

Resistencia a insecticidas en tres poblaciones de picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano) en el estado de Sinaloa, México

Insecticide resistance in three populations of pepper weevil (*Anthonomus eugenii* Cano) in the state of Sinaloa, Mexico

Fabián Avendaño-Meza, Saúl Parra-Terraza, José Luis Corrales-Madrid y Pedro Sánchez-Peña

Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, Maxipista Culiacán-Mazatlán Km 17.5, Culiacán, Sinaloa, México, fabian@uas.edu.mx

RESUMEN

El método de control químico es el más común y prácticamente el único dirigido intencionalmente para el combate del picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano). El número de aplicaciones exceden las 15 por temporada, lo que incrementa los costos de producción, provoca severos riesgos a la salud de las personas, causa contaminación ambiental, eliminación de enemigos naturales de la plaga y problemas de resistencia a insecticidas. Se cree que esta plaga se está volviendo resistente en algunas zonas. Por lo anterior, se realizaron bioensayos con poblaciones de picudo del chile colectadas en campos de La Cruz de Elota, Culiacán y El Rosario, Sinaloa, México, con la finalidad de determinar la susceptibilidad de la plaga a los insecticidas clorpirifos etílico, malation, oxamil, thiametoxam y zetacipermetrina, que comúnmente se utilizan para su combate. Los resultados indican que la población de La Cruz de Elota desarrolló ligera tolerancia a los insecticidas clorpirifos etílico, malation y oxamil, ya que se obtuvieron valores del factor de resistencia superiores a 10x, lo que significa que actualmente se necesita ese número de veces más la cantidad de insecticida para obtener la DL_{50} , comparado con la población de El Rosario, que resultó más susceptible. Para thiametoxam los resultados indican que la misma población desarrolló niveles altos de tolerancia con un factor de resistencia de 50,4x.

Palabras claves: *Anthonomus eugenii*, resistencia, tolerancia, insecticidas, bioensayo.

ABSTRACT

The most common control method, and practically the only intentionally targeted to kill this insect, is the use of chemicals, which can exceed a number of 15 applications per season. This increases production costs, affects human's health, causes environmental pollution, resistance to insecticides and elimination of natural enemies, among other problems. It is suspected that this plague is becoming resistant in some production areas; therefore, bioassays were made with pepper weevil populations from La Cruz de Elota, Culiacán and El Rosario, Sinaloa to determine the susceptibility of the pest to insecticides chlorpyrifos-ethyl, malathion, oxamyl, Z-cypermethrin and Thiamethoxam which are used for its combat. These results suggest that the population of La Cruz de Elota has developed slight tolerance to chlorpyrifos ethyl, malathion and oxamyl insecticides, because the resistance ratio values obtained were greater than 10x, compared with a susceptible population of El Rosario. For thiamethoxam, the results indicate that the same population has developed high levels of tolerance, with a resistance ratio of 50.4x.

Key words: Pepper weevil, resistance, tolerance, insecticides, bioassay.

INTRODUCCIÓN

El picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano) (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga clave durante la etapa de floración y fructificación del cultivo de chile en todas las zonas productoras [Jiménez, 2004]; ha sido reportado en el sur de Estados Unidos por Elmore *et al.* (1934), Riley y King (1994) y Toapanta *et al.* (2005), en México por Laborde y Pozo (1984) y Quiñónez (1986), en América Central, y en el Caribe

por Abreu y Cruz (1985) y Andrews *et al.* (1986). Recientemente se detectó y erradicó de invernaderos en Países Bajos [Van deer Gaag y Loomans, 2013]. También se observó por primera vez en Italia y la región del Mediterráneo, atacando plantas de chile dulce en campo e invernaderos de la región costera de Lazio [Speranza *et al.*, 2014]. Puede causar pérdidas masivas de frutos que, en ocasiones, alcanzan el 100 %

