

Artículo de Revisión

CASOS SELECTOS DE RESISTENCIA A INSECTICIDAS EN MOSCAS BLANCAS (Hemiptera: Aleyrodidae) EN EL MUNDO

SELECTED EVENTS OF RESISTANCE TO INSECTICIDES IN WHITEFLIES (Hemiptera: Aleyrodidae) IN THE WORLD

Macías-flores A*, Santillán-Ortega C, Robles-Bermúdez A,
Ortiz-Catón M, Cambero-Campos OJ.

Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera
Tepic-Compostela Km 9. Apdo. Postal 49, C.P. 63780. Xalisco, Nayarit, México.

Recibido: 30 de junio de 2012
Aceptado: 20 de septiembre de 2012

Resumen

Las moscas blancas (Hemíptera: Aleyrodidae) son un problema a escala global. En México, llamó la atención como plaga agrícola en la década de los años 80's y 90's del siglo pasado por las pérdidas económicas que ocasionaron en los cultivos agrícolas, debido a los daños directos por la succión de savia y a los daños indirectos por la transmisión de enfermedades de origen viral. El hombre en su intento fallido por erradicarlas ha hecho uso desmedido de insecticidas químicos, quizás por su accesibilidad por costo bajo o por efectos de control inmediatos, por lo cual ha causado daño al medio ambiente y a la salud humana, con la consecuencia de desarrollo de resistencia. En un intento por disminuir los efectos de tales sustancias, muchas investigaciones alrededor del mundo se han conducido para encontrar productos insecticidas más efectivos con el menor impacto ambiental y a la salud humana, y que contribuyan a incrementar las herramientas de control disponibles en los sistemas de producción agrícola.

Palabras clave: Susceptibilidad, Ingrediente activo, *Bemisia tabaci*, Plaga.

Abstract

Whiteflies have been an important pest worldwide. In Mexico, those pests had importance for first time during the decades 80's and 90's of the last century, due to economic lost in agriculture provoked for the direct damages for sap sucking and the indirect damage for virus disease transmission. Farmers, in their inadequate strategy to eradicate whiteflies, have used tremendous quantity of chemical insecticides, perhaps for their accessibility because low cost or for their promptly results of control. This action has caused damage to environmental and human health, and, most important it has derived into the development of insecticides resistance. In order to diminish such effects, many researches have been conducted to find new and more effective insecticides with low environmental and human health impact, and to contribute to increase tools control available in crop production systems.

Key words: Susceptibility, active ingredient, *Bemisia tabaci*, Pest.

***Autor corresponsal:**

Macías-flores A, Estudiante de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela Km 9, Apdo. Postal 49, C.P. 63780. Xalisco, Nayarit, México. Tel. +52 (311) 211 0128. Correo Electrónico: amaciasf23@hotmail.com

Introducción

Pertenecientes al orden hemiptera y a la familia Aleyrodidae, las moscas blancas son insectos pequeños de 1 a 3 mm de longitud (Triplehorn y Johnson, 2005). Estos insectos fitófagos, con hábitos chupadores, se localizan en el envés de las hojas de las plantas hospederas (Ortega, 1992). Tanto ninfas como adultos causan daño directo a la planta, al succionar la savia rica principalmente en aminoácidos y azúcares, así como la secreción de melaza que propicia el desarrollo de hongos como fumagina (*Capnodium elaeophilum*) que dificulta la fotosíntesis y disminuye el vigor del hospedero, sin embargo, el daño más severo lo causan como vectores de virus (Byrne et al., 1990; Ortega, 2008a). Existen aproximadamente 1,200 especies de moscas blancas, no obstante, menos de una docena son consideradas plagas de importancia económica, por los daños que causan para los cultivos, de este número reducido, *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) son las más perjudiciales y generalizadas en América Latina y el mundo, por la severidad de sus daños en cultivos con pérdidas económicas de gran magnitud (Hilje y Morales, 2008); ambas especies cuentan con más de 200 especies de plantas hospedantes incluidas en más de 65 familias (Carapia-Ruiz, 2008). Su habilidad para dispersarse es favorecida por el movimiento extensivo a través del comercio de plantas y otras partes vegetativas (Ellsworth y Martínez-Carrillo, 2001).

Se desconoce el origen y el momento de la introducción de las primeras poblaciones de *B. tabaci* a América Latina, aunque esta plaga probablemente se introdujo desde África o Asia, mediante el comercio durante la época colonial (Morales, 2009). En México, la especie *B. tabaci* es una de las plagas que más daño ocasiona primordialmente a los cultivos de hortalizas; su principal impacto es como diseminador de enfermedades begomovirales predominantemente el biotipo B, por la gran cantidad de hospederos con los que cuenta, su rapidez para reproducirse y el desarrollo de resistencia a insecticidas (Olguín-Peña et al., 2010). Desafortunadamente,

el estado de Nayarit no escapa a la presencia de estos insectos, diseminados principalmente en las zonas productoras de hortalizas, frijol y tabaco donde causan estragos a la agricultura con grandes pérdidas a los agricultores en estos cultivos (Ortiz et al., 2010). Hasta los años ochenta, estos insectos no eran considerados como plaga primaria, mismas que se podían controlar con aplicaciones oportunas de insecticidas sin causar pérdidas económicas considerables para los agricultores, sin embargo, en la actualidad son tan fuertes los daños que causa en los cultivos que es contemplada como la principal restricción en la producción agrícola (Ortega, 2008b).

La resistencia a insecticidas, es un problema que enfrentan los productores agrícolas, que se traduce finalmente en la reducción considerable de la producción de alimentos y otros bienes a un alto precio (Whalon et al., 2008).

El término resistencia se define como la habilidad de una población de insectos para soportar cantidades de tóxico que serían letales para la mayoría de los individuos de una población normal de la misma especie (WHO, 1957). En estudios de laboratorio mediante bioensayos, los niveles de resistencia pueden variar de una población a otra, mismos que dependen entre otros factores, de la sensibilidad del método empleado, de la posible exposición a la que la población en estudio ha estado en contacto con el compuesto químico evaluado, de la naturaleza del mismo compuesto; no obstante, cualquier nivel de resistencia encontrado en laboratorio debe ser corroborado en campo para poder definir que dicha población es resistente al compuesto evaluado (French-Constant y Roush, 1990). El fracaso en campo de las aplicaciones de insecticidas no necesariamente está relacionado con resistencia, ya que puede haber fallas en la técnica de aplicación de tales productos.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión bibliográfica de investigaciones sobre el uso de insecticidas en diferentes partes del mundo, mismos que se emplean como principal medida de control de

moscas blancas en la agricultura y su consecuente desarrollo de resistencia.

