

Efecto de la aplicación en campo de mezclas de extractos vegetales sobre la presencia y daños de insectos plaga del cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* L.

Effect of field application of mixtures of plant extracts on the presence and damage of insect pests of *Amaranthus hypochondriacus* L.

Efeito da aplicação no campo de misturas de extractos de plantas na presença de danos causados por insectos e pragas de culturas de *Amaranthus hypochondriacus* L.

Betzabeth Pérez-Torres^{1*}, Agustín Aragón-García¹,
Víctor Cuate-Mozo², Jesús López-Olgún¹,
Miguel Aragón-Sánchez³, Gabriel Lugo-García⁴

Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

¹Centro de Agroecología. Correos electrónicos: betzabeth.perez@correo.buap.mx, agustin.aragon@correo.buap.mx, olguin33@hotmail.com.

²Posgrado en Manejo Sustentable de Agroecosistemas. Correo electrónico: pneuma@hotmail.com. ³Escuela de Biología. 14 sur 6301. C.U. Puebla,

Puebla, México. Correo electrónico: chiva_mas@hotmail.com. ⁴Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa, Calle 16 y Av. Japaraqui, El Estero, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México. Correo electrónico: gabriel_lugo9010@hotmail.com.

Resumen

El cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) es atacado por plagas que disminuyen la producción. Ante esto, los productores aplican insecticidas, sin considerar los problemas que están surgiendo, como aparición de resistencias de poblaciones plaga, daños ecológicos y a la salud. La utilización de extractos vegetales podría resultar una alternativa para disminuir costos económicos y ecológicos en el control de plagas. El objetivo fue evaluar la efectividad de extractos acuosos vegetales alternados con jabón de barra, para contrarrestar los daños ocasionados por insectos plaga del follaje del amaranto en Tochimilco, Puebla,

Recibido el 19-02-2017 • Aceptado el 20-06-2017

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: betzabeth.perez@correo.buap.mx.

México. En una parcela se probaron cinco tratamientos, con cuatro repeticiones, bajo un diseño de bloques al azar. Los tratamientos fueron: *Capsicum frutescens*, *C. frutescens* + *Ricinus communis*, *C. frutescens* + *Argemone mexicana* y *C. frutescens* + *R. communis* + *A. mexicana*, alternados con jabón de barra al 0,06% y un testigo (agua). Las variables evaluadas fueron: daño foliar, infestación y producción; se realizó el análisis de varianza seguido del test de comparaciones múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$). Los resultados mostraron que *R. communis* con *C. frutescens* alternado con jabón, resultó el más efectivo para proteger el cultivo de los daños por plaga en un 7,32%, reduciendo la infestación en 39,7% y logrando incrementar la producción 87% con respecto al testigo. Se concluyó que esta forma de manejo fue una alternativa viable para proteger al cultivo, además de contribuir al manejo de la resistencia, no dejó residuos tóxicos y fue de fácil acceso para el productor.

Palabras clave: *Amaranthus hypochondriacus*, extractos vegetales, *Ricinus communis*, *Capsicum frutescens*.

Abstract

Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) crop is attacked by insect pests that decreases the production. Thus, the producers use chemical insecticide without considering long-term damages such as the resistance of insect pests, ecological and health damage. The use of vegetable extracts could be an alternative for lowering the economic cost and ecology problems of control pests. The objective was to evaluate the effectiveness of aqueous vegetable extracts with bar soap, for counteracting the damage caused by foliage pests in the amaranth crop in Thochimilco, Puebla, Mexico. In a plot were evaluated five treatments with four replications in a completely random block design. The treatments were: *Capsicum frutescens*, *C. frutescens* + *Ricinus communis*, *C. frutescens* + *Argemone mexicana* and *C. frutescens* + *R. communis* + *A. mexicana*, alternating with with bar soap at 0.06%, and a control (water). Variables evaluated were: leaf damage, infestation and production. Variance analysis was done (ANOVA) followed by Tukey mean test ($P \leq 0.05$). The results showed that *R. communis* with *C. frutescens* alternated with bar soap were the most effective for protecting the crop to pest damage in a 7.32%, decreasing infestation in 39.7% and increasing production in 87% in relation to the control. To conclude, this management is a useful alternative to protect this crop, and to contribute the resistance management without toxic waste; this management has an easy access for the producers.

Key words: *Amaranthus hypochondriacus*, vegetable extracts, *Ricinus communis*, *Capsicum frutescens*.

Resumo

A cultura de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) é atacada por pragas que diminuem a produção. Diante disso, os produtores aplicam agrotóxicos sem considerar os problemas emergentes, como o desenvolvimento de populações de pragas resistência, danos ecológicos e de saúde. A utilização de extractos de plantas pode ser uma alternativa para reduzir custos económicos e ecológicos no controlo de pragas. O objectivo era avaliar a eficácia de extractos de plantas aquosos alternados com sabão em barra para contrariar os danos

causados por plagas de insectos na folhagem de amaranto em Tochimilco, Puebla, México. Em uma trama cinco tratamentos, com quatro repetições sob blocos ao acaso, foi testado. Os tratamentos foram: *Capsicum frutescens*, *C. frutescens* + *Ricinus communis*, *C. frutescens* + *Argemone mexicana* e *C. frutescens* + *R. communis* + *A. mexicana*, que alternam com sabão em barra 0,06% e um controle (água). Os parâmetros avaliados foram: dano foliar, infestação e produção. A análise de variância seguida de comparação múltipla de Tukey ($P \leq 0,05$) foi realizada. Os resultados mostraram que *R. communis* com *C. frutescens* alternadas com sabão, foi o mais eficaz para proteger a cultura dos danos causados pela praga de 7,32%, reduzir a infestação de 39,7% e aumentando assim a produção de 87% em relao ao controle. Concluiu-se que esta forma de gestão era uma opção viável para proteger a cultura, além de contribuir para o manejo da resistência, ele não deixou resíduos tóxicos e foi facilmente acessível para a alternativa produtor.

Palavras-chave: *Amaranthus hypochondriacus*, extractos de plantas, *Ricinus communis*, *Capsicum frutescens*.

Introducción

En Tochimilco el cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) es afectado por diversas especies de insectos plaga del follaje que ocasionan pérdidas de hasta un 44,1%. Entre ellas destacan, de acuerdo a su importancia, *Sphenarium purpurascens* Charp (Orthoptera:Pyrgomorphidae), *Epicauta cinerea* Forst (Coleoptera:Meloidae), *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae), *Pholisora catullus* Fab (Lepidoptera:Hesperiidae), *Macrosiphum* sp. (Homoptera:Aphididae) y *Ligys lineolaris* (Palisot de Beauvois) (Hemiptera:Miridae) (Pérez-Torres *et al.*, 2011a).

