

Evaluación de insecticidas sintéticos sobre adultos de *Metamasius spinolae* (Coleoptera: Curculionidae) procedentes de Tlalnepantla, Morelos*

Evaluation of synthetic insecticides on *Metamasius spinolae* (Coleoptera: Curculionidae) adults from Tlalnepantla, Morelos

Claudia Cerón-González¹, Esteban Rodríguez-Leyva^{1§}, J. Refugio Lomeli-Flores¹, Claudia E. Hernández-Olmos¹, Rebeca Peña-Martínez² y Gustavo Mora-Aguilera¹

¹Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, Montecillo, carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9520200 Ext. 1609. (cleroga_ga@hotmail.com), (jrlomelif@colpos.mx), (morag@colpos.mx). ²Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Prolongación Carpio y Plan de Ayala, C. P. 11340. México, D. F. (regacaphis@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: esteban@colpos.mx.

Resumen

El picudo del nopal, *Metamasius spinolae* (Gyllenhal), es una de las plagas más importantes en nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) en México y en especial en Tlalnepantla, Morelos, la segunda región de importancia en la producción de este cultivo con alrededor de 2 500 ha. Tanto adultos como larvas causan daño al cultivo, la larva realiza galerías en las pencas maduras y el adulto daña los márgenes de los nopalitos. A pesar de que no existen plaguicidas autorizados en México para su control, este hecho no limita a los productores para el uso de productos químicos sin conocer su efectividad. Por esta razón, en este trabajo se evaluó la efectividad de ocho insecticidas pertenecientes a dos grupos, organofosforados y piretroides, sobre adultos de este curculiónido. Las pruebas de laboratorio y campo realizadas durante 2007 mostraron que el Malatión causó una mortalidad similar a otros productos del mismo grupo que son más tóxicos (Paratión Metílico y Metidatión). Por otro lado, sólo un insecticida piretroide (Permetrina), proporcionó una mortalidad cercana a 86%, en comparación con los tres restantes (Cipermetrina, Deltametrina y Fenvalerato) que lograron mortalidades menores a 20%. Existió una respuesta diferencial del sexo del insecto a los insecticidas, las hembras mostraron menor susceptibilidad

Abstract

The cactus weevil, *Metamasius spinolae* (Gyllenhal), is one of the most important pests in prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) in Mexico and especially in Tlalnepantla, Morelos, the second most important region in the production of this crop, with about 2 500 ha. Both adults and larvae cause damage to this crop; larvae make galleries in mature pads and adults damage young pads of the cactus. Although there are no authorized pesticides for its control in Mexico, this fact does not stop farmers from using synthetic insecticides without knowing their effectiveness. For this reason, this study evaluated the effectiveness of eight pesticides in two chemical groups, organophosphates and pyrethroids, on adults of this insect. The laboratory and field tests conducted in 2007 showed that malathion caused a mortality similar to other more toxic products in the same group (Methyl Parathion and Methidathion). On the other hand, only a pyrethroid insecticide (Permethrin) provided a mortality rate close to 86%, in comparison to the remaining three (Cypermethrin, Deltamethrin and Fenvalerate) which caused a mortality of under 20% mortality. There was a differential response of the sex of the insect to insecticides, in which females were less susceptible than males to some

* Recibido: julio de 2011
Aceptado: febrero de 2012

que los machos a algunos productos, tales como Diazinón, Permetrina y Cipermetrina. Este es el primer reporte formal de la evaluación de productos químicos en este insecto y se discuten algunos problemas relacionados con su manejo.

Palabras clave: *Opuntia*, control químico, picudos, plagas.

Introducción

La producción de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) se desarrolla en diez entidades federativas en México en alrededor de 11 000 ha, de donde se obtienen 673 559 toneladas al año (SIAP, 2009). Esta situación convierte a México en el principal productor y consumidor de esta hortaliza en el mundo. De esta producción, cerca de 36% se obtiene del municipio de Tlalnepantla, Morelos, segunda localidad de importancia en la producción nacional (SAGARPA, 2005; SIAP, 2009). El nopal verdura, como otras hortalizas, es atacado por insectos plaga que disminuyen la producción. En México se han registrado al menos 11 insectos plaga para nopal verdura, dentro de estos *Metamasius spinolae* (Gyllenhal) es uno de los más importantes en la región central del país en donde se desarrolla la mayor producción de este cultivo (García, 1965; Mann, 1969; Badii y Flores, 2001).

Los adultos de *M. spinolae* se alimentan directamente de los márgenes de los cladodios inmaduros (= nopalitos) (García, 1965; Hernández, 1993). Sin embargo, en ausencia de estos, su daño se dirige a los cladodios maduros o pencas. La larva se desarrolla en el interior de las pencas maduras y devora los tejidos internos, formando una serie de galerías en los ejes principales y soporte de la planta. Su presencia se evidencia, generalmente, por una acumulación de secreciones de color amarillo en la zona donde penetró (Mann, 1969; Granados y Castañeda, 1991). Cuando existe más de una larva en la base de la penca, el daño que éstas causan, puede ocasionar el derribo de la planta (García, 1965; Mena y Rosas, 2007). Debido a su particular biología, las larvas son difíciles de regular y el control se dirige sólo a los adultos.

M. spinolae tiene una generación por año y las únicas medidas de combate para esta plaga son el control cultural (colecta manual en la temporada de emergencia del adulto) y el control químico (Borrego y Burgos, 1986; Hernández, 1993; GIIN, 2008). A pesar de ser una plaga endémica de un cultivo de importancia nacional, no se tiene autorizado

products, such as Diazinon, Permethrin and Cypermethrin. This is the first formal report of the evaluation of synthetic insecticides in this insect and we discuss some issues related to management.

Key words: *Opuntia*, chemical control, pests, weevils.

Introduction

The production of prickly pears (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) is developed in ten federal entities in Mexico, in approximately 11 000 ha, which produce 673 559 tons a year (SIAP, 2009). This situation makes Mexico the main producer and consumer of this vegetable in the world. Out of this production, nearly 36% comes from the municipal area of Tlalnepantla, Morelos, the second most important location in terms of national production (SAGARPA, 2005; SIAP, 2009). The prickly pear, as other vegetables, is attacked by insects that reduce the production. In Mexico, at least 11 pest insects have been registered, including *Metamasius spinolae* (Gyllenhal) is one of the most important in the central area of the country, where the greatest production of this crop takes place (García, 1965; Mann, 1969; Badii y Flores, 2001).