Como antecedente, Whalon *et al.*, (2008) en su análisis global de resistencia a insecticidas en artrópodos, documentaron que desde 1914 hasta 2007 encontraron 7,747 casos de resistencia a 331 compuestos alrededor del mundo, con un número de 553 especies. Entre las 20 especies más resistentes se encuentran las moscas blancas, con resistencia documentada a 39 compuestos químicos, con el primer caso reportado en 1981.

Estudios de resistencia en México

Aguilar-Medel *et al.*, (2007) realizaron un estudio en condiciones de laboratorio, en dos poblaciones de *B. tabaci*, biotipo B, una originaria del Valle de San Quintín, en Baja California, mientras que la otra colonia fue obtenida de la zona agrícola de Los Mochis, Sinaloa, en las que se emplearon los insecticidas acetamiprid, cipermetrina, imidacloprid, pymetrozine y thiamethoxam, encontraron que a nivel de 50 % de mortalidad (CL_{50}) ambas poblaciones mostraron niveles bajos de resistencia a los insecticidas cipermetrina, pymetrozine e imidacloprid, en relación a una población susceptible, pero a una concentración de CL_{95} las dos poblaciones fueron susceptibles a los cinco insecticidas aplicados. Por otra parte, Gutiérrez-Olivares *et al.*, (2007) entre 2005 y 2006 con una población de *B. tabaci* biotipo B, recolectada en la región agrícola de San Luis Potosí comparada con una población susceptible, con la finalidad de determinar la estabilidad de resistencia que presentaba esta población de insectos a partir de las generaciones dos y tres hasta la generación seis, en donde probaron dos insecticidas del grupo de los neonicotinoides, para imidacloprid a partir de la generación tres hasta la generación seis, y thiamethoxam a partir de la generación dos hasta la generación seis, observaron que los niveles de resistencia disminuyeron desde la generación de inicio hasta la generación seis en cada uno de los insecticidas empleados, por lo que concluyen que la resistencia en *B. tabaci* de esa región

es inestable para ambos productos químicos. Servín-Villegas *et al.*, (2006) en Baja California Sur, durante los años 1994 a 2002, experimentaron los productos cipermetrina, parathion metílico y endosulfan para evaluar los niveles de resistencia en diversas poblaciones de campo de moscas blancas recolectadas de diferentes cultivos de hortalizas y comparadas con una población susceptible obtenida de una mezcla de individuos de diferentes sitios que forma un conjunto genéticamente diverso. Entre los resultados que obtuvieron fue que el mayor nivel de resistencia lo presentó el producto endosulfan por una diferencia de 68 veces más elevado que la población susceptible y el resto de los productos con indicios de desarrollo de resistencia que presenta valores inferiores a 10 veces más elevados que la población susceptible. Por su parte, Santillán-Ortega *et al.*, (2011a) relacionaron la respuesta en poblaciones susceptibles de *B. tabaci* y *T. vaporariorum* entre hembras y machos al insecticida thiamethoxam con la finalidad de detectar diferencias en los resultados a la sustancia química de acuerdo al sexo de los insectos. Encontraron que no existe relación entre el sexo del insecto y la susceptibilidad al tóxico evaluado; concluyen que es irrelevante el manejo de hembras o machos en estos insectos para estudios posteriores con el insecticida thiamethoxam. En otro estudio realizado por Santillán-Ortega *et al.*, (2011b) determinaron la susceptibilidad al insecticida bifentrina en dos poblaciones de *T. vaporariorum*, una procedente de campo del estado de Jalisco y otra susceptible de Texcoco, Estado de México, además de tres poblaciones de *B. tabaci* procedentes de los campos agrícolas de Tamaulipas, San Luis Potosí, Colima y una susceptible de Texcoco, Estado de México; los datos obtenidos revelan que con el método empleado, todas las poblaciones evaluadas en este experimento son susceptibles al insecticida bifentrina, ya que presentan valores superiores poco significativos con respecto a las poblaciones susceptibles. Campuzano-Martínez *et al.*, (2010) con la finalidad de evaluar los parámetros poblacionales de vida y de fertilidad de las moscas blancas *B. tabaci* susceptibles o en etapas iniciales de resistencia al insecticida

thiamethoxam, trabajaron con tres poblaciones de moscas blancas en San Luis Potosí y encontraron que esas poblaciones, con el insecticida y método empleado fueron susceptibles, a excepción de una colonia que mostró indicios en etapas iniciales de desarrollo de resistencia, además de encontrar que las poblaciones no modifican su capacidad de reproducirse con mayor rapidez que su contraparte susceptible.

Estudios de resistencia en el mundo

En otras partes del mundo, Ahmed *et al.*, (1987) en Sudán detectaron resistencia en *B. tabaci* a los insecticidas dimetoato, endosulfan, methomilo y mezclas de dimetoato-endosulfan, productos muy empleados en cultivo de algodón, en el que documentan alta resistencia presentada por adultos de esta especie en los primeros dos compuestos separados, mientras que las ninfas resultaron ser menos susceptibles a la mezcla realizada de dimetoato-endosulfan que en los compuestos separados. En otro espacio geográfico, Horowitz *et al.*, (2004) estudiaron extensivamente la resistencia dinámica de la mosca blanca a los insecticidas del grupo de los neonicotinoides acetamiprid y thiamethoxam en Israel durante las estaciones 1999 a 2003; evaluaron tres muestras en condiciones de laboratorio para determinar la susceptibilidad como parte de las estrategias de manejo de resistencia a estos insecticidas en cultivo de algodón, así como la resistencia cruzada entre ambos compuestos químicos. Mientras tanto en Arizona, EUA, Crowder *et al.*, (2007) realizaron un estudio en laboratorio y otro más en campo con huevos y ninfas para evaluar la resistencia de *B. tabaci* y su relación con el sexo del insecto al compuesto pyriproxifen, puesto que es un inhibidor del crecimiento; emplearon muestras de insectos hembras y machos susceptibles, hembras y machos resistentes y hembras híbridas resultado de cruces entre ambos tipos. Para su experimento emplearon como progenitores hembras sin aparear, las cuales producen huevos sin fertilizar mismos que originan una población compuesta solo por insectos machos; a su vez emplearon descendencia resultado del apareamiento entre adultos los cuales se componen de hembras y machos