Para contrarrestar estas plagas y minimizar las pérdidas, los productores aplican altas dosis y realizan constantemente aplicaciones de productos químicos poco selectivos como el organofosforado Metamidofos (O,S-Dimetil fosforoamidotioato) y el carbamato Carbaril (1-Naftil metilcarbamato), a pesar de esto no logran su objetivo (Pérez-Torres *et al.*,

Introduction

In Tochimilco, amaranth's crop (*Amaranthus hypochondriacus* L.) is affected by different species of foliage insect pests that cause losses of 44.1%. These include *Sphenarium purpurascens* Charp (Orthoptera:Pyrgomorphidae), *Epicauta cinerea* Forst (Coleoptera:Meloidae), *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae), *Pholisora catullus* Fab (Lepidoptera:Hesperiidae), *Macrosiphum* sp. (Homoptera:Aphididae) and *Ligys lineolaris* (Palisot de Beauvois) (Hemiptera:Miridae) (Pérez-Torres *et al.*, 2011a).

To counteract these pests and minimize losses producers apply high doses of non-selected chemicals such as Methamidophos organophosphate (O,S-dimethyl phosphate amidothiate) and the carbamate Carbaryl (1-Naphtyl methylcarbamate); however, none positive results are obtained (Pérez-Torres *et al.*, 2014a), since it has been reported that high doses and frequent spraying of synthetic insecticides cause imbalances in the agroecosystem

2014a), ya que se ha reportado que altas dosis y aspersiones frecuentes de insecticidas sintéticos ocasionan desequilibrios en el agroecosistema eliminando organismos benéficos entre éstos parasitoides, depredadores y polinizadores (Silva *et al.*, 2003, Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2013) y generan resistencia de las plagas a los insecticidas (Orozco *et al.*, 2006). Adicionalmente, causan daños a los seres humanos y animales domésticos por intoxicaciones, exposición directa o por el consumo de alimentos con residuos (Landis *et al.*, 2000; Tequida-Meneses *et al.*, 2002).

Ante estos problemas es necesario encontrar alternativas de menor impacto ambiental sustentables para el manejo de insectos plaga, buscando restablecer el equilibrio de los agroecosistemas para cultivar, cosechar y consumir alimentos de alta calidad y que no presenten riesgos para la salud.

Sobre este contexto, Simmonds *et al.* (2004) señalaron que el uso de productos naturales es una alternativa, por sus diferentes mecanismos de acción, lo que permite un manejo de plagas adecuado. Por ejemplo, la nicotina y las piretrinas, provocaron un impacto mínimo sobre la fauna benéfica, fueron efectivos contra plagas agrícolas y no tienen restricciones toxicológicas, al aplicarse a bajas dosis, además de ser biodegradables al estar al contacto con el sol (Ma *et al.*, 2000; Sutherland *et al.*, 2002). Asimismo, es una alternativa de control accesible y de bajo costo, además se les atribuye actividad insecticida, repelente, anti-

eliminating beneficial organisms, among these are parasitoids pollinators and predators (Silva *et al.*, 2003, Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2013) and generate pest resistance to insecticides (Orozco *et al.*, 2006). In addition, insecticides cause damage to human beings and domestic animals by poisoning, direct exposure or food consumption with residues (Landis *et al.*, 2000; Tequida-Meneses *et al.*, 2002).

Because of the latter, it is necessary to find sustainable environmental alternatives for the management of insect pests seeking to restore the balance of ecosystems to grow, harvest and consume high quality foods that would guarantee the safety of the consumers.

On this context, Simmonds *et al.* (2004) mentioned that the use of natural products is an alternative by their different action mechanisms, allowing an adequate pest management. For example, nicotine and pyrethrins caused minimal impact on the beneficial fauna, were effective against agricultural pests and do not have toxicological restrictions when applied to low doses; these biodegrade once are in contact with the sun (Ma *et al.*, 2000; Sutherland *et al.*, 2002). Also it is an accessible and low-cost control alternative with toxic insecticide and repellent activity on a wide insect pests range (Opende, 2008).

In Puebla, Mexico, the researches in this field are considered are common, since the town has native and exotic flora species which are useful for the control of insect pests of amaranth, species such as garlic (*Allium*

alimentaria o tóxica, sobre una gran gama de insectos plaga (Opendor, 2008).

En el estado de Puebla, México se intensifican las investigaciones en este campo, pues se cuenta con especies de flora nativa y exótica que son útiles para el control de insectos plaga del amaranto. Tal es el caso del ajo (*Allium sativum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), chicalote (*Argemone mexicana* L.), chili (*Capsicum frutescens* L.), higuerilla (*Ricinus communis* L.), paraíso (*Melia azadarachata* L.), súlman o tetlate (*Croton ciliatoglanduliferus* Ort.), tabaco (*Nicotina tabacum* L.), entre otras (Aragón-García y Tapia-Rojas, 2009). Aun cuando existen investigaciones exitosas sobre este tipo de control, no se ha evaluado la combinación de plantas, por lo que pueden resultar prometedoras para este tipo de manejo en campo.

Mareggiani (2001) cita que el control de insectos con el uso de varias plantas, como el nim (*Azadirachta indica* Juss.), el piretro (*Tanacetum* spp.), el timbó (*Derris* sp.) y el tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) es una alternativa en el manejo integrado de plagas; así mismo, Celis *et al.* (2008), citaron varios trabajos en los que se reportó que las plantas presentaron metabolitos secundarios que se han utilizado para el control de plagas; sin embargo, no se ha estudiado el efecto que presenta la combinación del uso de extractos vegetales y jabón en el manejo de plagas.

En este orden de ideas, el objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de los extractos acuosos vegetales alternados con jabón de

sativum L.), onion (*Allium cepa* L.), thistle (*Argemone mexicana* L.), chili (*Capsicum frutescens* L.), higuerilla (*Ricinus communis* L.), paradise (*Melia azadarachata* L.), suliman or tetlate (*Croton ciliatoglanduliferus* Ort.), tobacco (*Nicotina tabacum* L.), among others (Aragón-García and Tapia-Rojas, 2009). Even though there are a lot of research papers about this type of control, the combination of plants has not yet been evaluated, and these plants may be promising for this type of field management.

Mareggiani (2001) cites that the insect control with the use of several plants, such as neem (*Azadirachta indica* Juss.), pyrethrum (*Tanacetum* spp.), timbo (*Derris* sp.) and tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) is an alternative in the integrated pest management; likewise, Celis *et al.* (2008), cited several studies that reported that plants had secondary metabolites that have been used for the pest control; however, the effect between the combination of vegetal extract and bar soap to handle pest has not been used.

Thus, the aim of this research was to evaluate the effectiveness of the aqueous vegetal extracts alternated with bar soap to counteract the damage caused by the foliage insect pest on amaranth in Tochimilco, Puebla, Mexico.

Materials and methods

This research was developed from June to December 2010, in an experimental plot located 5 km southeast at the town San Lucas

barra, para contrarrestar los daños ocasionados por los insectos plaga del follaje del cultivo de amaranto en Tochimilco, Puebla, México.