M. spinolae adults feed directly from the margins of immature cladodes (= nopalitos) (García, 1965; Hernández, 1993). However, in an absence of these, its damage is inflicted on mature cladodes or pencas (stalks). Larvae develop inside mature pencas and eat the internal tissue, forming a series of galleries in the plant's main axes and its support. Its presence is mostly noticeable by yellow secretions in the area where it penetrated (Mann, 1969; Granados and Castañeda, 1991). When there is more than one larva in the base of a penca, the damage they cause can lead to the toppling of a plant (García, 1965; Mena and Rosas, 2007). Due to their particular biology, larvae are difficult to regulate, and the control is directed only at adults.

M. spinolae has one generation per year, and the only measures to fight this pest are culture control (gathering by hand in adult emergence season) and chemical control (Borrego and Burgos, 1986; Hernández, 1993; GIIN, 2008). Despite being an endemic pest in a crop of national importance, no pesticide has been authorized in Mexico for its application on cacti (CICOPLAFEST, 2004). Even so,

ningún plaguicida en México para su aplicación en nopal (CICOPLAFEST, 2004). Aún así, los productores utilizan productos organosintéticos para el combate de adultos de este insecto, entre estos Azinfos metílico®, Endosulfan®, Malathion®, y Paratión metílico® (Borrego y Burgos, 1986; Hernández, 1993; Badii y Flores, 2001). La selección de estos productos por los agricultores no se sustenta en pruebas formales de efectividad biológica, esta situación incrementa riesgos por el uso de productos de los cuales se desconoce su efectividad. Por esta razón, es importante generar información sobre la efectividad de diferentes insecticidas para que servir como referencia a una futura autorización de productos químicos, además de promover el empleo de sustancias de menor toxicidad en el cultivo del nopal verdura cuando los niveles de daño del insecto ameriten el uso de estos.

Materiales y métodos

Identificación del material biológico

Antes de realizar el trabajo, se recolectaron ejemplares del picudo del nopal durante junio 2007. Los ejemplares se conservaron en alcohol al 70% y se realizó la determinación con las claves dicotómicas de Vaurie (1967), y al mismo tiempo se enviaron ejemplares al M. C. Raúl Muñiz Vélez de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, del Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN). Una vez que confirmó la determinación de la especie, se depositaron ejemplares de referencia en el área de Taxonomía (Programa de Entomología y Acarología) del Colegio de Postgraduados, y en el Laboratorio de Entomología del Departamento de Zoología de ENCB-IPN.

Insectos

Debido a que no existen crías artificiales de *M. spinolae*, y que este insecto tiene sólo una generación al año, para la realización de este trabajo se recolectaron insectos adultos de campo durante junio y julio de 2007, en estos meses se presenta de manera natural altos niveles de emergencia de estos insectos en campo (GIIN, 2008). Las recolectas se realizaron en lotes comerciales de nopal verdura en la zona productora de Tlalnepantla, Morelos. Los organismos se trasladaron al Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo. Allí se mantuvieron a temperatura ambiente y fotoperiodo de 12:12 h luz: oscuridad.

farmers use organo-synthetic products to fight the adults of this insect, including Azinfos methyl®, Endosulfan®, Malathion®, and methyl Parathion® (Borrego and Burgos, 1986; Hernández, 1993; Badii and Flores, 2001). The selection of these products by farmers is not supported by formal biological effectiveness tests, and this situation increases risks due to the use of products of which the effectiveness is unknown. For this reason, it is important to generate information on the effectiveness of different insecticides, as a reference for future authorizations of chemical products, as well as promoting the use of substances of lower toxicity in the planting of prickly pears when required by the damage caused by the insect.

Materials and methods

Identification of the biological material

Before starting with the work, weevils were gathered in June 2007. These samples were kept in alcohol at 70% and determined with Vaurie dichotomous keys (1967), whilst other samples were sent to M. C. Raúl Muñiz Vélez of the National School of Biological Sciences, of the Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN). Once the species determination was confirmed, reference samples were deposited in the area of Taxonomy (Entomology and Acarology Program) of the Colegio de Postgraduados, and in the Entomology Laboratory of the Zoology Department of the ENCB-IPN.

Insects

Due to the lack of artificial offspring of *M. spinolae*, and that it has only one generation a year, for the completion of this work, we gathered adult insects from the field in June and July 2007, which are the months in which emergence levels of this insects on the field are naturally high (GIIN, 2008). Insects were taken from commercial plots of cacti fields in the area of Tlalnepantla, Morelos, and then moved to the Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, where they were kept at room temperature and a photoperiod of 12:12 h light: darkness.

To confirm the absence of pathogenic agents, adults were kept in plastic cages (16 x 16 x 7.5 cm) with holes 4 cm wide in all four sides. These holes were covered with a metal mesh (5 x 5 mm) for ventilation and to prevent insects from

Para confirmar la ausencia de agentes patógenos, los adultos se mantuvieron en jaulas de plástico (16 x 16 x 7.5 cm) con orificios de 4 cm de diámetro en sus cuatro lados. Estos orificios se cubrieron con malla metálica (5 x 5 mm) para proporcionar ventilación y evitar que los insectos escaparan. Los organismos se alimentaron con trozos de nopal verdura, 8 x 8 cm aproximadamente, que se sustituían cada tercer día. Para los ensayos se usaron individuos sanos que, después de dos semanas, no mostraron ningún síntoma de enfermedad o daño mecánico.

Para diferenciar entre sexos, se debe observar la región ventral del primer segmento abdominal entre la base de las patas posteriores, si esta es convexa o dilatada es hembra, pero si es cóncava o aplanada el insecto es un macho (García, 1965).

Insecticidas

Para la realización de las pruebas se seleccionaron ocho insecticidas comerciales, cuatro organofosforados (Malatión[®], Diazinón[®], Metidatión[®] y Paratión metílico[®]), y cuatro piretroides (Permetrina[®], Cipermetrina[®], Deltametrina[®] y Fenvalerato[®]). Se eligieron estos productos porque se usan en las zonas productoras más importantes de nopal verdura en México (Badii y Flores, 2001; Colegio de Postgraduados, 2005), y son económicamente más accesibles al productor de nopal verdura, comparado con otros productos de diferente grupo toxicológico como los neonicotinoides o fenil pirazoles. Para determinar las dosis de insecticidas, se seleccionaron las recomendadas para otras plagas en cultivos de hortalizas, específicamente de chile o jitomate, y se consideraron las dosis utilizadas para el combate de insectos de la misma familia taxonómica (Curculionidae).

