysopidae*. Canard, M.; Semeria, Y. and T. R. New (Eds). Junk, W. Publishers. The Hague, Netherlands. 160-167 pp.
- Nicholas, A. H.; Spooner, H. R. N. and Vickers, R. A. 2003. Control of woolly aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Pemphigidae) on mature apple trees using insecticide soil-root drenches. *Aust. J. Entomol.* 42(1):6-11.
- Nicholas, A. H.; Spooner, H. R. N. and Vickers, R. A. 2005. Abundance and natural control of the woolly aphid *Eriosoma lanigerum* in an Australian apple orchard IPM program. *BioControl.* 50(2):271-291.
- Noyes, J. S. 2011. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. [www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoidea/database](http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoidea/database).

- Penman, D. R. and Chapman, R. B. 1980. Woolly apple aphid outbreak following use of fenvalerato in apples in Canterbury, New Zealand. *J. Econ. Entomol.* 73(1):49-51.
- Prinsloo, G. G. and Nester, O. C. 1994. The southern African species of *Aphelinus Dalman* (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitoids of aphids (Homoptera: Aphidoidea). *J. Afr. Zool.* 108(2):143-162.
- Ramírez, D. M. 2007. Distribución, abundancia, diversidad y atributos bioecológicos de especies de Chrysopidae (Neuroptera) asociadas a frutales del centro y norte de México. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas-Entomología. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). México. 157 p.
- Ramírez, L. M. R.; Ruiz, C. J. A.; Medina, G. G.; Jacobo, C. J. L.; Parra, Q. R. A.; Ávila, M. M. R. y Amado, A. J. P. 2011. Perspectivas del sistema de producción de manzano en Chihuahua, ante el cambio climático. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.* (2):265-279.
- Ramírez, L. M. R. y Jacobo, C. J. L. 2002. Impacto ambiental del uso de plaguicidas en huertos de manzano del noroeste de Chihuahua, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20(2):168-173.
- Richardson, E. A.; Seeley, S. D. and Walker, D. R. 1974. A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. *HortSci.* 9(4):331-332.
- SAS, Institute. 2003. SAS/STAT. User's Guide. Version 9.1. Fourth Ed. Cary, NC, USA. 996 p.
- Short, B. D. and Bergh, J. C. 2004. Feeding and egg distribution studies of *Heringia calcarata* (Diptera: Syrphidae), a specialized predator of woolly apple aphid (Homoptera: Eriosomatidae) in Virginia apple orchards. *J. Econ. Entomol.* 97(3):813-819.
- Sprent, P. and Smeeton, N. C. 2001. Applied nonparametric statistical methods. 3<sup>rd</sup> (Ed.). Text in Statistical Sciences. Chapman and Hall CRC. London. UK. 480 p.
- Suckling, D.; Walker, J. T. and Wearing, C. 1999. Ecological impact of three pest management systems in New Zealand apple orchards. *Agric. Ecosyst. Environ.* 73(2):129-140.
- Valencia, L. L. A.; Romero, N. J.; Valdez, C. J.; Carrillo, S. J. L. y López, M. V. 2006. Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta Zool. Mex.* 22(1):17-61.
- Walker, J. T. S. 1985. The influence of temperature and natural enemies on population development of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann). Ph.d Thesis Department of Entomology, Washington State University, USA. 88 p.
- Wearing, C. H.; Attfield, B. A. and Colhoun, K. 2010. Biological control of woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) during transition to integrated fruit production for pipfruit in Central Otago, New Zealand. *N. Z. J. Crop Hort. Sci.* 38(4):255-273.
- Weber, D. C. and Brown, M. W. 1988. Impact of woolly aphid (Homoptera: Aphididae) on the growth of potted apple trees. *J. Econ. Entomol.* 81(4):1170-1177.
- Woolley, J. B. 1997. Aphelinidae. In: annotated keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). Gibson, G. A. P.; Huber, J. H. and Woolley, J. B. (Eds.). First (Ed.). National Research Council of Canada. Ottawa, Ontario, Canada. 134-150 pp.