Materiales y métodos

Este trabajo se desarrolló durante el ciclo agrícola junio a diciembre de 2010, en una parcela experimental ubicada a 5 km al sureste de la localidad de San Lucas Tulcingo, municipio de Tochimilco, Puebla; sus coordenadas geográficas son 18°50'14" N y 98°35'42" O, altitud de 1950 msnm, precipitación anual aproximada de 877 mm y cuatro tipos de clima a lo largo del año: semicálido subhúmedo, templado subhúmedo, semifrío subhúmedo y frío (INAFED, 2009).

Para este estudio durante los meses de marzo a mayo de 2010, se recolectó follaje, flor y fruto del chicalote (*A. mexicana*) y frutos de chili (*C. frutescens*) de la var. Serrano e higuerilla (*R. communis*). El material se guardó en envases de tela (costales o sacos) que fueron etiquetados para ser trasladados al Laboratorio de Entomología, Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Se dejaron secar sobre papel periódico a la sombra por un periodo de 20 días, para su deshidratación. Cada tres días era volteado y se cambiaba el papel para evitar contaminación por hongos u otros microorganismos. Una vez seco, se trituroó en un molino eléctrico (Nixtamatic), y fue tamizado a través de una malla # 20 (Mont inox). El polvo vegetal se guardó en bolsas de

Tulcingo, Tochimilco municipality, Puebla; its geographic coordinates are 18°50'14" N and 98°35'42" W, altitude of 1950 masl, annual rainfall of 877 mm and four types of climate throughout the year: warm humid, sub-humid template, semi-cold sub-humid and cold (INAFED, 2009).

From March to May 2010 were collected the foliage, flower and fruit of thistle (*A. mexicana*) chili pepper (*C. frutescens*) of the variety Serrano and higuerilla (*R. communis*). The material was kept in fabric containers (bags) were labeled and taken to the Entomology Laboratory, Agro-ecology Center, Science Institute, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). The material was set aside and let dry on newspaper in the shade for 20 days for its dehydration. Every three days the material was turned and the paper was changed to avoid contamination by fungi or other microorganisms. Once dry, it was mashed in an electric miller (Nixtamatic), and sieved using a mesh # 20 (Mont inox). The vegetable powder was kept in paper bags that were previously tagged in a cool, dry place until the day of its application.

An experimental plot with a surface of 1,351.28 m² was selected, where agricultural works were done (fallow, dredge and furrowing) and seeds from previous harvesting cycle were cropped, depositing from six to eight seeds in each planting site. The sowing distance was between was 60 cm and 80 cm from furrow to furrow. When the plants had 15 cm of height thinning was done, which consisted in leaving three plants per tree (referred

papel previamente etiquetadas en un lugar fresco y seco hasta el día de su aplicación.

Se seleccionó una parcela experimental con una superficie de 1.351,28 m², donde se realizaron las labores agrícolas (barbecho, rastra y surcado) y se sembró semilla de la cosecha del ciclo anterior, depositando de seis a ocho semillas en cada sitio de siembra. La distancia entre cada sitio de siembra fue de 60 cm y entre surco y surco de 80 cm. Cuando las plantas tuvieron 15 cm de altura se realizó el aclareo que consistió en dejar tres plantas por mata o punto (referido al conjunto de las tres plantas), eliminando las sobrantes.

Los tratamientos que se evaluaron fueron: 1. chili (3%), 2. chili (1,5%) + higuerilla (1,5%), 3. chili (1,5%) + chicalote (1,5%) y 4. chili (1%) + higuerilla (1%) + chicalote (1%), las concentraciones fueron calculadas de acuerdo a la cantidad de agua que se utilizó en cada aplicación, las formulaciones se estandarizaron de acuerdo a la dosis recomendada por Aragón-García y Tapia-Rojas (2009) quienes recomendaron realizar aplicaciones de los extractos vegetales al 3%. Estos tratamientos fueron alternados con la aplicación de una suspensión de jabón de barra (Zote®) y un testigo en donde solo se utilizó agua (cuadro 1). Las aplicaciones de extractos vegetales y jabón, se realizaron semanalmente aplicando una semana el extracto y la otra el jabón.

Para evaluar el efecto de los cinco tratamientos, se planteó un diseño de bloques completamente al azar,

to the group three plants), and eliminating the residues.

The treatments evaluated were: 1. 'chili' (3%), 2. 'chili' (1.5%) + 'higuerilla' (1.5%), 3. 'chili' (1.5%) + thistle (1.5%), and 4. 'chili' (1%) + 'higuerilla' (1%) + thistle (1%), the concentrations were calculated according to the amount of water used in each application, formulations were standardized according to the dose recommended by Aragón-García and Tapia-Rojas (2009) who recommended applications of plant extracts at 3%. These treatments were alternated with the application of a formula of bar soap (Zote®) and a witness, where only water was used (table 1). Applications of plant extracts and soap were carried out weekly using the following protocol: the extract one week and the soap the following week.

A completely random block design was used to evaluate the effect of five treatments with four replications. The experimental unit had an area of 560 m² (10 m x 56 m), where 85 plants were planted (set of three plants). The useful plot was formed by 21 central plants.

Aqueous extracts were obtained by the macerated process, weighing 30 g of the plant ground sample diluted in one liter of water. In the case of the treatments 2 and 3, the combination of two species was done using for the maceration 15 g each. In treatment 4 were included three species taking for its maceration 10 g of each for the same volume of water. Bar soap was prepared at a concentration of 0.06%, weighting 100 g of shredded soap; the powder obtained was diluted in

Cuadro 1. Tratamientos y parte de la planta utilizada para el manejo de plagas del follaje en el cultivo de amaranto.

Table 1. Treatments and part of the plant used for the pest management of the foliage inthe amaranth crop.

No	Tratamiento	Parte de la planta utilizada
1	<i>Capsicum frutescens</i> (chili)	Fruto
2	<i>C. frutescens</i> + <i>Ricinus communis</i> (higuerilla)	Fruto + Fruto
3	<i>C. frutescens</i> + <i>Argemone mexicana</i> (chicalote)	Fruto + Follaje y Fruto
4	<i>C. frutescens</i> + <i>R. communis</i> + <i>A. mexicana</i>	Fruto + Fruto + Follaje y Fruto
5	Testigo (agua)	

con cuatro repeticiones. La unidad experimental tuvo un área de 560 m² (10 m x 56 m), donde se sembraron 85 matas (conjunto de tres plantas). La parcela útil quedo conformada por las 21 matas centrales.

Los extractos acuosos se obtuvieron mediante el proceso de macerado, pesando 30 g de la muestra molida de la planta, diluida en un litro de agua. En el caso de los tratamientos 2 y 3 se realizó la combinación de dos especies utilizando para su maceración, 15 g de cada una. En el tratamiento 4, se incluyeron las tres especies tomando para su maceración, 10 g de cada una para el mismo volumen de agua. El jabón de barra se preparó a una concentración de 0,06%, se pesaron 100 g de jabón y se pasó por un rallador para desmenuzarlo; el polvo obtenido se diluyó en 15 litros de agua. En ambos casos se agitaron con una paleta de madera durante 20 minutos y se dejaron reposar por 24 horas a temperatura ambiente para extraer los compuestos hidrosolubles con posible actividad insecticida. Por último, se filtró con una malla fina #

15 liters of water. In both cases the material was stirred using a wooden paddle for 20 minutes and was left to stand for 24 hours at room temperature to extract soluble compounds with possible insecticidal activity. Finally, it filtered with a fine mesh # 200 and the liquid obtained was taken to the rucksack sprinkler with 15 liters of capacity for its application.