si no se toman medidas de combate. El daño causado por las larvas se manifiesta en el reducido número de frutos, su caída precoz, la maduración prematura y la producción de frutos deformes. Actualmente la medida principal de control es la aplicación de insecticidas químico-sintéticos que se hace cuando el monitoreo de adultos indica que es necesario [Gastélum *et al.*, 2009]. Se sospecha que esta plaga está desarrollando resistencia en ciertas zonas productoras [López, 1996]. Lagunes *et al.* (2009) indican que para determinar si una población de campo es resistente o susceptible, es necesario el conocimiento de la susceptibilidad base, la cual se encontrará en una población que no ha sido expuesta previamente a insecticidas y que servirá como punto de referencia para el análisis de futuros trabajos. Expertos de la FAO (1979) consideran que una población de insectos es resistente cuando la DL_{50} calculada para esa población es dos veces mayor a la DL_{99} de una colonia susceptible. Investigadores de Ciba-Geigy (1991) señalan que, con los valores del factor de resistencia (FR), esta se puede catalogar de la siguiente manera: de 1 a 3x, la población es susceptible; de 4 a 10x, es tolerante; más de 10x, presenta una resistencia incipiente; más de 100x, presenta una resistencia acentuada, y más de 1000x, se considera alta resistencia. A su vez, Young-Joon *et al.* (2004) consideran a la resistencia como baja si el FR es menor a 10x, resistencia moderada si los valores están entre 10 y 40x, resistencia alta si se alcanzan valores de 41 a 160x, y resistencia extremadamente alta si los valores exceden los 160x. Quiñónez y Flores (1991) realizaron un trabajo para determinar los niveles de susceptibilidad del barrenillo del chile a varios insecticidas en la localidad de Ojinaga, Chihuahua, y señalaron que las poblaciones del insecto no están sometidas a la presión de las aplicaciones de agroquímicos; por lo tanto, los resultados se consideran de una población susceptible y sirven de línea base para posteriores investigaciones. Avendaño *et al.* (2005, 2014) realizaron estudios toxicológicos para determinar si poblaciones de picudos colectadas en campos de La Cruz de Elota, Culiacán y Angostura, en el estado de Sinaloa, manifiestan tolerancia y/o resistencia, comparadas con colonias susceptibles previamente evaluadas. Los resultados indican que la población de picudos de La Cruz de Elota es ligeramente más tolerante que las poblaciones de Culiacán y Angostura. Servín y Aguilar (2000) y Servin *et al.* (2008) encontraron resistencia a carbaril y tolerancia a otros insecticidas organofosforados en poblaciones de picudo del chile

de Baja California Sur. En Sinaloa, la alta presión de selección con agroquímicos genera las condiciones idóneas para que las plagas desarrollen resistencia a insecticidas. Sin embargo, a pesar del uso abundante de productos químicos para combatir al picudo del chile, se desconoce la susceptibilidad de esta plaga a los insecticidas empleados para su combate. Esta información es muy importante para utilizar los plaguicidas de manera racional. Por lo anterior, y para aportar datos necesarios que enriquezcan este tópico, se realizó el presente trabajo, cuyos objetivos principales fueron determinar la dosis letal media (DL_{50}) de insecticidas químico-sintéticos en adultos de picudo del chile y comparar la susceptibilidad a insecticidas en colonias de picudo del chile colectadas en campos de La Cruz de Elota, Culiacán, y El Rosario, Sinaloa, así como establecer líneas base que sirvan como referencia para el monitoreo de la resistencia a los insecticidas malation, clorpirifos etílico, oxamil, thiametoxam y zetacipermetrina.