Bioensayo en laboratorio

Este experimento se realizó con adultos hembras y machos de *M. spinolae* de manera independiente y se emplearon dosis bajas y altas recomendadas de cada producto (Cuadro 1). Se incluyó un testigo absoluto que consistió de agua destilada con surfactante por grupo de dosis. Uno de los insecticidas (Paratión metílico[®]) se consideró como testigo regional porque la mayoría de los productores emplean este insecticida para el combate de esta plaga en el país (Badii y Flores, 2001; Colegio de Postgraduados, 2005). A cada tratamiento se le adicionó el surfactante Inex[®] en dosis de 1cc por litro. La combinación de insecticidas y testigos (9) por dosis (2) resultó en 18 tratamientos que se evaluaron en cada sexo del insecto. La unidad experimental se constituyó

escapando. Insects were fed with pieces of prickly pear, 8 x 8 cm approximately, that were replaced every 3 days. Healthy insects were used for the trials, and after two weeks, they showed no symptoms of diseases or mechanical damage.

To distinguish between sexes, we observed the ventral region of the first abdominal segment between the base of the hind legs. If it is convex or dilated, the insect is female, and if it is convex or flat, it is a male (García, 1965).

Insecticides

Eight commercial insecticides were selected for the tests, four of which were organophosphorated (Malathion[®], Diazinon[®], Metidathion[®] and methyl Parathion[®]), and four were pyrethroids (Permethrin[®], Cypermethrin[®], Deltamethrin[®] and Fenvalerate[®]). These products were chosen because they are the most widely used in the prickly pear production area in Mexico (Badii and Flores, 2001; Colegio de Postgraduados, 2005), and they are cheaper for the prickly pear farmer, compared to other products of different toxicological groups, such as neonicotinoids or phenylpyrazoles. To determine the doses of insecticides, we chose the doses recommended for other plagues in vegetable plantations, specifically in chili peppers or tomato, and the doses used were considered to fight insects of the same taxonomic family (Curculionidae).

Biotest in the lab

This experiment was performed using both *M. spinolae* males and females independently, as well as low and high doses of each product (Table 1). An absolute control was used, that consisted of distilled water with a surfactant for every group of doses. One of the insecticides (methyl Parathion[®]) was taken as a regional control, because most farmers use this insecticide against this pest in Mexico (Badii and Flores, 2001; Colegio de Postgraduados, 2005). To each treatment, we added the surfactant Inex[®] in doses of 1cc per liter. The combination of insecticides and controls (9) per doses (2) resulted in 18 treatments which were evaluated in each of the sexes of the insect. The experimental unit was constituted for 10 insects and each treatment had 6 repetitions. The experiment was conducted in a completely random experimental design.

The immersion method was used to apply insecticides. The solution of each insecticide was previously prepared with distilled water and placed in individual one-liter containers. To immerse the insects in each treatment, they were placed

por 10 insectos y cada tratamiento tuvo seis repeticiones. El experimento se llevó a cabo en un diseño experimental completamente aleatorio.

in a 200 mL plastic container, with a hole 7 cm wide in its base, which was covered with a metal mesh (5 x 5 mm opening), which helped the insecticide enter the

Cuadro 1. Insecticidas y dosis que se evaluaron en bioensayo de laboratorio contra adultos de *Metamasius spinolae* con la técnica de inmersión.

Table 1. Insecticides and doses evaluated in lab biotests against *Metamasius spinolae* adults with the immersion technique.

Insecticidas ¹	Dosis baja (L ha ⁻¹)	Dosis alta (L ha ⁻¹)
Testigo (agua destilada)		
Paratión metílico (Folimat 72®)	0.5	0.75
Malatión (Malatión 50®)	0.5	0.75
Diazinón®	1.0	1.5
Metidatión (Supracid®)	1.0	1.5
Permetrina (Perkill®)	0.40	0.60
Cipermetrina (Mustang®)	0.40	0.60
Deltametrina (Decis®)	0.40	0.50
Fenvalerato (Fenkill®)	0.40	0.75

¹Dosis recomendadas para disolverse en 400 L de agua para una aplicación terrestre en una hectárea; a los tratamientos se les adiciono el equivalente a 1cm³ L agua del surfactante Inex®.

Para la aplicación de los insecticidas se utilizó el método de inmersión. La solución de cada insecticida se preparó previamente con agua destilada y se colocó en recipientes individuales con capacidad de un litro. Para lograr la inmersión de los insectos en cada tratamiento, estos se colocaron en un recipiente plástico de 200 mL con un orificio de 7 cm de diámetro en su base, el cual estaba cubierto con una malla metálica (abertura de 5 x 5 mm), lo que permitió la entrada del insecticida al interior del recipiente. Una vez que los insectos estaban en dicho recipiente, éste se sumergió en el tratamiento dos veces por intervalos de cinco segundos. Después de la inmersión, los insectos se colocaron en la base de una caja Petri de vidrio (15 cm de diámetro) con papel secante para eliminar el exceso de insecticida. Posteriormente, con unas pinzas entomológicas, se colocaron los organismos de vuelta en las jaulas de plástico.

La evaluación de mortalidad se realizó a las 24 h y 48 h. Se consideró muerto a un organismo cuando no respondió al estímulo mecánico que se ejerció al tomarlo con las pinzas entomológicas por el rostro. Los resultados de mortalidad se corrigieron con la observada en los testigos por medio de la ecuación de Abbott (1925) y se realizó un análisis de varianza por tratamientos. Adicionalmente se realizaron análisis para conocer si existía interacción entre sexo por tratamiento y sexo por dosis. De existir diferencias

container. Once the insects were inside, the container was submerged in the treatment twice for 5-second intervals. After the immersion, the insects were placed on the base of a glass Petri dish (15 cm in diameter) with drying paper to eliminate the excess insecticide. Later, using entomological forceps, the insects were placed back into the plastic cages.

Mortality evaluation was carried out after 24 and 48 hours. An insect was considered dead when it did not respond to the mechanical stimulus exerted by taking with the entomological forceps by the face. The mortality results were corrected with that observed in the controls using Abbott's equation (1925) and a variance analysis was performed for each treatment. Additionally, analyses were performed to know if there was interaction between sexes by treatment and sex by dose. If there were significant differences, a test for the separation of averages was carried out (Tukey $\alpha=0.05$). Analyses were carried out using the Statistical Analysis System program (SAS, 2000).