y la diferenciación del sexo la realizaron una vez que emergió el adulto; Manejaron estimaciones de sexo en su experimento de acuerdo a las proporciones obtenidas en la misma población bajo estudio en descendencias que no fueron sometidas al insecticida. En laboratorio la exposición al insecticida fue directa impregnando la hoja de la planta con el tóxico, mientras que en campo se realizó de forma indirecta mediante aspersion a la planta con el compuesto químico. Al final del experimento con estas dos metodologías empleadas encontraron que no existe diferencia entre machos y hembras susceptibles al pyriproxifen, de igual forma para machos y hembras del grupo resistente, pero la mortalidad fue mayor con el método indirecto, acontecimiento que no esperaban. En un estudio posterior Crowder *et al.*, (2008) durante 2004 a 2007, realizaron un nuevo experimento con el insecticida pyriproxifen en el estado de Arizona, Estados Unidos con *Bemisia tabaci*, biotipo B, tomaron una colonia de la región agrícola de Yuma y otra colonia que le fue inducida resistencia en laboratorio al tóxico evaluado, así como una colonia híbrida resultado de las cruces de estas dos anteriores. Para el bioensayo con pyriproxifen, valoraron con huevos y ninfas de las respectivas colonias para las que realizaron por separado los experimentos tanto para ninfas como para huevos, emplearon nuevamente hembras y machos susceptibles, machos y hembras resistentes e híbridos de ambos grupos con la identificación de sexo del insecto de igual forma que lo realizaron en su publicación de 2007; el método utilizado fue por sumersión de plántulas de algodón por 10 segundos en las formulaciones preparadas con el pyriproxifen y encontraron que los huevos de las colonias resistentes presentaron altos valores de resistencia pero no diferencia significativa entre machos y hembras, la mortalidad para los híbridos fue mayor que en las colonias resistentes aunque tampoco diferencias significativas entre hembras y machos de la misma colonia, en cambio los resultados que obtuvieron con las ninfas, encontraron valores muy altos de las ninfas resistentes con relación a las susceptibles además de presentar diferencias de resistencia en machos y hembras. En el mismo estado de Arizona, Li *et al.*, (2003) ya

habían documentado sus resultados obtenidos en diferentes estudios realizados entre 1996 a 1999 en diferentes colonias de *B. tabaci* en cultivo de algodón con pruebas documentadas en insecticida pyriproxifen. El experimento inició al mismo tiempo que se empezó a aplicar este producto en los campos con el cultivo de algodón y todas las poblaciones evaluadas fueron susceptibles al compuesto químico. Realizaron los muestreos anualmente; conforme fueron avanzando los ensayos se fue encontrando ligeros cambios en la susceptibilidad de los insectos en los años siguientes sin llegar a ser considerados como resistentes, hasta el cuarto año de evaluaciones fue cuando aparecen datos de verdadera resistencia presentada en ocho de las 13 poblaciones evaluadas al insecticida pyriproxifen, por lo cual emiten sugerencias de emplear este insecticida solo una vez durante el ciclo del cultivo para evitar se induzca al incremento de resistencia de la plaga a este tóxico.

Un estudio más lo presentan Prahaker *et al.*, (2008) que evaluaron 12 poblaciones de campo de *B. tabaci* colectadas en 2005 y 2006 de diferentes sitios encontradas en cultivos de algodón, brócoli, melón, ornamentales y arvenses, seis del estado de California y seis del estado de Arizona, EUA, mismas que fueron evaluadas en estado de ninfas con el insecticida spiromesifen para establecer líneas base de susceptibilidad, a la vez que se compararon con tres poblaciones resistentes al insecticida imidacloprid con la finalidad de detectar resistencia cruzada; encontraron niveles bajos de resistencia en un 30 % de las poblaciones colectadas en campo, así mismo encontraron que spiromesifen fue muy tóxico contra los estados inmaduros de *B. tabaci*, además detectaron la ausencia de resistencia cruzada entre spiromesifen y los neonicotinoides comúnmente usados como imidacloprid. En un estudio que realizaron Riley y Tan, (2003) en Florida, evaluaron la resistencia que presenta *B. tabaci* al insecticida bifentrina, a su vez la influencia que puede tener el hospedero sobre el que es alimentado, para lo cual emplearon plantas de algodón, plantas de col y plantas de calabaza; sobre estas plantas alimentaron al momento

del experimento una población resistente que le fue inducida misma resistencia en laboratorio con aplicaciones mensuales con bifentrina en cultivo de algodón y una susceptible respectivamente en cada especie vegetal. Al final del experimento encontraron que en la población susceptible no se encontró resistencia a diferencia de la colonia resistente que manifestó un aumento de 915 veces mayor que la población susceptible al insecticida bifentrina, así mismo encontraron en este estudio que el hospedero también produce un efecto sobre la resistencia del insecto, por lo que registraron que moscas blancas que se alimentaron en plantas de calabaza por más de tres meses mostraron niveles de resistencia de tres a cinco veces mayores de aquellas moscas blancas que se alimentaron de plantas de col y algodón.