MATERIALES Y MÉTODOS

De diciembre de 2013 a junio de 2014 se colectaron frutos de chile atacados por el *A. eugenii* en plantaciones comerciales de Culiacán (24°40' N, 107°27' O) y La Cruz de Elota (24°0' N, 106°54' O) y en una parcela ejidal de El Rosario (23°1' N, 105°57' O) en el estado de Sinaloa, México. Los frutos se llevaron al laboratorio de toxicología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, donde se lavaron y desinfectaron superficialmente con hipoclorito de sodio al 0,1 % y se colocaron en recipientes de medio litro de capacidad cubiertos con malla, para esperar la emergencia de los adultos y facilitar su colecta. Una vez que emergieron los adultos, se procedió a hacer los bioensayos correspondientes para determinar la DL_{50} de los insecticidas. Los productos que se evaluaron en el bioensayo fueron clorpirifos etil y malatión (organofosforados), oxamil (carbamato), zetacipermetrina (piretroide) y thiametoxam (neonicotinoide). Las soluciones se prepararon en el laboratorio a las concentraciones correspondientes a partir de material técnico de cada insecticida, excepto thiametoxam que se preparó a partir de material comercial.

Las preparaciones se hicieron en frascos de 20 mL con tapa para su cierre hermético y se protegieron de la luz para evitar la fotodegradación del producto. A partir de las soluciones madre se prepararon diluciones seriadas en proporción logarítmica que consistieron en

medir 1 mL de la solución madre (10 %) y aforar a 10 mL con acetona para obtener la solución al 1 %, y a partir de esta preparar, mediante el mismo procedimiento, la dilución al 0,1 % hasta obtener la concentración de 1×10^{-5} % para determinar la ventana biológica de cada producto, que es el intervalo de respuesta del tóxico desde el 0 al 100 % de mortalidad. A partir de estos datos se determinaron las dosis intermedias mediante la fórmula $C_1 V_1 = C_2 V_2$, donde C_1 es concentración inicial, V_1 es volumen inicial, C_2 es concentración final y V_2 es volumen final. Con estas diluciones se realizaron los bioensayos definitivos para determinar la DL_{50} y DL_{95} de cada insecticida [Lagunes y Vázquez, 1994]. Los bioensayos se realizaron mediante el método de aplicación tópica que consiste en aplicar 1 μ L de la solución insecticida-solvente en una región determinada del cuerpo del insecto [FAO, 1979, Lagunes y Vázquez, 1994, Lagunes y Villanueva, 1999].

Todas las pruebas se realizaron bajo condiciones ambientales en el laboratorio. Se trataron adultos de picudo del chile de uno a tres días de emergidos del fruto, para lo cual se recolectaron cada tres días y se seleccionaron por tamaño, sin tomar en cuenta el sexo. Se les aplicó sobre el pronoto 1 μ L de solución de las dosis previamente preparadas mediante una microjeringa Hamilton adaptada a un repetidor manual que, en conjunto, tienen capacidad de liberar 1 μ L por cada graduación. Los insectos se anestesiaron con CO_2 para facilitar su manejo durante la manipulación en el laboratorio. Posterior a la aplicación del insecticida, los picudos se pasaron a vasos de plástico, donde se colocaron frutos de chile como sustrato alimenticio para que la mortalidad no ocurra por inanición. Por cada dosis se trataron 10 adultos y se realizaron cuatro repeticiones en días diferentes.

Para cada insecticida se emplearon de seis a nueve dosis; se incluyó la dosis cero (testigo) donde solo se aplicó acetona. Las lecturas de mortalidad se tomaron a las 24 h después de la aplicación. El criterio que se tomó para considerar muerto a los picudos fue que se mantuvieran inmóviles, en posición dorsal o lateral, o que presentaran movimientos anormales y no reaccionaran al presionarle el *rostrum* con una pinza [Servín *et al.*, 2008]. El porcentaje de mortalidad fue corregido con la ecuación de Abbott [Abbott, 1925].

Para determinar si los insectos colectados en campos de La Cruz de Elota y Culiacán manifiestan el fenómeno de resistencia, se consideró como patrón

de comparación o líneas base los datos de la colonia de picudos de El Rosario, Sinaloa. Esta población de insectos se considera susceptible, ya que la zona fue recientemente abierta a la agricultura, cuenta con mayor biodiversidad y no está sometida a presión de selección por los insecticidas considerados en el presente experimento, y está aislada de centros de explotación intensiva del cultivo del chile.