Effectiveness in field conditions

The 4 insecticides with the highest mortality rate out of the products evaluated in the laboratory were chosen, and an absolute control was included, which contained only distilled water and the surfactant Inex® (Table 2). In this

significativas, se realizó una prueba de separación de medias (Tukey $\alpha=0.05$). Los análisis se realizaron en el programa Statistical Analysis System (SAS, 2000).

Efectividad en condiciones de campo

Se seleccionaron los cuatro insecticidas que presentaron la mayor mortalidad dentro de los productos evaluados en laboratorio, y se incluyó un testigo absoluto que contenía sólo agua destilada más el surfactante Inex® (Cuadro 2). En este experimento se efectuó la aplicación de cinco tratamientos con una sola dosis y cinco repeticiones por tratamiento. La aplicación de insecticidas se realizó sobre lotes comerciales de nopal verdura en Tlalnepantla, Morelos, las plantas tenían alrededor de dos años de edad y 80 cm de altura. Las hileras de cada tratamiento estuvieron separadas al menos por 90 cm. Debido a que los insectos muestran un comportamiento de evasión cuando se acerca algún objeto a ellos, se dejan caer y se pueden esconder en el suelo, fue necesario sujetar los insectos para prevenir la pérdida de material durante la evaluación. Estos se sujetaron a las pencas con un hilo cáñamo de un metro amarrado entre el protórax y metatórax. Una vez concluida esta acción, los insecticidas se aplicaron con una mochila aspersora Swiss®, con boquilla de abanico 8004. La evaluación de mortalidad se realizó a las 24 h.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente aleatorio, se utilizó como unidad experimental 10 insectos adultos sin distinción de sexo colocados en las plantas de nopal. Los resultados de mortalidad se corrigieron con la observada en el testigo por medio de la ecuación de Abbott (1925) y se realizó un análisis de varianza entre tratamientos, y posteriormente una prueba de separación de medias (Tukey $\alpha=0.05$). Los análisis se realizaron en el programa Statistical Analysis System (SAS, 2000).

Resultados y discusión

Bioensayo en laboratorio

En un experimento anterior se evaluó la mortalidad a las 24 h y 48 h donde no se mostraron diferencias ($F_{7, 76}, p > 0.6764$), por lo tanto los datos utilizados para los análisis fueron los obtenidos a las 24 h. El análisis de la interacción sexo por tratamiento (insecticidas) mostró diferencias significativas ($F_{36, 179}=221.82, p < 0.0001$), por lo que fue necesario realizar

experiment, five treatments were applied with one dose and five repetitions per treatment. Insecticides were applied in commercial prickly pear plantations in Tlalnepantla, Morelos, in which plants were approximately 2 years old and 80 cm tall. The rows for each treatment were separated by at least 90 cm. Since the insects displayed a behavior of evasion when placing any object near them, falling and hiding in the ground, it was necessary to hold the insects to avoid material loss during the evaluation. They were held on to the pencas using a meter-long thread, tied between the prothorax and the metathorax. Once this was finished, insecticides were sprayed using a Swiss® sprayer, with a fan-shaped nozzle 8004. Mortality was evaluated after 24 h.

Cuadro 2. Insecticidas y dosis que se usaron en prueba de efectividad biológica en condiciones de campo con adultos de *Metamasius spinolae*.

Table 2. Insecticides and doses used in testing the biological effectiveness in field conditions with *Metamasius spinolae* adults.

Tratamiento ¹	Dosis (L ha ⁻¹)
Testigo (agua destilada)	
Malatión (Malatión 50®)	0.75
Paratión metílico (Folimat 72®)	0.75
Metidatión (Supracid®)	1.5
Permetrina (Perkill®)	0.60

¹Dosis recomendadas para disolverse en 400 L de agua para una aplicación terrestre en una hectárea; los tratamientos tuvieron el equivalente a 1 cm³/L agua del surfactante Inex®.

Treatments were distributed in a completely random design, an 10 adult insects were used as the experimental unit, with no distinction between sexes, placed in the cacti. The mortality results were corrected with that observed in the controls using Abbott's equation (1925) and a variance analysis was carried out between treatments, and later, a test for the separation of averages was carried out (Tukey $\alpha=0.05$). Analyses were carried out using the Statistical Analysis System program (SAS, 2000).

Results and discussion

Biotest in the Lab

An earlier experiment evaluated the mortality after 24 and 48 hours, showing no differences ($F_{7, 76}, p > 0.6764$). Therefore, the data used for the analyses were those

los análisis de forma independiente para cada sexo. Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas en la interacción sexo por dosis ($F_{20, 195}=0.17, p> 0.6848$).

En el caso de los machos del picudo del nopal, se encontraron diferencias en la respuesta a los tratamientos ($F_{17, 90}=222.63, p< 0.001$). La prueba de separación de medias (Tukey $\alpha=0.05$) mostró cuatro categorías bien definidas en respuesta a los insecticidas y dosis (Cuadro 3). De manera general, los insecticidas organofosforados (Paratión metílico, Malatión, Diazinón y Metidatión), fueron ubicados en el primer grupo (A), estos fueron los más efectivos y causaron la mortalidad más alta entre los tratamientos con un promedio de 9.8 y 9.7 insectos por dosis alta y baja respectivamente. Por otro lado, los piretroides fueron menos efectivos que los organofosforados, la Permetrina obtuvo la mejor respuesta con un promedio de 8 y 7 insectos muertos, en sus dosis alta y baja, respectivamente. Después de la Permetrina, que le correspondió la segunda agrupación (letra B), el resto de los productos se pueden considerar inefectivos para el combate de adultos del picudo del nopal. La Cipermetrina en su dosis alta tuvo una mortalidad de sólo 2.6 insectos y se clasificó en un tercer grupo (C), mientras que los demás tratamientos no obtuvieron ninguna diferencia entre sí (grupo D).

obtained after 24 hours. The analysis of interaction of sex by treatment (insecticides) showed significant differences ($F_{36, 179}=221.82, p< 0.0001$) therefore it was necessary to perform the analyses independently for each sex. On the other hand, no significant differences were found in the sex by dose interaction ($F_{20, 195}= 0.17, p> 0.6848$).