En la india Sethi y Dilawari, (2008) experimentaron los niveles de resistencia de los insecticidas endosulfan e imidacloprid en poblaciones de *B. tabaci* en cultivo de algodón de siete diferentes sitios muestreados, cuatro de los campos localizados en el norte del país y tres en la zona sur; los resultados documentados fueron que se presentan altos niveles de resistencia de *B. tabaci* a los insecticidas evaluados pero dentro de estos las poblaciones originarias de la zona norte reflejaron valores de resistencia aun mayores que las poblaciones colectadas en el sur de este país, mismos resultados que atribuyen al frecuente uso de estos insecticidas en los campos agrícolas con algodón en la India. Por otra parte, en Egipto, Kandil *et al.*, (2008) en su experimento de laboratorio buscaron resistencia presentada al insecticida thiamethoxam en poblaciones de *B. tabaci* alimentada en cultivo de algodón. Fue evaluado el nivel de resistencia en diferentes generaciones del insecto, las pruebas iniciaron sobre la población considerada progenitores, posteriormente se experimenta en las generaciones 3, 5, 7, 9 y 11; la proporción de resistencia se empezó a incrementar desde la tercera generación iniciando con valores de 12.47 veces mayor en comparación a una población susceptible y en la generación nueve

alcanzó cifras de 188.92 veces mayor que la misma población susceptible, pero cuando el insecticida thiamethoxam fue fortalecido su efecto con otras sustancias como butóxido de piperonilo, tricresylfosfato y dietilmaleate a concentraciones desde 10, 25 y 50 partes por millón (ppm) de estos compuestos secundarios, mismos que actúan sobre los mecanismos de defensa enzimáticos, los resultados de resistencia fueron significativamente inferiores, por lo que concluyen que puede emplearse la intensificación del insecticida thiamethoxam identificando el papel que desempeñan las enzimas metabólicas en los mecanismos de resistencia en *B. tabaci*. En Grecia, Roditakis *et al.*, (2005) experimentaron los niveles de resistencia a cipermetrina, bifentrina, endosulfan e imidacloprid en cinco poblaciones de *B. tabaci* colectadas en cultivos descubiertos tratados en algunos casos con altas cantidades de insecticidas, así como otros cultivos sin tratamiento alguno con sustancias químicas, otras muestras fueron colectadas en invernaderos con situaciones de tratamientos también diferentes. Los ensayos con los diferentes compuestos químicos fueron realizados al mismo tiempo que en una colonia susceptible, para lo cual reportaron que la colonia colectada en invernaderos de ornamentales presentó los niveles más altos de resistencia para todos los insecticidas empleados, en caso contrario documentaron que la población colectada en un cultivo de melón sin ningún tipo de tratamiento de control químico previo a la colecta de los insectos, presentó los niveles de susceptibilidad más altos de todas las poblaciones evaluadas con el mismo método del bioensayo, además de los productos empleados fue imidacloprid en el que se presentó los niveles más altos de resistencia.

Las moscas blancas (Hemíptera: Aleo-rodidae) como muchos otros organismos, poseen la gran capacidad de desarrollar resistencia a una variedad de sustancias tóxicas, pero adquirirla tiene sus respectivos costos como lo son, la reducción de la fecundidad, Incremento en el tiempo de eclosión de los huevos para dar origen a nuevos

individuos e incremento en el tiempo total de desarrollo del organismo (Baker *et al.*, 2007).

Resistencia por tipo de Insecticida

Endosulfan y dimetoato

En sudan, Ahmed *et al.*, (1987) en sus experimentos reportaron altas proporciones de resistencia al insecticida endosulfan, con números de 364^x para adultos y 5^x para ninfas; y para dimetoato una PR_{50} de 454^x y 257^x para adultos y ninfas respectivamente; y en mezclas con ambos compuestos los resultados son más satisfactorios con una PR_{50} de 10^x para adultos y 7^x para ninfas, datos muy superiores cuando los compuestos se aplican de manera separada. Por su parte, Servín-Villegas *et al.*, (2006) reportaron resistencia también para este insecticida endosulfan en Baja California Sur pero en proporciones muy inferiores a la presentada por Ahmed con una PR_{50} en 1994 de 54.1^x para la población resistente con referencia a la susceptible y para 1996 se incrementó a 68^x a una CL_{50} . A su vez, también reportaron que el endosulfan es la sustancia sobre la que encontraron las cifras más altas de resistencia del total de los compuestos evaluados. Los resultados que presentaron Roditakis *et al.*, (2005) en Grecia en 2005, en su experimento con una PR_{50} de 19^x , 24^x y 58^x para tres de las poblaciones evaluadas, demuestran que también encontraron inicios de resistencia por parte de los insectos al compuesto empleado y coincidentes con los resultados presentados por Servín-Villegas *et al.*, (2006) a diferencia de una colonia con una PR_{50} de 4.5^x , la cual fue la de mayor susceptibilidad en el momento de la realización del experimento. Los resultados que presentan Sethi y Dilawari (2008), en India, no emplearon líneas base para comparar su experimento sobre cultivo de algodón por lo que emplearon dosis discriminantes de los compuestos al 0.25 y al 1 % y encontraron también altos índices de resistencia para este producto con respaldo de los resultados en la frecuencia de aplicaciones que realizaban los agricultores sobre el cultivo.

Se puede apreciar la coincidencia de los reportes anteriores en que el insecto desarrolla resistencia al tóxico evaluado y varía solo la proporción de esta de acuerdo a la especie del cultivo en que se realizan las aplicaciones, su extensión territorial, la frecuencia con la que se aplican en campo; su precio de adquisición en el mercado es muy accesible razón por la que se facilita su uso.

Cipermetrina

En el mismo estudio que presentaron Servín-Villegas *et al.*, (2006) para cipermetrina reportaron datos de una PR_{50} de 9.07^x en 1994 y 9.54^x en 1996 para la población con mayor tolerancia al compuesto, con interpretaciones de que la susceptibilidad no se alteró durante este lapso de tiempo al momento de realizar sus experimentos. Para este mismo compuesto Aguilar-Medel *et al.*, (2007) documentan valores de PR_{50} 10.5^x para la población evaluada procedente de Baja California y 17.2^x para la población de Sinaloa considerándolas en etapas iniciales de desarrollo de resistencia al tóxico evaluado a la CL_{50} al momento del experimento, pero a la CL_{95} fueron totalmente susceptibles. Por su parte, Roditakis *et al.*, (2005) documentaron resultados con una PR_{50} de 0.05^x y 0.16^x las cuales mostraron una alta susceptibilidad a la sustancia tóxica y valores de 5.8^x para otra colonia menos vulnerable, datos inferiores a los encontrados por Aguilar-Medel *et al.*, (2007) y Servín-Villegas *et al.*, (2006), pero además una PR_{50} 11^x , para una población con un menor grado de susceptibilidad y 80^x para una población con alto nivel de resistencia comparada con las anteriores citadas en su estudio y muy superiores a los resultados obtenidos por Servín-Villegas *et al.*, (2006) y Aguilar-Medel *et al.*, (2007), para lo cual argumentó que las fluctuaciones en la susceptibilidad de los insectos en las diferentes colonias obedece a las diferencias en los tratamientos que recibieron los distintos cultivos en campo por parte de los agricultores respectivos.