La evaluación estadística se realizó con el procedimiento Probit \log_{10} del programa estadístico SAS [SAS, 2008]. Se calcularon los valores de DL_{50} y DL_{95} para cada insecticida con sus respectivos intervalos de confianza o límites fiduciales (LF). Se determinaron los valores de la pendiente de la línea de regresión y las respuestas dosis-mortalidad para hacer un ajuste de regresión lineal entre los logaritmos del estímulo y las unidades probit de la respuesta (Ldp) [Robertson *et al.*, 2007] y una prueba de bondad de ajuste mediante el cálculo de la Ji-cuadrada (χ^2) de los datos para cada insecticida y cada población de insectos, bajo la hipótesis nula de que los datos se ajustan a una línea recta. Si el valor de la χ^2 observado es mayor al valor tabulado, los datos no se ajustan a una línea recta y es un indicativo de fallas en la manipulación metodológica, o bien no existe tal recta debido a la heterogeneidad genética de los individuos en la muestra en su respuesta al tóxico que se evalúa [Lagunes y Vázquez, 1999, Rodríguez *et al.*, 2009]. La proporción o factor de resistencia (FR) se calculó dividiendo la DL_{50} y DL_{95} de las poblaciones de La Cruz y Culiacán entre la DL_{50} y DL_{95} de la población de El Rosario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor tolerancia al clorpirifos etílico se obtuvo en la población de La Cruz de Elota al registrar el valor más alto de DL_{50} , el cual es el parámetro más común para determinar la toxicidad de un plaguicida. Contrario a lo anterior, en la población de Culiacán se registró el mayor valor de DL_{95} . Esta tendencia se manifiesta ya que la homogeneidad es mayor en la población de La Cruz de Elota con el valor más alto de la pendiente de la línea de regresión. La pendiente registrada para la población de Culiacán es muy similar a la población de El Rosario y se consideran relativamente heterogéneas en su respuesta al tóxico. Es por esta situación que el FR_{50} alcanzó un valor de 11,74 y disminuyó cuando se calculó el FR_{95} con respecto a la colonia de El Rosario (Tabla 1). Con los datos del FR_{50} y los criterios de Young-Joon *et al.*

(2004) y de investigadores de Ciba-Geigy (1991), se puede catalogar a la población de picudos del chile de La Cruz de Elota con una tolerancia moderada y una tendencia homogénea a desarrollar resistencia si no se toman medidas correctivas a tiempo. Las poblaciones de Culiacán y El Rosario no se consideran estadísticamente diferentes entre sí, ya que sus LF se traslapan a nivel de la DL₅₀, y dado que los valores de χ^2 observados son mayores a los tabulados, los datos no se ajustan a una línea recta; es probable que las tres poblaciones contengan núcleos de insectos con genoma de resistentes interactuando con los susceptibles. Tendencias similares se documentan en trabajos realizados por Servin *et al.* (2008) para insecticidas organofosforados y por Avendaño *et al.* (2005, 2014) para el mismo insecticida.

En los bioensayos con malation, la población de La Cruz de Elota registró las DL más altas, tanto al 50 % como al 95 %; los FR también fueron los más altos (Tabla 1), por lo que se considera que también para este insecticida la población está en proceso de resistencia incipiente. Las tres poblaciones son estadísticamente diferentes. Los valores de la χ^2 indican que los datos de las tres poblaciones se ajustan al modelo lineal y se considera que la respuesta al tóxico fue homogénea. Lo anterior permite considerar a la DL₅₀ de 0,23 $\mu\text{g} \times \text{adulto}^{-1}$ de la población de El Rosario como valor de referencia y una línea base que sirva de comparativo para futuros trabajos de monitoreo de la resistencia a malati6n.