In the case of males in prickly pear, significant differences were found in the response to the treatments ($F_{17, 90}=222.63, p< 0.001$). The test of separation of averages (Tukey $\alpha=0.05$) showed four well-defined categories in response to insecticides and doses (Table 3). Generally, organophosphorated insecticides (methyl Parathion, Malathion, Diazinon and Methyathion), were placed in the first group (A), which were the most effective and caused the highest mortality amongst the treatments with an average of 9.8 and 9.7 insects for high and low doses, respectively. On the other hand, the pyrethroids were less effective than organophosphorated insecticides, and Permethrin produced the best response with an average of 8 and 7 insects killed, in its high and low doses, respectively. After Permethrin, which was placed in the second group (B), the rest of the products can be considered ineffective against cactus weevil adults. Cypermethrine, in its high

Cuadro 3. Promedio de mortalidad por plaguicidas en machos y hembras de *Metamasius spinolae* en bioensayos de laboratorio. Table 3. Average mortality by pesticides in *Metamasius spinolae* males and females in laboratory biotests.

Tratamiento (L ha ⁻¹)	Machos		Hembras	
	Mortalidad corregida \pm ES ¹		Mortalidad corregida \pm ES ¹	
Paratión metílico (0.75)	9.8 \pm 0	A	10 \pm 0	A
Paratión metílico (0.5)	9.7 \pm 0	A	9.8 \pm 0	A
Malatión (0.75)	9.8 \pm 0	A	10 \pm 0	A
Malatión (0.5)	9.7 \pm 0	A	9.8 \pm 0	A
Metidatión (1.5)	9.8 \pm 0	A	10 \pm 0	A
Metidatión (1.0)	9.7 \pm 0	A	9.8 \pm 0	A
Diazinón (1.5)	9.8 \pm 0	A	9.8 \pm 0.2	A
Diazinón (1.0)	9.7 \pm 0	A	8.1 \pm 0.4	B
Permetrina (0.6)	8.0 \pm 0.4	B	6.3 \pm 0.7	C
Permetrina (0.4)	7.0 \pm 0.1	B	5.0 \pm 0.8	C
Cipermetrina (0.6)	2.6 \pm 0.3	C	0.4 \pm 0.2	D
Cipermetrina (0.4)	1.0 \pm 0.4	D	0.3 \pm 0.2	D
Deltametrina (0.5)	0.4 \pm 0.3	D	1.1 \pm 0.5	D
Deltametrina (0.4)	0.3 \pm 0.3	D	0 \pm 0	D
Fenvalerato (0.75)	0.3 \pm 0.2	D	0.5 \pm 0.2	D
Fenvalerato (0.4)	0 \pm 0	D	0 \pm 0	D

¹Mortalidad corregida según ecuación de Abbott \pm error estándar. Tratamientos seguidos por la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha=0.05$).

En el caso de la mortalidad de hembras del picudo del nopal en respuesta a los tratamientos, también se encontraron diferencias significativas ($F_{17, 90} = 222.16, p < 0.001$). La prueba de separación de medias (Tukey $\alpha = 0.05$) agrupó la respuesta en cuatro categorías (Cuadro 3). La primera categoría (grupo A) incluye a los insecticidas organofosforados Paratión Metílico, Malatión y Metidatión en sus dosis altas y bajas, así como al Diazinón con la dosis alta. Estos tratamientos ocasionaron la mortalidad cercana a 100% de los insectos cuando fue empleada la dosis más alta. El Diazinón en su dosis baja se ubicó en el segundo grupo (B), de menor eficiencia que el resto de los de su mismo grupo toxicológico, con una mortalidad promedio de 8 insectos muertos. En el caso de los piretroides, la Permetrina en dosis alta y baja obtuvo un promedio de 6.3 y 5 insectos muertos. Este tratamiento se agrupó en la tercera categoría (C). El resto de insecticidas a dosis bajas y altas (Deltametrina, Cipermetrina y Fenvalerato) no difirieron entre sí (D).

Con los resultados obtenidos sobre adultos del picudo del nopal en laboratorio, se puede observar que los insecticidas organofosforados provocaron la mayor mortalidad en comparación a los piretroides. Ésta respuesta coincide con la mayor toxicidad y residualidad reportadas para los organofosforados (Gunther y Jeppson, 1969; Cremlyn, 1992; Klaassen *et al.*, 2001).

Los insecticidas organofosforados tienen un papel importante como plaguicidas de uso común en la producción de nopal, frutas, hortalizas y otros cultivos en México (Juan *et al.*, 2003; Aldana *et al.*, 2008). Por ejemplo, aunque el Paratión metílico está prohibido en otros países (Ávila y Muñoz, 2005), en México se utiliza en 27 hortalizas y 24 frutales (SAGARPA, 2007). Dentro de los organofosforados, el Malatión se considera menos tóxico (Categoría IV) que el resto de los insecticidas que se usaron en el ensayo, Paratión metílico, Metidatión y Diazinón con categorías I, I y III, respectivamente (CICOPLAFEST, 2004). A pesar de esas diferencias en categorías, los resultados indican que el Malatión fue igualmente tóxico para los picudos del nopal. Por esta razón, parece conveniente señalar que el uso de productos organofosforados de mayor toxicidad no es necesario para el combate de este insecto. Aunque este resultado no puede considerarse una recomendación, al no existir plaguicidas autorizados para su uso en nopal en México (CICOPLAFEST, 2004); esta evidencia puede ser soporte en futuras evaluaciones de productos para establecer los límites máximos de residuos (LMR), debiendo contemplar el uso de productos de menor toxicidad para plagas de importancia en nopal.

dose, had a mortality of only 2.6 insects, and was classified in a third group (C), whereas the remaining treatments showed no differences between them (group D).

In the case of the mortality of female cactus weevils in response to the treatments, significant differences were also found ($F_{17, 90} = 222.16, p < 0.001$). The test of separation of averages (Tukey $\alpha = 0.05$) separated the response into four categories (Table 3). The first category (group A) includes organophosphorated insecticides Methyl Parathion, Malathion and Methyathion in their high and low doses, as well as Diazinon in its high dose. These treatments caused a mortality of nearly 100% of insects, when used in its highest doses. Diazinon, in its low dose, was placed in group B, with a lower efficiency than the others in their same toxicological group, with an average mortality of 8 insects. In the case of pyrethroids, Permethrin, in its high and low doses, had an average of 6.3 and 5 insects killed. This treatment was added to the third category (C). The resto of the insecticides, at low and high doses (Deltamethrin, Cypermethrin and Fenvalerate) shoed no differences between them (D).

With the results on the adult cactus weevil in the lab, we can see that organophosphorated insecticides caused a greater mortality than pyrethroids. This response corresponds with the greater toxicity and residuality reported for organophosphorated insecticides (Gunther and Jeppson, 1969; Cremlyn, 1992; Klaassen *et al.*, 2001).