Imidacloprid

Roditakis *et al.*, (2005) en Grecia, reportaron valores de PR_{50} 0.03^x para la población muy susceptible colectada en cultivo de melón libre de insecticidas, 26^x y 210^x en dos poblaciones resistentes, colectadas en invernaderos mismos que se trataron con insecticidas previos a la captura de los insectos y un nivel de resistencia mucho más elevado para otra población capturada en invernadero de ornamentales sometida a fuertes tratamientos con plaguicidas previos a su recolección, con un valor de 730 veces más resistente que la susceptible; Sethi y Dilawari (2008) en India, encontraron resistencia también al imidacloprid por parte de los insectos muestreados; en su experimento encontraron más resistencia en las poblaciones colectadas en los campos de la zona norte del país, comparadas con las poblaciones muestreadas en la zona sur; Aguilar-Medel *et al.*, (2007) encontraron resistencia en la misma proporción al imidacloprid en las dos poblaciones evaluadas de Baja California y Sinaloa con valores en la PR_{50} de 42.7^x y 42.8^x respectivamente, pero difieren considerablemente con dos de las poblaciones evaluadas por Roditakis *et al.*, (2005), aun así se considera que en las áreas muestreadas por Aguilar-Medel *et al.*, (2007), es necesario el cambio de estrategias para el control de la mosca blanca. Por su parte Gutiérrez-Olivares *et al.*, (2007) reportaron que la resistencia sí disminuye a través de las generaciones libres de presión de selección, por lo que documentaron que en la tercera generación (F3) de la población a una PR_{50} con valor de 8.1^x , son inicios de desarrollo de resistencia al compuesto, pero para las generaciones siguientes estos valores disminuyeron con números de 4.8^x , 3.5^x , y 2.4^x , en las generaciones F4, F5 y F6 respectivamente.

En conclusión, con base en los resultados encontrados para el compuesto imidacloprid, se aprecia que los valores de resistencia varían de acuerdo a la presión de selección expuesta la población estudiada previa al momento del experimento, pero además se comprueba en uno de los experimen-

tos que la resistencia es inestable a través de las generaciones cuando se encuentran libres de presión de selección, por lo que la sugerencia es que una vez que se encuentran valores con niveles de resistencia al compuesto por parte de las poblaciones evaluadas es necesario tomar otras medidas de control para evitar desequilibrios biológicos.

Thiamethoxam

Horowitz *et al.*, (2004) en dos de las tres poblaciones evaluadas, reportaron valores de resistencia mayores a 100^x en comparación a una población susceptible al compuesto thiamethoxam en cultivo de algodón, además de encontrar resistencia cruzada en sus ensayos por 12 generaciones de la población de estudio tratada con el insecticida acetamiprid, como resultado obtienen una alta resistencia al insecticida thiamethoxam con valores mayores a 500 veces más elevados que la población susceptible, Gutiérrez-Olivares *et al.*, (2007) difieren de los resultados obtenidos por Horowitz, encontraron valores para la F2 con una RR_{85} de 6.1^x , reduciéndose considerablemente para la F6 de la misma población a un valor de 2.8^x por lo que se manifiesta inestable la resistencia a este producto en ausencia de presión de selección. De acuerdo a los valores obtenidos por Aguilar-Medel *et al.*, (2007) no se encuentra resistencia a este compuesto en las dos poblaciones evaluadas por lo que difieren con los resultados de Horowitz *et al.*, (2004) y Gutiérrez-olivares *et al.*, (2007), quien reportó que la PR_{50} en la población de Baja California es de 0.8^x y 1.1^x para la población de Sinaloa, en donde se considera se puede emplear este producto para control de *B. tabaci* sin mayores problemas, en contraste con los resultados de Kandil *et al.*, (2008) después de experimentar en las diferentes generaciones de la población evaluada registraron cómo la resistencia se incrementa considerablemente cuando la población fue sometida a tratamientos con el insecticida thiamethoxam, puesto que observaron una PR_{50} en los progenitores de 0.42^x , mismos que se mostraron susceptibles al compuesto, en cambio cuando el experimento se repite a partir de la F3, los

resultados empiezan a manifestarse diferentes con valores de 12.6^x , 27.04^x , 147.22^x , 166.14^x y 188.91^x , respectivamente para las generaciones F3, F5, F7, F9 y F11, lo cual manifiesta que la aplicación continua de este insecticida induce a la creación de resistencia a través del tiempo. Por otro lado, en el mismo estudio realizado por Kandil *et al.*, (2008) documentaron que cuando el insecticida thiamethoxam se mezcla con butóxido de piperonilo, tricresylfosfato y dietilmaleate obtienen resultados con una PR_{50} de 71.9^x , 46.56^x y 69.08^x , respectivamente a una concentración de 50 ppm en la generación F6, combinación que reduce significativamente los valores de resistencia en comparación a los tratamientos realizados solo con el thiamethoxam. Por su parte Campuzano-Martínez *et al.*, (2010) registraron que las dos poblaciones evaluadas son significativamente susceptibles con valores en la PR_{50} de 1.1^x y 0.5^x , pero en la PR_{95} varían a 8.8^x y 1.9^x , respectivamente para cada población, considerada aún susceptible la población con el valor más alto, para lo que sostienen que estos resultados obedecen a la resistencia inestable presentada por los insectos al tóxico evaluado. Para el mismo insecticida thiamethoxam, Santillán-Ortega *et al.*, (2011a) mostraron valores coincidentes con los de Campuzano-Martínez *et al.*, (2010), ya que encontraron susceptibilidad tanto en hembras como mezclas de hembras y machos en las poblaciones de *B. tabaci* y *T. vaporariorum*; documentaron valores de PR_{50} de 2^x y 1.5^x para la población de *B. tabaci* y valores de 2.1^x y 1.8^x para la población de *T. vaporariorum* en donde emplearon un grupo de machos de la misma colonia y especie respectiva como población de referencia.