Applications were done every week, one week was applied the aqueous plant extract and the following week was applied the bar soap, for a total of eight applications (four with plant extract and four with soap). Applications were made in the morning when there was still dew on the plants.

The variables evaluated were: a) foliar damage by insects made 22 and 54 days after sowing: the three amaranth plants (that formed the plant with a total of nine plants in the useful plot equivalent to 27 plants) were evaluated by direct observation to obtain the damage percentage of the plant (reduced leaf area caused by insects) according to the methodology

200 y el líquido obtenido se transvasó al aspersor de mochila de 15 litros de capacidad para su aplicación.

Las aplicaciones se efectuaron semanalmente, una semana se aplicó el extracto acuoso de las plantas y la otra el jabón de barra, realizando un total de ocho aplicaciones (cuatro del extracto vegetal y cuatro de jabón). Las aplicaciones se efectuaron por las mañanas cuando aún había rocío en las plantas.

Las variables evaluadas fueron: a) daño foliar por insectos realizadas a los 22 y 54 días después de la siembra: se evaluó por observación directa en las tres plantas de amaranto (que conformaron la mata, con un total de nueve matas en la parcela útil equivalente a 27 plantas) para obtenerse el porcentaje de daño de la planta (reducción del área foliar ocasionada por los insectos) de acuerdo a la metodología propuesta por Aragón-García *et al.* (2008); b) infestación de insectos en la planta de amaranto evaluada a los 22 y 54 días después de la siembra, para el caso de los insectos de vuelo rápido, se pasó una red entomológica de golpeo alrededor de las plantas de la parcela útil: se consideraron las 27 plantas de la parcela útil como el 100% y se contabilizó en cuantas plantas se encontraron presentes los insectos esto fue para cada uno de los tratamientos; c) producción de la semilla: una vez realizada la cosecha se limpió la semilla y se pesó en una balanza granataria (OHAUS mecánica tripe brazo 2610 g), obteniendo el peso en kilogramos por parcela útil para cada tratamiento; después, la producción se extrapoló a $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

proposed by Aragón-García *et al.* (2008); b) insect infestation in the amaranth plant evaluated 22 and 54 days after sowing, in the case of fast-flying insects, abeating entomological net was used around the plants of the plot: 27 plants of the plot were considered as 100% and the plants with insects for each of the treatments were counted; c) seed production: once harvested, seeds were cleaned and weighed using a balance scale (mechanical OHAUS triple arm 2610 g), obtaining the weight in kilograms for each plot treatment; later, the production was extrapolated to $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

The homogeneous variance hypothesis was verified applying Bartlett test; variance analysis (ANOVA) was carried according to the design used and Tukey mean test ($P < 0.05$) was used (Steel and Torrie, 1960). Statistical tests and calculations were performed using Statgraphics Centurion XVI software (Statgraphics, 2010).

Results and discussion

Leaf damage by insect pests

The damage percentage of the foliage in the amaranth crop was lower when the treatment of *R. communis* + *C. frutescens* was applied (table 2), the result agreed to the one reported by Vázquez-Jorge *et al.* (2016), who mentioned that applying the mix of *R. communis* + *C. frutescens* (3%), protected amaranth crop by the damages caused by *S. purpurascens*; however, the authors of the research only worked with a species in the

A los datos obtenidos se verificó la hipótesis de varianza homogénea mediante la prueba de Bartlett, se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) de acuerdo con el diseño utilizado y la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey ($P<0,05$) (Steel y Torrie, 1960). Los cálculos y pruebas estadísticas se realizaron utilizando el software Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics, 2010).

Resultados y discusión

Daño foliar por insectos plaga

El porcentaje de daño al follaje en el cultivo de amaranto resultó inferior cuando se aplicó el tratamiento de *R. communis* + *C. frutescens* (cuadro 2) lo que concordó con lo reportado por Vázquez-Jorge *et al.* (2016), quienes mencionaron que al aplicar la mezcla

greenhouse; on the contrary, the current research evaluated the damage caused by all the insects present in the cultivation foliage of amaranth in the field. In addition, Aragón-García and Tapia Rojas (2009) recommended the use of different formulations of plant extracts as the case of ‘higuerilla’ and ‘chili’, since the damage caused by foliage pests caused a reduction of up to 45% of the leaf area.

In Tehuacan, Aragón-García *et al.* (2002) mentioned that the aqueous extract of *R. communis* 3% protected cultivation of *A. hypochondriacus* from damages to the foliage by insect pests. It could be due to seed of *R. communis* presented insecticidal activity against some coleoptera (Upasani *et al.*, 2003), and hemiptera (Bigi *et al.*, 2004, Tinzaara *et al.*, 2006). As for the extract of *C. frutescens*, there are references that it has been used for controlling

Cuadro 2. Tratamientos utilizados alternados con jabón en barra para el control de plagas y daño por insectos plaga del follaje de *A. hypochondriacus* a los 22 y 54 días después de la siembra en el municipio de Tochimilco, Puebla.

Table 2. Treatments used alternated with bar soap for the pest control and the foliage damage by pest insects of *A. hypochondriacus* within 22 and 54 days after the sown in Tochimilco, Puebla.

Tratamientos alternados con jabón de barra	Daño (%) ± Error estándar	
	22 días	54 días
<i>R. communis</i> + <i>C. frutescens</i>	7,32 ± 0,86 a	4,75 ± 0,85 a
<i>C. frutescens</i> + <i>R. communis</i> + <i>A. mexicana</i>	8,52 ± 0,97 a	5,75 ± 1,03 a
<i>A. mexicana</i> + <i>C. frutescens</i>	8,65 ± 0,57 a	6,25 ± 0,25 a
<i>C. frutescens</i>	10,82 ± 1,14 a	6,75 ± 0,47 a
Testigo (agua)	14,25 ± 2,71 b	34,05 ± 2,92 b

Dentro de la misma columna, medias con distinta letra fueron significativamente diferentes entre sí ($P\leq0,05$), F a los 22 días (0,0182), F a los 54 días (0,0430) y Gl= 19.

de *R. communis* + *C. frutescens* (3%), protegieron el cultivo de amaranto de los daños ocasionados por *S. purpurascens*; sin embargo, se difirió con este autor, porque únicamente trabajo con una especie a nivel de invernadero, mientras que en esta investigación se evaluó el daño ocasionado por todos los insectos presentes en el follaje del cultivo de amaranto en campo. Además, Aragón-García y Tapia-Rojas (2009) recomendaron el uso de diferentes formulaciones de extractos de plantas como fue el caso de la higuera y chili, debido a que los daños ocasionados por las plagas del follaje provocaron una disminución de hasta un 45% del área foliar.