Organophosphorated insecticides play an important part as commonly used pesticides in the production of prickly pear, fruit, vegetables and other crops in Mexico (Juan *et al.*, 2003; Aldana *et al.*, 2008). For example, although, Methyl Parathion is forbidden in other countries (Ávila and Muñoz, 2005), in Mexico it is used in 27 vegetables and 24 fruits (SAGARPA, 2007). Of the organophosphorates, Malathion is considered less toxic (Category IV) than insecticides used in the test: Methyl Parathion, Methyathion and Diazinon, in categories I, I and III, respectively (CICOPLAFEST, 2004). Despite these differences in categories, results indicate that Malathion was equally toxic for cactus weevils, which is why it seems convenient to point out that the use of organophosphorated products of a higher toxicity is not necessary against this insect. Although this result cannot be considered a recommendation, since there are no pesticides authorized for use on cacti in Mexico (CICOPLAFEST, 2004), this evidence may be a support in future evaluations of products to establish the maximum residue limits (LMR), haing to contemplate the use of less-toxic products for important pests in prickly pear.

Dentro de los piretroides, el único insecticida que proporcionó mortalidades entre 50 a 80% en laboratorio fue la Permetrina, con categoría toxicología III (CICOPLAFEST, 2004). Es importante resaltar que se probaron tres productos más de este mismo grupo (Cipermetrina, Fenvalerato y Deltametrina), pero al menos dos de ellos (Fenvalerato y Deltametrina) no proporcionaron mortalidades distintas al testigo (agua). Basado en nuestros resultados, la Permetrina es el único piretroide con efectividad para combatir al picudo del nopal.

Susceptibilidad a insecticidas dependiendo del sexo

Se realizaron análisis por sexo porque un análisis previo indicó distintas respuestas a los tratamientos. En el caso de machos, el Diazinón ocasionó 97% de mortalidad con la dosis baja, pero en hembras la dosis baja causó 81% de mortalidad. Con piretroides, se observaron diferencias de acuerdo con la separación de medias en Permetrina y Cipermetrina (Cuadro 3). En machos, la aplicación de Permetrina en dosis alta y baja proporcionó mortalidades entre 80 y 70%, colocados en el grupo "B", mientras que en las hembras se registraron mortalidades de 63 y 50% para las dosis altas y bajas, respectivamente siendo incluidos en el grupo "C". La Cipermetrina por otro lado, en machos logró mortalidades de 26 y 10% con dosis altas y bajas, respectivamente, pero para hembras sólo se registraron mortalidades menores de 5% con ambas dosis.

Existen reportes donde las hembras son más resistentes que los machos a algunos insecticidas (Lagunes-Tejeda y Vázquez-Navarro, 1994). La primera hipótesis tiene que ver con el mayor tamaño que generalmente presentan las hembras, consiguiendo proporcionar cierta ventaja al necesitar mayor cantidad de insecticida para matarlas. La segunda hipótesis remite al tamaño, cantidad de cuerpo graso y la capacidad enzimática para desdoblar sustancias tóxicas. En teoría, las hembras tienen proporcionalmente más tejido graso que los machos y esto contribuye más rápidamente a la detoxificación de varios insecticidas (Busvine, 1971; Peña *et al.*, 2001). Esta segunda hipótesis podría ser más plausible para explicar los resultados del presente estudio, ya que el tamaño entre machos y hembras de las poblaciones de Tlalnepantla, Morelos, no difirió significativamente.

Bioensayo en campo

La mortalidad de picudos que se registró a las 24 h de la aplicación de tratamientos a cielo abierto fue estadísticamente diferente ($F_{4, 20} = 307.44, p < 0.001$). Es importante indicar

Of the pyrethroids, the only insecticide that produced a mortality rate of 50 to 80% in the lab was Permethrin, with a toxicology category III (CICOPLAFEST, 2004). It is important to point out that three other products in this group were tested (Cypermethrine, Fenvalerate and Deltamethrine), but at least two of them (Fenvalerate and Deltamethrine) did not produce mortalities different to the control (water). Based on our results, Permethrin is the only pyrethroid with the effectiveness to fight the cactus weevil.

Susceptibility to insects depending on sex

Analyses were carried out by sex, since an earlier analysis indicated different responses to the treatments. In the case of males, Diazinon produced 97% mortality rate with a low dose, whereas in females, it produced a rate of 81%. Pyrethroids displayed differences according to the separation of averages in Permethrin and Cypermethrine (Table 3). In males, the application of Permethrin in high and low doses produced mortalities of 80 and 70%, placed in group "B", whereas in females, there were mortalities of 63 and 50% for high and low doses, respectively, and therefore they were included in group "C". Cypermethrine, on the other hand, produced mortalities of 26 and 10% in males with high and low doses, respectively, but for females, mortalities did not surpass 5% in either case.

There are reports in which females are more resistant than males to some insecticides (Lagunes-Tejeda and Vázquez-Navarro, 1994). The first hypothesis has to do with the fact that females are larger in size, therefore they have a certain advantage because more insecticide is required to kill them. The second hypothesis leads to the size, amount of fat and the enzymatic capacity to break down toxic substances. In theory, females have proportionately more fatty tissues than males, and this contributes to a quicker detoxification of various insecticides (Busvine, 1971; Peña *et al.*, 2001). This second hypothesis could be more plausible to explain the results of the current investigation, since sizes of males and females in populations in Tlalnepantla, Morelos, did not differ significantly.

Biotest on the field

The mortality of weevils that was registered 24 hours after applying the treatments in the open was statistically different ($F_{4, 20} = 307.44, p < 0.001$). It is important to point out that treatments included organophosphorated products (Methyl Parathion, Malathion, Methyathion) and pyrethroids

que los tratamientos incluyeron tanto organofosforados (Paratión metílico, Malatión, Metidatión) como piretroides (Permetrina). En el análisis se evidenciaron dos grupos, el “A” donde se encuentran el Paratión y Metidatión con mortalidades de 9.6 para ambos casos y el “B” conformado por el Malatión y la Permetrina cuyo promedio de mortalidad fue 8.8 y 8.6 insectos respectivamente (Cuadro 4).