De acuerdo a los resultados documentados antes descritos, se puede concluir que el uso del insecticida thiamethoxam es muy efectivo cuando se emplea de manera racional y se cuida el efecto de resistencia cruzada que pueden tener otros insecticidas en su alternancia.

Acetamiprid

Horowitz *et al.*, (2004) para este compuesto documentaron que las poblacio-

nes evaluadas en Israel, presentaron susceptibilidad al insecticida acetamiprip en 2001, con un ligero incremento entre 2002 y 2003 de cinco veces mayor a este primero. Los resultados presentados por Aguilar-Medel *et al.*, (2007) son coincidentes con los de Horowitz *et al.*, (2004) al reportar una alta susceptibilidad al insecticida en las poblaciones evaluadas con valores para la PR_{50} de 1.3^x y 2.2^x para las colonias de Baja California y Sinaloa, respectivamente a pesar que en estas dos regiones agrícolas se realizan fuertes aplicaciones de insecticidas para el control de *B. tabaci*.

Bifentrina

Riley y Tan, (2003) compararon una población resistente con una población susceptible en Florida, Estados Unidos y encontraron en sus resultados que la población resistente se manifestó 915 veces menos susceptible que la población de referencia, documentaron también el efecto que puede tener el hospedero en la resistencia de los insectos y registraron valores de hasta 7.5 veces más elevados en los insectos alimentados en plantas de calabaza, en comparación a los alimentados en plantas de col y algodón, por lo que puede poseer un efecto el hospedero con la resistencia del insecto; en Los resultados que presentaron Roditakis *et al.*, (2005) en Grecia con respecto a la bifentrina, encontraron susceptibilidad en cuatro de las cinco poblaciones de *B. tabaci*, para lo cual registraron valores en la PR_{50} de 22^x , 1.8^x , 3.1^x , 1.6^x , para cada una de las muestras en donde el resultado más bajo corresponde a la colonia obtenida de los campos con cultivo de melón libre de insecticidas previas a su captura y para la colonia resistente al compuesto, misma que fue tomada en los invernaderos con ornamentales con tratamientos fuertes de insecticidas previamente a la captura de los insectos, la cual presento un valor de 23^x para la PR_{50} . Santillán-Ortega *et al.*, (2011b) en su estudio para este compuesto encontraron que no existe resistencia a la bifentrina por parte de las

colonias evaluadas, en el que documentaron valores para la PR_{50} de 1^x para la especie *T. vaporariorum* procedente de Jalisco y valores de 0.5^x , 1.9^x y 1.1^x para las diferentes poblaciones de *B. tabaci* correspondientes a los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí y Colima, respectivamente.

Se concluye que la bifentrina a pesar que tiene mucho tiempo en el mercado presenta eficacia en la mayoría de los experimentos realizados, siempre y cuando se cuide de no repetir este insecticida sin control durante la misma estación del cultivo.

Pymetrozine

En su experimento con el insecticida pymetrozine sobre *B. tabaci*, Aguilar-Medel *et al.*, (2007) encontraron resistencia a este compuesto en las dos poblaciones evaluadas con una PR_{50} de 20.2^x y 26^x para las poblaciones de Baja California y Sinaloa respectivamente, pero a una CL_{95} los insectos fueron susceptibles al tóxico con una PR_{95} de 0.7^x y 0.8^x , por lo que aún pueden ser controladas estas poblaciones con el pymetrozine. Esto se debe a que los límites fiduciales o de confianza a nivel de la CL_{95} se traslapan y se concluye que no hay diferencias de susceptibilidad entre las poblaciones comparadas, lo cual no ocurre a nivel de la CL_{50} .

Pyriproxifen

Los resultados obtenidos por Li *et al.*, (2003) al evaluar diferentes poblaciones capturadas en diversos sitios a partir de 1996 que todas las muestras fueron susceptibles al insecticida pyriproxifen; las concentraciones en las que encontraron los índices de mortalidad fueron a $0.01\mu\text{g}$ ingrediente activo (ia)/mL y $0.1\mu\text{g}$ ia/mL, reportaron que en las muestras posteriores en los años 1997 y 1998 continúan con una alta susceptibilidad pero en la evaluación de 1999, misma que fue al cuarto año de uso del insecticida, encontraron una alta resistencia al compuesto con porcentajes de mortalidad relativamente bajos en diferentes sitios con valores en una media de 42 % para una población de 13

muestras capturadas en campos con cultivo de algodón a una concentración de 0.01 µg ia/mL con registro de una población aún muy susceptible con el 100 % de mortalidad de la zona agrícola de Casas Grandes y el caso de la menos susceptible con un porcentaje de 6.5 % en población denominada Dome Valley y a la concentración de 0.1 µg ia/mL obtuvieron una mortalidad promedio de 92.4 % con un número de seis poblaciones totalmente susceptibles pero en la población denominada North Gila Valley registraron un valor de 29.7 % de mortalidad mostrándose altamente resistente a la concentración aplicada; para las 11 poblaciones colectadas en los campos de melón en temporadas de primavera obtuvieron un porcentaje de mortalidad medio de 68.7 % a la concentración de 0.01 µg ia/mL, mientras que a la concentración de 0.1 µg ia/mL, el resultado medio de mortalidad fue de 98.9 %. Para las cinco poblaciones recolectadas en los campos de melón en otoño, estos valores medios de mortalidad fueron de 30.38 % y 93.3 % para las concentraciones de 0.01 µg ia/mL y de 0.1 µg ia/mL respectivamente, en donde estas poblaciones manifestaron una mayor resistencia, no obstante, los niveles aún más altos fueron registrados en las seis poblaciones recolectadas en los diferentes invernaderos con valores medios de 9.83 % a la concentración de 0.01 µg ia/mL y 87.4 % para la concentración de 0.1 µg ia/mL, como se mencionó, todas las capturas en el estado de Arizona, Estados Unidos. Estos resultados al ser comparados con los obtenidos por Crowder *et al.*, (2007) en el mismo estado de Arizona, mediante aplicación directa, encontraron una mortalidad en huevos de *B. tabaci* tanto en hembras como en machos susceptibles de 67 %, sin diferencia entre sexos del insecto, mientras que para la población susceptible reportaron mortalidad de 9.5 % y 7.3 %, respectivamente para machos y hembras, además de reportar una mortalidad de 16.6 % para hembras híbridas entre susceptibles y resistentes; a diferencia de las aplicaciones indirectas reportaron resultados con mayor índice de mortalidad en ambos sexos con datos de 76.9 % y 87 % en machos y hembras susceptibles respectivamente y 62.2 % para hembras híbridas entre susceptibles y resistentes, y