En Tehuacán, Aragón-García *et al.* (2002) refrieron que el extracto acuoso de *R. communis* al 3% protegió el cultivo de *A. hypochondriacus* de los daños al follaje por insectos plagas. Esto podría deberse a que la semilla de *R. communis* presentó actividad insecticida contra algunos coleópteros (Upasani *et al.*, 2003), y hemípteros (Bigi *et al.*, 2004, Tinzaara *et al.*, 2006). En cuanto al extracto de *C. frutescens*, se tienen referencias de que se ha utilizado para el control de insectos fitófagos en plagas de hortalizas (Rodríguez, 2000), evitando los daños debido a la actividad insecticida y de disuasión contra, ácaros, mosca blanca y broca del café debido a la presencia de saponinas, sustancias que actúan como inhibidores del desarrollo de insectos (Bouchelta *et al.*, 2005).

Para minimizar los daños del follaje por insectos plaga, principalmente de *S. exigua* y *P.*

phytophagous insects in vegetable pest (Rodríguez, 2000), avoiding the damage due to the insecticidal activity and deterrence against mites, white fly and coffee berry borer due to the presence of saponins, substances that act as inhibitors of insect development (Bouchelta *et al.* 2005).

To minimize the damage of foliage insect pests, mainly *S. exigua* and *P. catullus* as larvae, Aragón-García *et al.* (2008) recommended alternate applications of plant extract with bar soap. The soap effect on insects is the decomposition, destruction or disruption of the cuticle permeability and cell membrane causing less protection and more sensitivity to external factors such as heat and pathogens when producing desiccation and death, larvae, nymph, pupae and soft-bodied adults (Szumlas, 2002; Vincent *et al.*, 2003; Vargas, 2009), in the case of lepidoptera larvae and nymphs of bugs, grasshoppers, aphids presented in amaranth.

The way plants react to the organisms confirmed that when aqueous plant extracts mixtures at 3% were applied with alternated with soap (0.06%), amaranth plants were protected from damages caused by foliage insects. When performing applications, extracts were absorbed by leaves stomata by being opened and by moving systematically through the plant, this change the flavor and the natural smell of the plant; thus, the insect rejects the food, helping the protection (Aragón-García and Tapia-Rojas, 2009).

Insect infestation in amaranth plant

There were significant differences ($P < 0.05$) among the control treatment and other treatments (table 3),

catullus en estado larval, Aragón-García *et al.* (2008) recomendaron alternar las aplicaciones de extracto vegetal con jabón de barra. El efecto de los jabones sobre los insectos es la descomposición, destrucción o disrupción de la permeabilidad de la cutícula y la membrana celular que hace que estén menos protegidos y sean más sensibles a factores externos como el calor y los patógenos, al producir su desecación y muerte, larvas, ninfas, pupas y adultos de cuerpo blando (Szumlas, 2002; Vincent *et al.*, 2003; Vargas, 2009), caso de las larvas de lepidópteros y de las ninfas de chinches, chapulines, pulgones que se presentan en el amaranto.

Esta forma en que reaccionan las plantas sobre los organismos confirmó que cuando se aplicaron mezclas de extractos acuosos vegetales al 3%, alternado con jabón (0,06%), protegieron a las plantas de amaranto de los daños que le ocasionan los insectos del follaje. Al realizar las aplicaciones, los extractos fueron absorbidos por los estomas de las hojas al encontrarse abiertos moviéndose sistemáticamente por toda la planta, esto cambia el sabor y el olor natural de la planta por lo que el insecto repudia alimentarse de ella ayudando a su protección (Aragón-García y Tapia-Rojas, 2009).

Infestación de insectos en la planta de amaranto

Se encontró que hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el tratamiento testigo y los demás tratamientos (cuadro 3), presentando en la primera y segunda evaluación infestaciones del 100 y 86%,

observing infestations in the first and second of 100 and 86%, respectively. Regarding the treatment of *A. mexicana* + *C. frutescens*, it caused lower significance ($P \leq 0.05$) in the two readings of 92 and 35%, respectively. The research carried out by Caffarini *et al.* (2008) mentioned that the combination of these two extracts with *Bauveria bassiana*, reduced in 50% the presence of grasshoppers (*Sphenarium* sp.), Orthoptera:Pyrgomorphidae. However, the investigation performed by Pérez-Torres *et al.* (2014b), indicated that when 'higuerilla' extract was applied infestations of foliage insect pests in the amaranth crop decreased in 27.2% in relation to the control.

There are reports in San Gabriel Chilac municipality that mention that when applying the extract of *A. mexicana* alternated with bar soap the plant infestation *A. hypochondriacus* by foliage pest such as *E. cinerea*, *L. lineolaris*, *Macrosiphum* sp., *P. catullus*, *S. exigua*, and *S. purpurascens* (Perez-Torres *et al.*, 2014a) reduced. This result could be due to chicalote plant presented anti-food and toxic effects while chili caused repellent effects; thus, insects fed with the neighboring crops (Aragón -García and Tapia-Rojas, 2009). This behavior was confirmed by Shaukat *et al.* (2002), and Salvadores *et al.* (2007), who mentioned that this extract presented anti-food and toxic properties on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleptera:Curculionidae).

The repellent behavior was observed when applications with 'chili' extract were done since insects

Cuadro 3. Tratamientos utilizados alternados con jabón para el control de plagas y porcentaje de plantas infestadas con insectos de *A. hypochondriacus* a los 22 y 54 días después de la siembra en el municipio de Tochimilco, Puebla.

Table 3. Treatments used alternated with soap for the pest control and percentage of infested plants with insects of *A. hypochondriacus* within 22 and 54 days after the sown in Tochimilco, Puebla.

Tratamientos alternados con jabón de barra	Infestación (%) ± Error estándar	
	22 días	54 días
<i>R. communis</i> + <i>C. frutescens</i>	75,3 ± 3,4 a	39,7 ± 5,2 a
<i>C. frutescens</i> + <i>R. communis</i> + <i>A. mexicana</i>	92,5 ± 4,8 b	39,5 ± 4,9 a
<i>A. mexicana</i> + <i>C. frutescens</i>	92,5 ± 4,8 b	35,5 ± 4,9 a
<i>C. frutescens</i>	92,5 ± 7,5 b	43,7 ± 4,0 a
Testigo (agua)	100,0 ± 0,0 b	86,5 ± 4,9 b

Dentro de la misma columna, medias con distinta letra fueron significativamente diferentes entre sí ($P\leq0,05$), F a los 22 días (0,003), F a los 54 días (0,0047) y Gl= 19.

respectivamente. En cuanto al tratamiento de *A. mexicana* + *C. frutescens*, ocasionó una significancia menor ($P\leq0,05$) en las dos lecturas de 92 y 35%, respectivamente. La investigación realizada por Caffarini *et al.* (2008) señalaron que la combinación de estos dos extractos con *Bauveria bassiana*, redujo un 50% la presencia de chapulines (*Sphenarium* sp.), Orthoptera:Pyrgomorphidae. Sin embargo, el trabajo realizado por Pérez-Torres *et al.* (2014b), indicó que, cuando se aplicó solo el extracto de higuerrilla, las infestaciones de insectos plaga del follaje en el cultivo de amaranto, disminuyeron en un 27,2% respecto al testigo.