Con la prueba de efectividad biológica en campo sobre *M. spinolae* (Cuadro 4) no se detectaron diferencias entre Malatión y Permetrina; no obstante, el Paratión y el Metidatión proporcionaron una mayor mortalidad que la Permetrina. Debido a las recomendaciones de manejo de insecticidas y nuestra evaluación de productos químicos para el combate del picudo del nopal en Tlalnepantla, se puede sugerir usar Malatión y Permetrina. La Permetrina también se ha evaluado en otros curculiónidos, tal es el caso de *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden en céspedes proporcionando mortalidades de laboratorio cercanas a 90%, y 70% en pruebas a cielo abierto (Ordaz, 2008).

Las decisiones de usar o no productos químicos sigue estando bajo la responsabilidad de los productores, o técnicos en campo, y esas decisiones deberían estar basadas en los conceptos de manejo integrado de plagas (Serra, 2006; Barrera *et al.*, 2008; Lagunes-Tejeda *et al.*, 2008). Es decir, usar los insecticidas como una de las últimas herramientas cuando el nivel de daño económico sea elevado en las plantaciones. Estos niveles de daño coinciden con los picos poblacionales del picudo en Tlalnepantla, Morelos, generalmente finales de mayo o principios de junio (inicio de la temporada de lluvias) (GIIN, 2008).

Se debe considerar la información de biología básica del picudo del nopal para establecer algunas de las posibles prácticas de muestreo y manejo óptimo con productos químicos. Por mencionar alguna, se tienen registros de mayor actividad de adultos entre las 8:00 y 11:00 h; y entre las 17:00 y 19:00 h. Durante estos periodos se trasladan a la parte alta de la planta para alimentarse y copular. En horas de temperaturas bajas, extremadamente calurosas o en presencia la lluvia, se refugian en los orificios o cavidades del nopal y no son localizables para muestreo o para aplicar insecticidas (García, 1965; Jarquín, 2007). Se sugiere usar insecticidas de menor toxicidad durante éstos picos de mayor actividad de los adultos. De no seguir esta recomendación, su efectividad estará en desventaja con las prácticas de aplicar productos de alta toxicidad

(Permethrin). The analysis showed two groups: “A”, which includes Parathion and Methyathion with mortality rates of 9.6 for both cases, and “B”, made up of Malathion and Permethrin, with a mortality rate of 8.8 and 8.6 insects respectively (Table 4).

Cuadro 4. Promedio de Mortalidad de adultos de *Metamasius spinolae* en las pruebas de efectividad biológica en campo.

Table 4. Average mortality of *Metamasius spinolae* adults in the biological effectiveness test on the field.

Tratamiento (L ha ⁻¹)	Mortalidad corregida±ES ¹	
Paratión metílico (0.75)	9.6 ± 0	A
Metidatión (1.0)	9.6 ± 0	A
Malatión (0.75)	8.8 ± 0.4	AB
Permetrina (0.6)	8.6 ± 0.3	B

¹Mortalidad corregida según ecuación de Abbott ± error estándar. Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha=0.05$).

In the biological effectiveness test on the field on *M. spinolae* (Table 4) there were no significant differences found between Malathion and Permethrin; however Parathion and Methyathion produced a higher mortality rate than Permethrin. Due to recommendations on how to handle insecticides and our evaluation of chemical products against cactus weevils in Tlalnepantla, we can suggest using Malathion and Permethrin. The latter has also been evaluated on other weevils, such as *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden on grasses, and has produced mortality rates in the lab of nearly 90%, and 70% in the open (Ordaz, 2008).

Decisions of whether or not to use chemical products are still the responsibility of each farmer, or technicians on the field, and those decisions should be based on the concepts of integral pest management (Serra, 2006; Barrera *et al.*, 2008; Lagunes-Tejeda *et al.*, 2008). That is to say, using insecticides as a kind of last resort when the economic damage on the fields is high. These levels of damage correspond to the population peaks for the weevil in Tlalnepantla, Morelos, generally in late May or early June (beginning of the rainy season) (GIIN, 2008).

The basic biology information must be considered for the weevil before establishing some of the sampling practices and best management with chemical products. To mention one, there are records of greater activity amongst adults between 8 and 11 AM; and between 5 and 7 PM.

y residualidad a cualquier hora del día, generalmente temprano por la mañana. Es recomendable que la toma de decisiones para usar cualquier insecticida incluya la información básica de la plaga, la efectividad y residualidad de los productos, para disminuir riesgos a los productores y consumidores de nopal verdura en México.

Conclusiones

Los insecticidas organofosforados provocaron la mayor mortalidad del picudo del nopal, *Metamasius spinolae*, en comparación a los piretroides en condiciones de laboratorio y campo. Dentro de los organofosforados, el Malatión que se considera menos tóxico (Categoría IV), proporcionó mortalidades similares en laboratorio y en campo en comparación con el resto de los insecticidas que se usaron en el ensayo, como Paratión metílico y Metidatión. A excepción de la Permetrina, el resto de piretroides (Cipermetrina, Deltametrina y Fenvalerato) no proporcionaron mortalidades de importancia y no deberían considerarse para combatir a esta plaga. Existen diferencias significativas entre la interacción sexo por tratamiento (insecticidas), pues se tiene una mayor susceptibilidad en los machos.

Agradecimientos

A la M. C. Nuvia Orduño Cruz, a la Bióloga María del Socorro Cuevas Correa, y a la Sra. Trinidad Lomeli Flores por su valiosa asistencia técnica. A la Dra. Laura D. Ortega Arenas por sus valiosos comentarios al primer borrador de este trabajo. A todos los integrantes del Grupo Interdisciplinario de Investigación del Nopal (GIIN) por su apoyo. Al Consejo Municipal de Nopales de Tlalnepantla (COMUNOTLA), y al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Morelos A. C. (CESVMOR) por el financiamiento parcial para el desarrollo de este trabajo.

Literatura citada

Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:267-267.

During these periods, they move to the highest area of the plant to feed and copulate. At times of the day with low temperatures, or extremely hot, or during the rains, they take shelter in the orifices or cavities of the cactus, and cannot be found for sampling or applying insecticide (García, 1965; Jarquín, 2007). We suggest using insecticides with lower toxicities during these peaks in the activity of adults, otherwise, its effectiveness will have a disadvantage in the face of practices involving applying high-toxicity products at any time of the day, generally early in the morning. It is recommendable that decision-making for the use of any insecticide include basic information on the pest, the effectiveness and residuality of the products, in order to reduce risks for farmers and consumers of prickly pears in Mexico.