para los insectos resistentes las proporciones fueron de 10.9 % para hembras y 8.4 % para machos, aún mayores que los obtenidos en la aplicación directa. Un año posterior Crowder *et al.*, (2008) publicaron sus resultados en donde repitieron el experimento tanto en hembras y machos de una población susceptible y otra resistente, además de una hibridación entre susceptible y resistente, para el que registran un alto nivel de resistencia en estado de huevo tanto en machos como en hembras de la población resistente con valores en la PR_{50} de 670^x y 620^x, respectivamente, así como valores de 94^x y 83^x para hembras de dos diferentes resultados de hibridación, mientras que para la población susceptible no reportaron diferencias significativas entre machos y hembras, en tanto para la mortalidad en estado de ninfa del insecto no encontraron diferencia entre sexos en la población susceptible pero en la población resistente reportaron valores para la PR_{50} de 8,100^x para machos y 110,000^x para hembras, así como de 11,000^x y 3,100^x para dos cruces diferentes entre susceptibles y resistentes.

Se puede concluir que en Arizona se tienen fuertes problemas de resistencia presentada por *B. tabaci* a la fecha de los experimentos realizados al insecticida pyriproxifen sin distinción de sitios o cultivos en donde se aplica el compuesto, con base en estos resultados, con toda seguridad ya se emplearon otras opciones para el control de esta plaga.

Spiromesifen

En el experimento realizado por Prahaker *et al.*, (2008) sobre las 12 poblaciones de campo de *B. tabaci* evaluadas encontraron ligeras diferencias. Entre las poblaciones originarias de Arizona la más sensible al tóxico fue la población recolectada en plantas arvenses a una CL_{50} de 0.211 µg ia/mL mientras que la población originaria de uno de los campos de Maricopa (Arizona) fue la menos vulnerable con una CL_{50} de 6.08 µg ia/mL, con una diferencia de 29 veces más resistente esta última con respecto a la más susceptible, otra población de Maricopa resultó también con diferencias

en la PR_{50} de 21^x comparada con la población susceptible, las otras tres poblaciones originarias de Arizona resultaron con valores menores a $1 \mu\text{g ia/mL}$ para la CL_{50} con diferencias en la PR_{50} menores a 5^x . Las poblaciones originarias de los campos de California, resultaron coincidentes en dos poblaciones con resistencia relativamente alta a la CL_{50} , una originaria de Holtville que presentó los valores más altos de resistencia al insecticida con una CL_{50} de $5.4 \mu\text{g ia/mL}$ mientras que la otra población originaria de El Centro, California, con una CL_{50} de $3.45 \mu\text{g ia/mL}$ y las cuatro restantes poblaciones con valores de la CL_{50} cercanos a $1 \mu\text{g ia/mL}$. En cuanto a las tres poblaciones resistentes, documentaron valores para la CL_{50} de 2.62, 5.16 y 6.29 con proporciones de 12.4, 24.4 y 29.8 veces más resistentes que la susceptible originaria de Arizona, por lo que no se puede argumentar que existe resistencia cruzada entre el imidacloprid y el spiromesifen ya que se encontraron cuatro de las poblaciones de campo con estos mismo niveles de resistencia al compuesto químico.

Conclusiones

Cuando las poblaciones de insectos se han sometido a la acción letal de un insecticida

específico en condiciones de campo y posteriormente su nivel de resistencia es evaluado en laboratorio mediante bioensayos, tales poblaciones manifestaran diferentes grados de susceptibilidad de acuerdo a la frecuencia de las aplicaciones siempre y cuando pertenezca al mismo grupo o compuesto con el que habían estado en contacto, pero a su vez esta resistencia no permanece estable a través de las generaciones, por consiguiente es indispensable contar con conocimiento técnico sobre el modo de acción de los insecticidas empleados para el control de esta plaga.

Para minimizar el efecto anteriormente señalado, el muestreo constante en los campos agrícolas y sus pruebas para determinar resistencia mediante bioensayos para detectar en momentos oportunos los indicios de desarrollo de esta por parte de la población plaga y tomar decisiones oportunas mediante la alternancia con otras medidas de control.

El seguimiento de la resistencia de las moscas blancas a insecticidas a través de trabajos de muestreos y obtención de líneas base en zonas agrícolas en donde el control principal se realiza mediante compuestos tóxicos, se convierte en una herramienta útil en el diseño de estrategias y técnicas de manejo de la plaga.

Literatura citada

- Aguilar-Medel S, Rodríguez-Maciél JC, Santillán-Ortega C, Lagunes-Tejeda A, Díaz-Gómez O, Martínez-Carrillo JL. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotipo B colectadas en Baja California y Sinaloa México. *Interciencia* 2007; 32: 266-269.
- Ahmed AHM, Elhag EA, Bashir NHH. Insecticide resistance in the cotton whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) in the Sudan Gezira. *Tropical pest management* 1987; 33: 67-72.
- Baker MB, Alyokhin A, Porter AH, Ferro DN, Dastur SR, Galal N. Persistence and inheritance of costs of resistance to imidacloprid in Colorado potato beetle. *Journal of economic entomology* 2007; 100: 1871-1879.
- Byrne DN, Bellows TS, Parrella MP. Whiteflies in agricultural systems. En: Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Andover Hants, Reino Unido: Gerling D. (ed) Intercept Ltd, 1990: 227-261.