Para oxamil, las DL más altas se registraron en la población de La Cruz de Elota. La pendiente de la línea de regresión alcanzó el nivel más bajo de las tres poblaciones, lo que indica que es una población heterogénea en cuanto a la respuesta al tóxico. El FR₅₀ de 10,05x indica que también se está adqui-

riendo tolerancia a este insecticida en la población de La Cruz de Elota y, dado el valor alto de la χ^2 , no se ajusta al modelo lineal; probablemente se tengan núcleos de insectos resistentes interactuando con susceptibles, situación que se refleja en el FR₉₅ que se eleva hasta 38x. La población de Culiacán manifiesta una tolerancia relativamente baja, aunque difiere estadísticamente de la población de referencia de El Rosario. Esta última se sugiere como línea base, dado el carácter homogéneo que manifiesta en cuanto a su respuesta al tóxico y al valor bajo de la χ^2 en la prueba de bondad de ajuste (Tabla 1).

Los valores más bajos de DL₅₀ se registraron para thiametoxam, lo que indica que este es uno de los productos más tóxicos para el picudo del chile y ha sido, hasta ahora, uno de los más efectivos. Sin embargo, también es uno de los insecticidas más utilizados y propenso a que se desarrolle resistencia hacia él, sobre todo en la región de La Cruz de Elota. La prueba de χ^2 indica que los datos obtenidos en las tres poblaciones se ajustan a una línea recta, por lo que se pueden catalogar como de una respuesta homogénea. Lo anterior es particularmente negativo en el caso de la población de La Cruz de Elota ya que, según los criterios de Young-Joon *et al.* (2004), esta se considera como una población con nivel alto de tolerancia, ya que alcanzó un FR₅₀ de 50,4x, y de acuerdo a los expertos de la FAO (1979), está muy cerca de considerarse resistente, ya que su DL₅₀ es mayor que la DL₉₉ (0,38 $\mu\text{g} \times \text{adulto}^{-1}$) de la colonia de referencia de El Rosario. Debido al carácter homogéneo en cuanto a la respuesta de la población de El Rosario, al valor bajo de la DL₅₀ y un ajuste adecuado de los datos al modelo lineal (χ^2), esta se puede considerar como línea base que sirva de referencia para futuras investigaciones.

Tabla 1. Toxicidad a insecticidas en tres poblaciones de picudo de chile (*A. eugenii*) del estado de Sinaloa, 2014

Insecticida	N*	DL ₅₀ (LF 95%) ^c	DL ₉₅ (LF 95%) ^e	b	χ^2	Pr > χ^2	FR ₅₀ ^y	FR ₉₅ ^y
<i>Clorpirifos etílico</i>								
El Rosario	294	0,175 (0,07-0,40)	7,99 (1,95-455)	0,991	11,997	0,034	–	–
La Cruz	240	2,054 (0,77-5,54)	15,63 (5,7-1308)	1,866	18,465	<0,001	11,74	1,96
Culiacán	280	0,635 (0,14-5,71)	28 (3,86-61581)	1,000	31,150	<0,001	3,63	3,51
<i>Malation</i>								
El Rosario	405	0,230 (0,18-0,29)	2,86 (1,8-5,41)	1,502	6,368	0,497	–	–
La Cruz	314	3,838 (3,03-4,78)	35,7 (24,1-62,6)	1,697	3,283	0,772	16,69	12,48
Culiacán	240	0,623 (0,48-0,80)	5,44 (3,5-10,3)	1,748	4,756	0,313	2,71	1,90

<i>Oxamil</i>								
El Rosario	270	0,055 (0,04-0,07)	0,37 (0,24-0,68)	1,979	3,453	0,485	–	–
La Cruz	320	0,553 (0,08-1,67)	14,1 (3,4-4003)	1,168	29,553	<0,001	10,05	38,18
Culiacán	327	0,189 (0,08-0,37)	4,288 (1,4-97,7)	1,213	14,692	0,011	3,44	11,56
<i>Thiametoxam</i>								
El Rosario	315	0,01 (0,008-0,013)	0,13 (0,08-0,25)	1,484	5,357	0,616	–	–
La Cruz	331	0,504 (0,36-0,67)	10,81 (6,2-25,2)	1,235	1,353	0,969	50,40	80,70
Culiacán	320	0,037 (0,02-0,06)	0,53 (0,23-2,22)	1,421	11,224	0,081	3,70	3,95
<i>Zetacipermetrina</i>								
El Rosario	280	0,399 (0,22-0,66)	6,13 (2,69-33,9)	1,386	11,855	0,065	–	–
La Cruz	320	2,405 (1,27-5,13)	21,56 (8,4-327)	1,727	29,077	<0,001	6,03	3,52
Culiacán	235	1,266 (0,99-1,68)	9,85 (5,9-21,34)	1,846	4,325	0,632	3,17	1,61
<p>* Número de insectos tratados. † Dosis Letal Media expresada en µg adulto⁻¹ y Límites Fiduciales al 95 %. ‡ Dosis Letal 95 expresada en µg adulto⁻¹ y Límites Fiduciales al 95 %. b Pendiente de la línea de regresión. †† Factor de resistencia, resultado de dividir la DL de la población problema entre la DL de la colonia de referencia.</p>								