Conclusions

Orgnophosphorated insecticides caused the highest mortality rate in cactus weevils, *Metamasius spinolae*, in comparison to pyrethroids under field and lab conditions. Of the organophosphorated insecticides, Malathion is considered the least toxic (Category IV), and produced similar mortality rates in the lab and on the field, in comparison to the rest of the insecticides used in the test, such as Methyl Parathion and Metidathion. Except for Permethrin, the remaining pyrethroids (Cypermethrine, Deltamethrine and Fenvalerate) did not produce important mortality rates, and should not be considered for their use against this pest. There are significant differences in the interaction sex by treatment (insecticides), since there is a greater susceptibility in males.

End of the English version



- Aldana, M. L.; García, M.; Rodríguez, G.; Silveira, M. y Valenzuela, A. 2008. Determinación de insecticidas organofosforados en nopal fresco y deshidratado. *Rev. Fitotec. Méx.* 31:133-139.
- Ávila, F. S. y Muñoz, C. 2005. Los efectos de un impuesto ambiental a los plaguicidas en México. *Gaceta Ecológica. México.* 74:43-53.
- Badii, M. H. and Flores, A. E. 2001. Prickly pear cacti pests and their control in México. *Fla. Entomol. Estados Unidos.* 84:503-505.

- Barrera, J. F.; Toledo, J. e Infante, F. 2008. Manejo integrado de plagas: conceptos y estrategias. *In*: Toledo, J. e Infante, F. (Eds.). Manejo integrado de plagas. Editorial Trillas. 1ª edición. México, D. F. 13-33 p.
- Borrego, E. F. y Burgos, N. 1986. El nopal. Universidad Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 79-101 p.
- Busvine, R. J. 1971. A critical review of the techniques for testing insecticides. Commonwealth Agricultural Bureaux. England. 354 p.
- Comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (CICOPLAFEST). 2004. (Página web en línea) Disponible en internet: http://201.147.97.103/wb/cfp/catalogo_de_plaguicidas. (Consulta: 15 de Enero del 2009).
- Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS). 2005. Diagnóstico fitosanitario del nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) en Tlalnepantla, Morelos. *In*: Rodríguez-Leyva, E. y Lomelí-Flores, J. R. (ed.). Memoria de la Primera Reunión del Grupo Interdisciplinario de Investigación en Nopal. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo Texcoco, Estado de México. 78 p.
- Cremlyn, R. 1992. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Editorial Limusa. 5ª reimpresión. México, D. F. 27-133 p.
- García, M. T. 1965. Problemas entomológicos del nopal en el valle de México. Tesis de Ingeniería. Escuela Nacional de Agricultura (ENA). Chapingo, Estado de México. 63 p.
- Grupo Interdisciplinario de Investigación del Nopal (GIIN). 2008. El picudo del nopal en Tlalnepantla, Morelos. Monitor del Órgano de Comunicación del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Morelos, A. C. 1(1):4-8.
- Granados, S. D. y Castañeda, A. 1991. El nopal: historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Editorial Trillas. 1ª Ed. México, D. F. 131 p.
- Gunther, F. A. y Jeppson, L. R. 1969. Insecticidas modernos y la producción mundial de alimentos. Campaña Editorial Continental. 3ª impresión. 293 p.
- Hernández, G. L. 1993. Plagas y enfermedades del nopal en México. Reporte de Investigación 11. Centro de investigaciones económicas, sociales y tecnológicas de la agroindustria y de la agricultura mundial. Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Chapingo, Estado de México. 52 p.
- Jarquín, N. A. 2007. Diagnóstico fitosanitario del cultivo de nopal verdura *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. en la delegación de Milpa Alta, México, D. F. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 60 p.
- Juan, A.; Picó, Y. y Font, G. 2003. Revisión de los métodos de determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en alimentos. *Rev. Toxicología*. México, D. F. 20:166-175.
- Klaassen, D. C.; Casarett, J. L.; Watkins, J. B.; Doull, J. y Rivera-Muñoz, B. 2001. Casarett y Doull: manual de toxicología. Mc Graw-Hill Interamericana. 5ª Edición. México, D. F. 638 p.
- Lagunes-Tejeda, A. y Vázquez-Navarro, M. 1994. El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México. 159 p.
- Lagunes-Tejeda, A.; Rodríguez-Maciél, J. C. y Díaz-Gómez, O. 2008. Estrategias para el uso racional de insecticidas en el manejo integrado de plagas. *In*: Toledo, J. e Infante, F. (Eds.). Manejo integrado de plagas. Editorial Trillas. 1ª edición. México, D. F. 135-152 p.
- Mann, J. 1969. Cactus-feeding insects and mites. *United States National Museum Bulletin* 256. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 158 p.
- Mena, C. J. y Rosas, S. 2007. Guía para el manejo integrado de las plagas del nopal tunero. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2ª reimpresión. México, Zacatecas. 33 p.
- Muñiz, V. R. 1998. *Cactophagus spinolae* (Gyllenhal, 1838) picudo del nopal (Coleoptera: Curculionidae: Rhynchophoridae). *Dugesiana*. México, D. F. 5:42-43.
- Ordaz, G. L. 2008. Efectividad de insecticidas para el control de adultos de *Sphenophorus venatus vetitus* Chittenden en Iberostar Playa Paraíso, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo (UACH) Chapingo, Estado de México. 58 p.
- Peña, E. C.; Carter, D. y Ayala-Fierro, F. 2001. Toxicología ambiental: evaluación de riesgos y Restauración del ambiente. Distributed on the internet via the southwest hazardous waste Program website at <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb>.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2005. Disponible en internet desde: www.sagarpa.gob.mx/dlg/df/fichatecnopal.pdf. (Consulta: 30 de agosto de 2008).

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2007. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola. Disponible en internet desde: [http://148.245.191.4/guiaplaga/S\(tosky0qc04uoo1zyfevhq145\)/Inicio.aspx](http://148.245.191.4/guiaplaga/S(tosky0qc04uoo1zyfevhq145)/Inicio.aspx) (Consulta: 7 de agosto de 2009).
- Statistical Analysis System (SAS). 2000. Institute Inc. SAS/STAT user's guide, version 9. SAS Institute, Cary, NC.
- Serra, C. A. 2006. Manejo integrado de plagas de cultivos: estado actual y perspectivas para la República Dominicana. CEDAF. Santo Domingo. 176 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2009. Disponible en internet desde: http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/ientidad/index.jsp. (Consulta: 18 de julio de 2010).
- Vaurie, P. 1967. A revision of the neotropical genus *Metamasius* (Coleoptera, Curculionidae, Rhynchophorinae). Bull. Am. Mus. Nat. Hist. USA. 136:179-265.