- Campuzano-Martínez A, Rodríguez-Maciél JC, Lagunes-Tejeda A, Llanderal-Cázares C, Terán-Vargas AT, Vera-Graciano J. Aptitud biológica de poblaciones de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotipo b (Hemiptera: Aleyrodidae) con diferente susceptibilidad al insecticida thiametoxam. *Neotropical Entomology* 2010; 39: 430-435.
- Carapia-Ruiz VE. Taxonomía y diagnosis. En: moscas blancas: temas selectos sobre su manejo. México, D. F: Mundi Prensa México, S. A. de C.V. 2008: 7-18.
- Crowder DW, Dennehy TJ, Ellers-Kirk C, Yafuso CM, Ellsworth PC, Tabashnik BE. Field evaluation of resistance to pyriproxifen in *Bemisia tabaci* (Biotype B). *Journal of economic entomology* 2007; 100: 1650-1656.
- Crowder DW, Ellers-Kirk C, Yafuso C M, Dennehy TJ, Degain BA, Harpol VS. Inheritance of resistance to pyriproxifen in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) males and females (B biotype). *Journal of economic entomology* 2008; 101: 927-932.
- Ellsworth P, Martínez-Carrillo JL. IPM for *Bemisia tabaci*: a case of studio for North America. *Crop protection* 2001; 20: 853-869.
- French-Constant RH, Roush RT. Resistance detection and documentation: the relative roles of pesticidal and biochemical assays. En: *Pesticide resistance in arthropods*. New York, USA. Chapman and Hall. 1990: 4-38.
- Gutiérrez-Olivares M, Rodríguez-Maciél JC, Llanderal-Cázares C, Terán-Vargas AP, Lagunes-Tejeda A, Díaz-Gómez O. Estabilidad de la resistencia a neonicotinoides en *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotipo b de San Luis Potosí, México. *Agrociencia* 2007; 41: 913-920.
- Hilje LA, Morales FJ. Whitefly bioecology and management in Latin American. En: *Encyclopedia of entomology*. Springer Science, 2008: 4250-4260.
- Holguín-Peña RJ, Hernández-Montiel LG, Latisnere-Barragan H. Identificación y distribución geográfica de *Bemisia tabaci* (Gennadius) y su relación con enfermedades begomovirales en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de Baja California, México. *Rev Mex de fitopatología* 2010; 28: 58-60.
- Horowitz AR, Kotsedalov S, Ishaaya I. Dynamics of resistance to the neonicotinoids acetamiprid and thiamethoxam in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of economic entomology* 2004; 97: 2051-2056.
- Kandil MA, Saleh AY, El Dief WH, Farghaly SF. Resistance mechanisms of whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to thiamethoxam and propenofos. *Asian journal of biological Sciences* 2008; 1: 33-38.
- Li AY, Dennehy TJ, Nichols RL. Baseline susceptibility and development of resistance to pyriproxifen in *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in Arizona. *Journal of economic entomology* 2003; 96: 1307-1314.
- Morales F J. *Bemisia*: bionomics and management of a global pest. Distribution and dissemination of begomoviruses in Latin America and the Caribbean. Springer 2009.

- Ortega ALD. Mosquitas blancas (Homóptera: Aleyrodidae) vectores de virus en hortalizas. En: Manejo fitosanitario de las hortalizas en México. México D. F: Colegio de postgraduados / SARH, 1992: 20-40.
- Ortega ALD. Biología de las moscas blancas. En: moscas blancas: temas selectos sobre su manejo. México, D. F: Mundi Prensa México, S. A. de C.V. 2008(a): 1-6.
- Ortega ALD. Las arvenses y su Interacción con las moscas blancas. En: moscas blancas: temas selectos sobre su manejo. México, D. F: Mundi Prensa México, S. A. de C.V. 2008(b): 19-27.
- Ortiz M, Medina R, Valdivia R, Ortíz A, Alvarado S, Rodríguez J. Mosquitas blancas, plaga primaria de hortalizas en Nayarit. Rev Fuente 2010; 5: 31-40
- Prabhaker N, Castle SJ, Buckelew L, Toscano NC. Baseline susceptibility of *Bemisia tabaci* B biotype (Homoptera: Aleyrodidae) populations from California and Arizona to spiromesifen. Journal of economic entomology 2008; 101: 174-181.
- Riley DG, Tan W. Host plant effects on resistance to bifenthrin in silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). Journal of economic entomology 2003; 94: 1315-1321.
- Rodatakis E, Rodatakis NE, Tsagkarakou A. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Crete. Pest management science 2005; 61: 577-582.
- Santillán-Ortega C, Rodríguez-Maciél JC, López-Collados J, Díaz-Gómez O, Lagunes-Tejeda A, Martínez-Carrillo JL. Susceptibility of females and males of *Bemisia tabaci* (Gennadius) B biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) to thiamethoxam. Southwestern entomologist 2011(a); 36: 166-177.
- Santillán-Ortega C, Rodríguez-Maciél JC, López-Collados J, Díaz-Gómez O, Lagunes-Tejeda A, Martínez-Carrillo JL. Susceptibilidad base a bifentrina en poblaciones mexicanas de mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotipo B (Homoptera: Aleyrodidae). Agro-Ciencia, Revista Chilena de Ciencias Agropecuarias 2011(b); 27: 49-54.
- Servín-Villegas R, García-Hernández JL, Murillo-Amador B, TEJAS A, Martínez-Carrillo JL. Estability of insecticide resistance of silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) in the absence of selection pressure. Folia entomológica Mexicana 2006; 45: 27-34.
- Sethi A, Dilawari VK. Spectrum of insecticide resistance in whitefly from upland cotton in Indian subcontinent. Journal of Entomology 2008; 5: 138-147.
- Triplehorn CA, Johnson NF. Borror and delong's introduction to the study of insects, 7a edición. Belmont, CA: Thomson books/Cole, 2005. 318.
- Whalon ME, Mota-Sánchez D, Hollingworth RM. Analysis of global pesticide resistance in arthropods. En: Global pesticide resistance in arthropods. Winslow, Reino Unido: CAB International, 2008: 1-31
- Who. World Health Organization. Expert committee on insecticides. Who technical report series. Seventh report. Geneva, Switzerland, 1957; 125: 1-32.