Los datos obtenidos con zetacipermetrina muestran una tendencia similar; el valor de DL₅₀ más alto se registró en la población de La Cruz de Elota; las poblaciones de Culiacán y El Rosario registraron valores más bajos, aunque se consideran estadísticamente diferentes (Tabla 1). De acuerdo al FR₅₀ obtenido, la población de La Cruz de Elota se considera ligeramente tolerante a este insecticida, característica que comparte con la población de Culiacán, al ser estas dos estadísticamente iguales, ya que sus LF se traslapan a nivel de la DL₅₀.

La mayor tolerancia observada en la población de insectos de La Cruz de Elota se debe a que ha estado sometida a una presión de selección insecticida más fuerte a través del tiempo. El sistema de explotación es más intensivo, con cientos de hectáreas de monocultivo de chile a campo abierto. Contrario a la población de Culiacán, esta fue colectada en parcelas más pequeñas, y desde hace más de cinco años se cultiva bajo malla sombra donde existe un estricto control de las aplicaciones de agroquímicos.

La aplicación en campo de los resultados de un bioensayo permite seleccionar insecticidas para los que la población de insectos aún no desarrolla resistencia o evitar los que ya la tienen. La utilización racional de insecticidas contra una plaga en un cultivo determinado requiere de la evaluación previa de la efectividad de los productos a emplear [Lagunes *et al.*, 2009]. Esto ayuda a reducir el uso de productos no efectivos que encarecen la producción y contaminan el medio. En base a los resultados en el presente trabajo, se recomienda reducir o limitar el uso de malatión y

clorpirifos etílico en la población de La Cruz de Elota; evitar el uso de estos productos como insecticida inicial en el combate del picudo del chile, así como en aplicaciones en áreas no cultivadas; limitar el número de aplicaciones de neonicotinoides en el cultivo y en la temporada si el cultivo ya ha sido tratado con un insecticida de este grupo en aplicación temprana para otras plagas y es necesario el combate adicional del picudo, usar un producto o productos de diferente modo de acción.

Es recomendable dejar algunas generaciones sin presión de selección por este grupo de insecticidas; esto es posible con una rotación de insecticidas por grupo químico o de diferente modo de acción [IRAC, 2015]. Si la plaga ha estado cierto tiempo expuesta a neonicotinoides, dejar cuando menos el mismo tiempo sin exposición para este grupo de productos. Para el manejo de la resistencia, la rotación entre insecticidas con diferente modo de acción es una práctica más recomendable que las mezclas de tanque. Sin embargo, para asegurar el control o ampliar el espectro de acción a otras plagas, a menudo se considera necesario mezclar diferentes productos. Cuando esto ocurra, es importante que los insecticidas seleccionados sean eficaces contra la plaga o complejo de plagas a las cuales se quiere combatir y que tengan el mismo período de persistencia en el ambiente. Hay que considerar que, con el uso de múltiples productos con el mismo modo de acción en una mezcla de tanque, se incrementa la presión de selección de la plaga hacia esos productos y hacia otros relacionados toxicológicamente. Como estrategia de manejo de insecticidas para retrasar la

resistencia, se sugiere alternar insecticidas de diferente modo de acción, entre los que se encuentran oxamil, carbaril, malation, clorpirifos etílico, permetrina, cyflutrin, zetacipermetrina, thiametoxam, criolita y diflubenzuron [Gastélum *et al.*, 2009]. El uso de insecticidas biorracionales, hongos entomopatógenos y extractos vegetales se pueden incluir en esta rotación, siempre y cuando se compruebe su eficacia [García-Nevárez *et al.*, 2012, Adesso *et al.*, 2014].