En el municipio de San Gabriel Chilac se tienen reportes de que al aplicar extracto de *A. mexicana* alternado con jabón de barra disminuyó la infestación en las plantas

fled to find some shelter, food or a host for oviposition, others fall to the ground to hide. Regarding the infestation percentage, beneficial insects were found such as the voracious predatory fly *Asilus* sp. (Diptera:Asiilidae), mainly fedby *E. cinerea*, causing important damage to the crop, other species found was *Hippodamia convergens* (Guérin) (Coleoptera:Coccinellidae), consuming aphids *Macrosiphum* sp. (Homoptera:Aphididae).

The infestation percentage reduction in plants among the two observation dates could be due to the fact that there were more beneficial insects than insect pest, registering *H. convergens* feeding on *Macrosiphum* sp. and the voracious predatory fly or thief fly *Asilus* sp. (L.), consuming insects like *Diabrotica balteata* LeConte (Coleopera:Chrysomelidae),

de *A. hypochondriacus* por parte de plagas del follaje como *E. cinerea*, *L. lineolaris*, *Macrosiphum* sp., *P. catullus*, *S. exigua* y *S. purpurascens* (Pérez-Torres *et al.*, 2014a). Este resultado podría deberse a que la planta de chicalote presentó efectos tóxicos y antialimentarios, mientras que el chili causó efectos repelentes, lo que hizo que los insectos fueran a alimentarse de otros cultivos vecinos (Aragón-García y Tapia-Rojas, 2009). Esta respuesta fue confirmada por Shaukat *et al.* (2002) y Salvadores *et al.* (2007), quienes mencionaron que este extracto presentó propiedades anti-alimentarias y tóxicas sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleptera:Curculionidae).

El comportamiento de repelencia se observó cuando se efectuaron las aplicaciones con el extracto de chili, ya que los insectos huían a otro lugar para encontrar algún refugio, alimento o un hospedero para la oviposición, otros se dejaban caer al suelo para esconderse. Respecto al porcentaje de infestación se encontraron insectos benéficos como la mosca depredadora voraz *Asilus* sp. (Diptera:Asiilidae), que se encontró alimentándose principalmente de *E. cinerea*, especie que ocasionó fuertes daños al cultivo, otra de las especies encontradas fue *Hippodamia convergens* (Guêrin) (Coleoptera:Coccinellidae), consumiendo pulgones *Macrosiphum* sp. (Homoptera:Aphididae).

La disminución del porcentaje de infestación en plantas entre las dos fechas de observación pudo deberse a que se encontraron más insectos benéficos que insectos

E. cinerea, and *L. lineolaris*, indicating that this management was effective against insect pests that fed with foliage; also, these may not damage or kill the predatory insects. However, more specific studies on secondary effects of plant extracts on natural enemies are necessary in order to make this affirmation.

Seed production of *A. hypochondriacus*

As observed in table 4, the treatments of *R. communis* + *C. frutescens* and *C. frutescens* and *R. communis* + *A. mexicana*, alternated with soap extract had the largest average seed production of *A. hypochondriacus*, with 1,956 and 1,604.69 kg ha⁻¹, respectively, resulting in production increment of 87 and 53% compared to the control. Additionally, the control treatment was the one with less amaranth seed production (table 4). These data was similar to the one obtained by Vázquez-Jorge *et al.* (2016), who mentioned that when applying 'higuerilla' + 'chili' extract and *B. bassiana* every eight days and alternating these applications with bar soap, the result was more effective against grasshoppers, making that the seed production increased by 82% compared to the witness. Aragon-García *et al.* (2002) cited that when using extract of *R. communis* in amaranth, an average seed production of 1,951 kg ha⁻¹ was obtained.

Pérez-Torres *et al.* (2011b) confirmed that the aqueous extract of 'higuerilla' alternated with bar soap protected the foliage of amaranth plants from insect pests by increasing

plaga, registrándose a *H. convergens* alimentándose de *Macrosiphum* sp. y a la mosca depredadora voraz o mosca ladrona *Asilus* sp. (L.), consumiendo insectos como *Diabrotica balteata* LeConte (Coleoptera:Chrysomelidae), *E. cinerea*, y *L. lineolaris*, lo que indicó que esta forma de manejo fue efectiva contra los insectos plaga que se alimentaron del follaje, además de que podría no dañar o matar a insectos depredadores. No obstante, son necesarios más estudios concretos sobre efectos secundarios de los extractos vegetales sobre los enemigos naturales para poder realizar esta afirmación.

Producción de semilla de *A. hypochondriacus*

Como puede observarse en el cuadro 4, los tratamientos de *R. communis* + *C. frutescens* y de *C. frutescens* + *R. communis* + *A. mexicana*, alternados

the production in 61% in relation to the control. Aragón-García and Tapia-Rojas (2009) mentioned that there was more damage protection by insect pests in the foliage and more production in the crop of *A. hypochondriacus*, when the application of aqueous plant extracts were alternated with bar soap. Rojas and Chávez (2007) mentioned that it was effective to apply ‘higuerilla’ oil with soap in different crops when there was the presence of lepidopteran larvae because populations reduced considerably. Rodríguez (2000) indicated that using *C. frutescens* extract, crops were protected from insect damage and the same author cited that in the Philippines chili tree was used as a natural insecticide in the cultivation of rice, increasing the production. Meanwhile, in Nicaragua

Cuadro 4. Tratamientos utilizados, alternados con jabón para el control de plagas del follaje y rendimiento promedio de semillas de amaranto (kg·ha⁻¹) con el incremento en la producción con respecto al testigo, en la comunidad de Tochmilco, Puebla.

Table 4. Treatments used alternated with soap for the pest control of foliage and average yield of amaranth seeds (kg·ha⁻¹) with the production increment with respect to the witness in Tochmilco, Puebla.

Tratamientos alternados con jabón de barra	Medias ± Error estándar Biomasa seca (kg ha ⁻¹)	Incremento de producción (%)
Testigo (agua)	1.048,0 ± 63,7 a	-----
<i>C. frutescens</i>	1.396,6 ± 97,5 b	33
<i>A. mexicana</i> + <i>C. frutescens</i>	1.423,2 ± 79,9 b	36
<i>C. frutescens</i> + <i>R.communis</i> + <i>A. mexicana</i>	1.604,7 ± 67,6 b	53
<i>R. communis</i> + <i>C. frutescens</i>	1.956,2 ± 129,2 c	87

Dentro de la misma columna, medias con distinta letra fueron significativamente diferentes entre sí (P≤0,05), F (0,0184) y Gl=19.

con extracto de jabón tuvieron la mayor producción promedio de semillas de *A. hypocondriacus*, con 1.956 y 1.604,69 kg·ha⁻¹, respectivamente, obteniéndose un incremento de producción del 87 y 53% con respecto al testigo. Además, el tratamiento testigo, fue el que arrojó una menor producción de semillas de amaranto (cuadro 4). Estos datos se asemejaron a los obtenidos por Vázquez *et al.* (2016), quienes señalaron que, cuando se aplicó cada ocho días el extracto de higuerilla + chili más *B. bassiana* y se alternaron estas aplicaciones con jabón de barra, el resultado fue efectivo contra el chapulín, lo que hizo que la producción de semilla se incrementó con respecto al testigo en un 82%. Aragón-García *et al.* (2002) citaron que, al usar extracto de *R. communis* en amaranto, se obtuvo una producción promedio de semillas de 1.951 kg·ha⁻¹.

Pérez-Torres *et al.* (2011b) confirmaron que el extracto acuoso de higuerilla alternado con jabón de barra, protegió el follaje de las plantas de amaranto de los insectos plaga incrementando la producción del 61% respecto al testigo. Aragón-García y Tapia-Rojas (2009) sustentaron que hubo una mejor protección de los daños por insectos plaga en el follaje y una mayor producción en el cultivo de *A. hypochondriacus*, cuando la aplicación de extractos vegetales acuosos se alternó con jabón de barra. Rojas y Chávez (2007), señalaron que fue efectivo aplicar aceite de higuerilla con jabón en diferentes cultivos cuando hubo la presencia de larvas de lepidópteros porque se redujeron

(Karlsson, 2005) were used plant combinations of chili congo, 75 g of garlic, half a kilo of onions and a bar of soap (400 g) shaved in 20 liters of water, thereby achieving the protection of different crops against pest insect. It is effective against soft arthropods such as thrips, aphids and whitefly.

Comparing the results obtained with respect to the three parameters (damage, infestation and production) it was found that *R. communis* combined with *C. frutescens* and alternated with soap was the treatment that obtained more production and less damage percentage against pest insect of foliage (*S. purpurascens*, *E. cinerea*, *S. exigua*, *P. catullus*, *Macrosiphum* sp. and *L. lineolaris*). To recommend and reduce the damage caused to the crop by insects, it is very important to take into account that the plant should be abundant with easy access and management and in the production area, with the purpose of not generating costs to the producers to develop these bioinsecticides and at the same time that the producers can take care for and protect the natural resources that predominate in each area.

Conclusion

The extract combination of *R. communis* with *C. frutescens*, alternated with the application of soap extract is a promising strategy for the pest management of the foliage of the amaranth cultivation in the municipality of Tochimilco, Puebla, since the economic, toxicological and

las poblaciones considerablemente. Rodríguez (2000) indicó que con el extracto de *C. frutescens*, protegieron diversos cultivos de los daños por insecto y el mismo autor citó que en Filipinas se utilizó el chili de árbol como insecticida natural en cultivo de arroz, incrementando la producción. Por su parte, en Nicaragua (Karlsson, 2005) se aplicaron una serie de combinaciones de plantas de chili congo, 75 g de ajo, medio kilo de cebollas y una barra de jabón (400 g) raspado en 20 litros de agua, consiguiéndose con ello la protección de diferentes cultivos frente a insectos plaga. Es efectivo contra artrópodos blandos como trips, áfidos y mosca blanca.

Al comparar conjuntamente los resultados obtenidos respecto a los tres parámetros (daño, infestación y producción), se encontró que *R. communis* combinado con *C. frutescens* y alternado con la aplicación de jabón, fue el tratamiento con el cual se obtuvo la mayor producción y el menor porcentaje de daño, contra insectos plaga del follaje (*S. purpurascens*, *E. cinerea*, *S. exigua*, *P. catullus*, *Macrosiphum* sp. y *L. lineolaris*). Para poder generar alguna recomendación y disminuir los daños que los insectos le ocasionaron al cultivo, es de suma importancia tomar en cuenta que la planta sea abundante, de fácil acceso y manejo, que se encuentre dentro de la zona de producción, con el fin de no generar gastos a los productores al elaborar estos bioinsecticidas y a la vez que pueden cuidar y proteger los recursos naturales que predominan en cada zona.

environmental impact caused by synthetic pesticides is reduced, it also contributes to the development of sustainable agriculture, the increase and quality of the product and it is an innovation method to this area of study.

Acknowledgement

The authors of this research thank the Foundation PRODUCE (Puebla, Mexico) by the support granted through the project "Technology transfer for the pest control of Amaranth", also special thanks to the producers of Amaranth crop of Popocatepetl, Puebla State, Mexico, where experimental research was performed.

End of English version

Conclusión

La utilización de la combinación de los extractos de *R. communis* con *C. frutescens*, alternado con la aplicación de extracto de jabón, es una estrategia promisorio para el manejo de plagas del follaje del cultivo de amaranto en el municipio de Tochmilco, Puebla, debido a que se reduce el impacto económico, toxicológico y ambiental producido por pesticidas sintéticos,

contribuye, además, al desarrollo de la agricultura sustentable, el incremento y calidad del producto, de la misma forma que es un método de innovación para esta zona de estudio.

Agradecimiento

Los autores de este trabajo agradecen a la Fundación PRODUCE (Puebla, México) por el apoyo otorgado a través del proyecto “Transferencia de tecnología para el control de plagas del amaranto”, así mismo a los productores del cultivo de amaranto de las faldas del Popocatepetl, estado de Puebla, México donde fue realizado el trabajo experimental.

Literatura citada

- Aragón-García, A. y A.M. Tapia-Rojas. 2009. Amaranto orgánico: Métodos alternativos para el control de plagas y enfermedades. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 63 p.
- Aragón-García, A., J.F. López-Olgún, A.M. Tapia-Rojas, N. Bonilla-Fernández y B.C. Pérez-Torres. 2002. Extractos vegetales una alternativa para el control de plagas del amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. p. 125-137. En: Aragón-García A., J.F. López-Olgún, M. Tórnero-Campante (Eds). Métodos para la generación de tecnología agrícola de punta. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Aragón-García, A., A. Torija-Torres, R. Avelleira-Corte, A.M. Tapia-Rojas, I.R. Contreras-Martínez y J.F. López-Olgún. 2008. Control de plagas de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con *Gliricidia sepium* (Jacq.) en Chiautla de Tapia, Puebla. Av. Inv. Agrop. 12(3):33-42.
- Bigi, M.F., V.L. Torkomian, S.T. de Groote, M.J. Hebling, O.C. Bueno, F.C. Pagnocca, J.B. Fernandes, P.C. Vieira y M.F. da Silva. 2004. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and ricinine against the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gogylophorus*. Pest Manag. Sci. 60(9):933-938.
- Bouchelta, A., A. Boughdad and A. Blenzar. 2005. Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 9:259-269.
- Caffarini, P., P. Carrizo, A. Pelicano, P. Roggero y J. Pacheco. 2008. Efectos de extractos acetónicos y acuosos de *Ricinus communis* (ricino), *Melia azedarach* (paraíso) y *Trichillia glauca* (trichillia), sobre la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*). Idesia 26(1):59-64.
- Celis, Á., C. Mendoza, M. Pachón, J. Cardona, W. Delgado y L.E. Cuca. 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. Agron. Colomb. 26(1):97-106.
- Gutiérrez-Ramírez, A., A. Robles-Bermúdez, C. Santillan-Ortega, M. Ortiz-Catón y O.J. Cambero-Campos. 2013. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. Revista Bio Ciencias 2(3):102-112.
- INAFED. 2009. Enciclopedia de los municipios del estado de Puebla. Tochimilco. Instituto Nacional para la Federación y el Desarrollo Municipal del Gobierno del Estado de Puebla, Puebla, México. 13 p.
- Karlsson, M.F. 2005. Bekämpning av vita flygare (*Aleurotrachelus socialis*) i kassava (*Manihot esculenta*) fysikaliskt verkande insektsmedel: mortalitet och appliceringsteknik. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. 70 p.
- Landis, D., S. Wratten and G. Gurr. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests

- in agriculture. Annu. Rev. Entomol. 45:175-201.
- Ma, D.L., G. Gordh and M.P. Zalucki. 2000. Toxicity of biorational insecticides to *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) and predators in cotton field. Int. J. Pest Manag. 46(3):237-240.
- Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. Manejo Integrado de Plagas 60:22-30.
- Opende, K. 2008. Phytochemicals and insect control: An antifeedant approach. Crit. Rev. Plant. Sci. 27(1):1-24.
- Orozco, J., A. Soto, A. Hipólito de S. 2006. Efecto de repelencia de *Crotalaria juncea*, *Galactia striata* y *Cymbopogon nardus* para el manejo de *Cyrtomenus bergi* (Hemiptera: Cydnidae). Revista de Biología e Ciencias da Terra 6(2):179-185.
- Pérez-Torres, B.C., A. Aragón-García, R. Pérez-Avilés, L.R. Hernández y J.F. López-Olguín. 2011a. Estudio entomofaunístico del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.) en Puebla, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2(3):359-371.
- Pérez-Torres, B.C., A. Aragón-García, R. Pérez-Avilés, L.R. Hernández y J.F. López-Olguín. 2011b. Evaluación de extractos vegetales y jabón de barra para el control de plagas del amaranto en las faldas del Popocatepetl, Puebla. p. 166-182. En: Bernal-Mendoza H. y B. Ramírez (Eds.). Investigación interdisciplinaria para el desarrollo rural en Puebla y Tlaxcala. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. Puebla, México.
- Pérez-Torres, B.C., M.M. Urbano y R. Avelleira. 2014a. Manejo de plagas del follaje de *Amaranthus hypocondriacus* L., a base de extractos acuosos en la zona de Tehuacán, Puebla. p. 75-86. En: Juárez-Ramón D., O. Romero-Arenas y J.C. Patrón-Ibarra (Eds.). Manejo Agroecológico de Sistemas. Vol. III. Simposio de Manejo Agroecológico de Sistemas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
- Pérez-Torres, B.C., A. Aragón-García, L.R. Román-Fernández, D. Castillo-Hernández, D. Jiménez-García y O. Romero-Arenas. 2014b. Efecto de los extractos acuosos sobre las plagas del follaje en el cultivo de amaranto en el municipio de Tochimilco, Puebla. Entomología Mexicana 13(1):251-256.
- Rodríguez, H.C. 2000. Chili *Capsicum* sp. (Solanaceae). Plantas contra plagas. Potencial práctico de ajo, anona, nim, chili y tabaco. p. 77-92. En: Red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México (RAPAM) y Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos (RAAA). Texcoco, estado de México.
- Rojas, H.M. y J.R. Chávez. 2007. La etnobiología en el control de plagas en la horticultura de Sololá, municipio de Sololá y Almolonga, municipio de Quetzaltenango. Informe final. Instituto de Estudios Interdisciplinarios. Universidad de San Carlos de Guatemala. Concyte. Fonacyt. Guatemala. 116 p.
- Salvadores, U.Y., G. Silva A., M. Tapia V. y R. Hepp G. 2007. Polvos de especias aromáticas para el control de gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en trigo almacenado. Agric. Téc. 67(2):147-154.
- Shaukat, S.S., I.A. Siddiqui, G.H. Khan and M.J. Zaki. 2002. Nematicidal and allelopathic potential of *Argemone mexicana*, a tropical weed. Plant and Soil 245(2):239-247.
- Silva, G., A. Lagunes y J. Rodríguez. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera:Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. Cien. Inv. Agr. 30(3):153-160.
- Simmonds, M.S., A.P. Jarvis, S. Johnson, G.R. Jones and E.D. Morgan. 2004. Comparison of antifeedant and insecticidal activity of nimbin and salannin photooxidation products with neem (*Azadirachta indica*) limonoids. Pest. Manag. Sci. 60(5):459-464.
- Statgraphics. 2010. Statgraphics Centurion XVI User Manual. Stat Point Technologies, Inc. E.S.A. 305 p.

- Steel, R.G. and J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistic. McGraw-Hill Book Company Inc. New York, EUA. 362 p.
- Sutherland, J.P., V. Baharally and D. Permaul. 2002. Use of the botanical insecticide, neem, to control the small rice stinkbug *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851) (Hemiptera:Pentatomidae) in Guyana. Entomotropica 17(1):97-101.
- Szumlas, D.E. 2002. Behavioral responses and mortality in German cockroaches (Blattodea: Blattellidae) after exposure to dishwashing liquid. J. Econ. Entomol. 95(3):390-398.
- Tequida-Meneses, M., M. Cortez-Rocha, E.C. Rosas-Burgos, S. López-Sandoval and C. Corrales-Maldonado. 2002. Effect of alcoholic extracts of wild plants on the inhibition of growth of *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* and *Fusarium poae* Moulds. Rev. Iberoam. Micol. 19(2):84-88.
- Tinzaara, W., W. Tushemereirwe, C.K. Nankinga, C.S. Gold and I. Kashaia. 2006. The potential of using botanical insecticides for the control of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera:Curculionidae). Afr. J. Biotechnol. 5(20):1994-1998.
- Upasani, S.M., H.M. Kotkar, P.S. Mendki and V.L. Maheshwari. 2003. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. Pest Manag. Sci. 59(12):1349-1354.
- Vargas, C.E.F. 2009. Validación de un manejo alternativo de cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*) en el cultivo de piña zona norte de Costa Rica. Propuesta de alternativas de manejo de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña, basadas en el uso racional de agroquímicos dirigidas hacia la reducción del escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe. Región Huetar Norte, Costa Rica. Proyecto GEF-REPCar. 15 p.
- Vázquez-Jorge, Ma de los Á., A. Aragón-García, M.D. Bibbians-Martínez, D. Castillo-Hernández, S.B. Nava-Galicia y B.C. Pérez-Torrez. 2016. Control de *Sphenarium purpurascens* con *Beauveria bassiana* y extractos vegetales en amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.). Rev. Mex. Cienc. Agric. 7(2):235-247.
- Vincent, C., G. Hallman, B. Panneton and F. Fleurat-Lessard. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. Annu. Rev. Entomol. 48:261-281.