CONCLUSIONES

- Las DL_{50} más altas se observaron en la población de La Cruz de Elota, principalmente con los insecticidas del grupo de los organofosforados malation y clorpirifos etílico y el piretroide zetacipermetrina.
- En la misma población, las DL_{50} más bajas se registraron para oxamil y thiametoxam. La población de picudos del chile de Culiacán presentó una respuesta más parecida a la de El Rosario, aunque difiere estadísticamente de esta, por lo que se cataloga como ligeramente tolerante a los insecticidas evaluados en este experimento.
- Se considera que la población de La Cruz de Elota está desarrollando tolerancia o resistencia incipiente a los insecticidas clorpirifos etílico, malation, oxamil y zetacipermetrina, y que ha desarrollado una tolerancia alta a thiametoxam.

REFERENCIAS

- Abbott, W.S.: «A method of computing the effectiveness of an insecticide», *J. Econ. Entomol.* 18: 263-267. EE.UU. 1925.
- Abreu, E.; C. Cruz: «Occurrence of pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) in Puerto Rico», *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 59: 223-224. Puerto Rico, 1985.
- Adesso, K.; P. Stanley; B. Kostyk; H. McAuslane: «Organic treatments for control of pepper weevil (Coleoptera: Curculionidae)», *Florida Entomologist* 97(3): 1148-1156. EE.UU. 2014.
- Andrews, K.; A. Rueda; G. Gandini; S. Evans; A. Arango; M. Avedillo: «A supervised control program for the pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano in Honduras, Central America», *Tropical Pest Management* 32(1): 1-4. UK, 1986.
- Avendaño, M.F.; R. Gastélum; V. Acosta; M. López; R. Medina: «Evaluación toxicológica de insecticidas en poblaciones de picudo del chile *Anthonomus eugenii* Cano de tres regiones del centro de Sinaloa», 2ª Muestra y publicación de resultados de investigación científica agropecuaria, México, 2005.
- Avendaño, M.F.; S. Parra; R. Gastélum; M. López; R. Medina; M. Yáñez: «Líneas base de resistencia a cinco insecticidas en poblaciones de picudos del chile *Anthonomus eugenii* Cano de Culiacán, Sinaloa», *Entomología Mexicana* 1: 834-839. México, 2014.
- Ciba Geigy: *Entomología y control de insectos*, Manual de uso interno. México. 1991.
- Elmore, J.C.; A. Davis; R. Campbell: «The pepper weevil». *USDA Technical Bulletin* 447, EE.UU. 1934.
- F.A.O.: «Recommended methods for detection and measurement of resistance in agricultural pests to pesticides». *FAO Plant Protection Bulletin* (27): 29-32. Italy, 1979.
- García-Nevárez, G.; M. Campos-Figueroa; N. Chávez-Sánchez; F. Quiñonez-Pando: «Eficacia de insecticidas biorracionales y convencionales contra el picudo del chile, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) en el centro-sur de Chihuahua», *Southwestern Entomologist*. 37(3): 391-401. EE.UU. 2012.
- Gastélum, L.R.; M. López; T. Godoy; F. Avendaño: «Estrategias para el manejo del picudo o barrenillo del chile», Jornada para el manejo de plagas y enfermedades de impacto en la horticultura. Memoria de capacitación. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA. Gob. del Estado de Sinaloa. México, 2009.
- IRAC: «Mode of action classification brochure». The insecticide resistance cation committee. Fifth edition. En línea: http://www.irc-online.org/documents/moa_brochure/?ext=pdf. Fecha de consulta 1/12/2015. EE. UU. 2015.
- Jiménez, S.H.: «Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce». Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza CATIE. Proyecto Manejo Integrado de Plagas. Turrialba, Costa Rica. Costa Rica, 2004.
- Laborde, J.A.; A. Pozo: *Presente y pasado del chile en México*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Publicación especial No. 85, México, 1984.
- Lagunes, T.A.; M. Vázquez: *El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas*. Colegio de Posgraduados, México, 1994.
- Lagunes, T.A.; C. Rodríguez; C. De Loera: «Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México». *Agrociencia* 43: 173-196. México, 2009.
- Lagunes, T.A.; M. Vázquez: *El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas*. Colegio de Postgraduados, México. México, 1994.
- Lagunes, T.A.; A. Villanueva. *Toxicología y manejo de insecticidas*. Colegio de Postgraduados, México. México, 1999.
- López, T.M.E.: «Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones de campo de adultos del barrenillo del chile *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) procedentes de San Luis Potosí, México». Tesis de Maestría en Ciencias especialista en Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México. México. México, 1996.
- Quiñones, P.F.; A. Flores. «Toxicidad a insecticidas en poblaciones de picudo del chile *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) en el estado de Chihuahua». Resúmenes del XXVI Congreso Nacional de Entomología, Universidad Cristóbal Colón. Veracruz, México, 1991.
- Quiñonez, P.F. «Dinámica de poblaciones y daño de plagas del fruto y efecto del daño simulado en el rendimiento de chile jalapeño». Primer día del horticultor. Publicación especial no. 6. México, 1986.
- Riley, D.G.; E.G. King: «Biology and management of pepper weevil *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae): a review». *Trends Agricultural Science* 2: 109-121. EE.UU. 1994.
- Robertson, J.L.; R.M. Russel; H.K. Preisler; E. Savin: *Bioassay with Arthropods*. Second edition. CRC Press. Boca Raton, Fl. USA. EE.UU., 2007.
- Rodríguez, M.C.; G. Silva; P. Guzmán: «El Bioensayo con Plaguicidas en Artrópodos». *Tópicos Selectos de Estadística aplicados a la Fitosanidad*. Colegio de Postgraduados, IPN CIIDIR Oaxaca. México, 2009.
- SAS: Institute. «SAS/STAT® 9.2 User's Guide: The PROBIT Procedure (Book Excerpt)». Cary, NC: SAS Institute Inc. EE.UU., 2008.
- Servín, V.R.; J.L. García; A. Tejas; J.L. Martínez; M.A. Toapanta: «Susceptibility of Pepper Weevil (*Anthonomus eugenii* Cano) (Coleoptera:

- Curculionidae) to seven insecticides in rural areas of Baja California Sur, Mexico». *Acta Zoológica Mexicana* 24(3): 45-54. México, 2008.
- Servín V.R.; R. Aguilar: «Bioensayos toxicológicos en picudos del chile *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) por exposición residual en Baja California Sur, México». *Folia Entomológica Mexicana*. 109: 117-118. México, 2000.
- Speranza, S.; E. Colonnelli; G.A. Pietro; S. Laudonia: «First record of *anthonomus eugenii* (coleoptera: Curculionidae) in Italy». *Florida Entomologist* 97(2): 844-845. EE.UU., 2014.
- Toapanta, M.A.; D.J. Schuster; P.A. Stansly: «Development and Life history of *Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) at constant temperaturas». *Environmental Entomology* 34(5): 999-1008. EE.UU, 2005.
- Van deer Gaag, D.J.; A. Loomans: «Pest risk analysis for *Anthonomus eugenii*». Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority Utrecht, the Netherlands. 64 p. [Consulta en Línea: diciembre, 2014]. https://www.nvwa.nl/txmpub/files/?p_file_id=2203788. Netherlands, 2013.
- Young-Joon, K; Si-Hyeock L; Si-Woo L, Young-Joon A.: «Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari:Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanism». *Pest Manag. Sci.* 60: 1001-1006. U.K., 2004.