

**Resistencia de *Tetranychus urticae* Koch a Oxido de fenbutatin y  
Bifenazate en los cultivos de berries**

**GABRIELA ROMERO VERDÍN**

**TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIA

PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA



**UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2012

**RESISTENCIA DE ARAÑA ROJA *Tetranychus urticae* KOCH EN EL  
CULTIVO DE BERRIES**

TESIS POR:

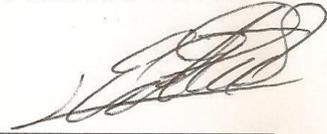
GABRIELA ROMERO VERDÍN

Elaborada bajo supervisión del Comité de Asesoría y aprobado como requisito parcial, para optar el  
grado de:

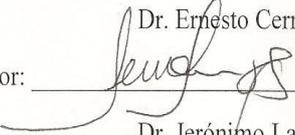
**MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

**COMITE PARTICULAR**

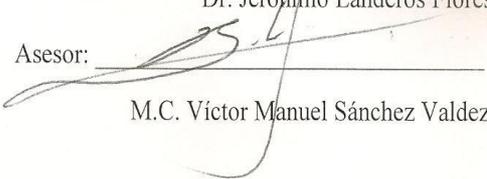
Asesor principal: \_\_\_\_\_

  
Dr. Ernesto Cerna Chávez

Asesor: \_\_\_\_\_

  
Dr. Jerónimo Landeros Flores

Asesor: \_\_\_\_\_

  
M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre 2012

## **DEDICATORIA**

A toda mi familia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.

A MIS ASESORES:

DR. ERNESTO CERNA CHAVEZ.  
DR. JERONIMO LANDEROS FLORES  
M.C. VICTOR MANUEL SANCHEZ VALDEZ  
DR. DAVID MOTA SANCHEZ

## **COMPENDIO**

### **EVALUACION DE RESISTENCIA DE TRES POBLACIONES DE *T. urticae* KOCH EN EL CULTIVO DE BERRIES**

**POR**

**GABRIELA ROMERO VERDÍN**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, FEBRERO 2012**

**Dr. Ernesto Cerna Chavez –Asesor-**

**Palabras claves:** *T. urticae*, Bifenazate, Oxido de fenbutatin, poblaciones, resistencia.

#### **RESUMEN**

Se colectaron tres poblaciones de campo de *Tetranychus urticae* en huertos comerciales de frambuesa y zarzamora en el estado de Jalisco, México que fueron comparadas con una línea susceptible de laboratorio. Las poblaciones de campo se colectaron de los ejidos Potrerillos en plantas de zarzamora; Roca Azul en plantas de frambuesa y en el ejido San Martín en plantas de frambuesa. Las poblaciones de campo se establecieron en laboratorio de Acarología de la Universidad Antonio Narro, para posteriormente realizarse una serie de bioensayos, mediante la técnica de inmersión en hoja con el propósito de determinar los niveles de resistencia en relación con la línea susceptible. Los resultados indican que las poblaciones

de campo para el producto bifenazato muestran una proporción de resistencia de 1.62, 2.88 y 1.06X para los ejidos Potrerillos, Roca Azul y San Martín respectivamente; mientras que para el producto oxido de fenbutatin los resultados fueron de 8 119X, 1083 y 5088X para los mismos ejidos.

## ABSTRACT

BY:

GABRIELA ROMERO VERDIN

MASTER OF SCIENCE

IN AGRICULTURAL PARASITOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DECEMBER 2012

**Dr. Ernesto Cerna Chávez –Advisor-**

**Keywords:** *T. urticae*, populations, resistance, bifentazate, fenbutatin oxide.

Three field populations of *Tetranychus urticae* in raspberry and blackberry crops were collected from Jalisco, Mexico and compared to a laboratory susceptible population for resistance to bifentazate and fenbutatin oxide. Leaf immersion assays were used to determine the LC50s and LC90s. The resistance ratios 50s for bifentazate were 1.62, 2.88 and 0.9-fold for populations collected in Ejido Potrerillos, Roca Azul and San Martín, respectively. In contrast, very high levels of resistance 50s to fenbutatin oxide of 8,119, 1,083 and 5,088-fold were detected for the same populations, respectively. High levels of resistance to fenbutatin oxide were also correlated with pesticide field efficacy failure.

## INDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>INDICE GENERAL</b>	I
<b>INDICE DE FIGURA</b>	X
<b>INDTRODUCCION</b>	1
<b>REVISION DE LITERATURA</b>	4
Generalidades de los Cultivos de Berries	4
Importancia Económica	5
Frambuesa ( <i>Rubus ibiscus</i> )	6
Zarzamora ( <i>Rubus fruticosus</i> )	8
Generalidades de <i>Tetranychus urticae</i>	9
Importancia económica	10
Distribución	10
Ubicación taxonómica	11
Daños	12
Morfología	13
Biología y hábitos	15
Mecanismos de dispersión	17
Control de <i>Tetranychus urticae</i>	18
Cultural	19
Legal	21
Biológico	22
Químico	24
Resistencia a plaguicidas	26

Tipos de resistencia	28
Por comportamiento	28
Morfológica	28
Fisiológica	29
Metabólica	29
No Metabólica	32
Resistencia en <i>Tetranychus urticae</i>	36
Producto y grupos químicos	38
Resistencia <i>Tetranychus urticae</i> en México	38
Resistencia <i>Tetranychus urticae</i> en el Mundo	39
Monitoreo de la resistencia	39
Bioensayo o concentración-mortalidad	41
Concentración-Diagnostico	42
<b>ARTICULO CIENTIFICO</b>	44
<b>CONCLUSIONES</b>	45
<b>LITERATURA CITADA</b>	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Figura 1. Daños causados en plantas de frambuesa (a) y Zarzamora (b) .....	13
2	Figura 2. Huvecillos de <i>Tetranychus urticae</i> .....	14
3	Figura 3. Grupo de araña roja adultos y huevos. J.F. Price and S.I. Rondon, UF/IFAS .....	16

## INTRODUCCION

*Tetranychus urticae*, la arañita de dos manchas es probablemente una de las más importantes plagas en el mundo, puede dañar los cultivos en invernaderos cuando la temperatura es suficientemente alta (40°C). Es una de las especies más importante des fitófagos en la familia Tetranychidae. Cerca de 200 especies de plantas son hospederas de *T. urticae*, incluyendo un numero de cultivos económicamente importantes como algodón, maíz, tomates y ornamentales (Jeppson *et al.*, 1975). La infestación puede reducir significativamente la fotosíntesis de las plantas y la producción de nutrientes, con frecuencia terminando por destruir las plantas. (Van Leeuwen, *et al.*, 2009).

Los acaricidas continúan jugando un rol esencial en el manejo de araña roja en cultivos de invernadero, principalmente como medida correctiva donde el control de invernaderos falla. Una de las más interesantes características de los acaricidas es la variedad de estructuras químicas y modos de acción encontrados en muchos tipos de compuestos que son tóxicos a los fitófagos. El modo de acción de los

acaricidas y la identificación de su sitio de acción fue revisado por Knowles (1997), y por Dekeyser (2005). Actualmente el IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) lista los acaricidas de acuerdo al sitio de acción del compuesto haciendo una Clasificación. Aunque el número de compuestos disponible para el control de araña puede verse amplio, en la práctica, el número de acaricidas registrados para el uso en ciertos cultivos puede ser limitado (Van Leeuwen, *et al.*, 2009).

De acuerdo a los reportes en la literatura más de 550 especies de insectos y arañas han desarrollado resistencia a uno o más clases de insecticidas o acaricidas.

El número de compuestos químicos para el control de plagas y vectores de enfermedades disminuye rápidamente (Georgiou, 1990).

La araña de dos manchas, *T. urticae* es una plaga de importancia agrícola con una distribución global. Su naturaleza fitófaga, su alto potencial de reproducción y su ciclo de vida corto facilitan el desarrollo de resistencia a muchos acaricidas frecuentemente después de pocas aplicaciones. (Cranham & Helle 1985, Keena & Granett 1990, Devine *et al.* 2001, Stumpf & Nauen, 2001).

Actualmente *T. urticae* encabeza la lista de plagas, siendo resistente el mayor número de ingrediente activos por encima de insectos plaga como *Plutella xylostella* (81),

*Myzus persicae* (73), *Leptinotarsa decemlineata* (51) y *Musca domestica* (47) (IRAC, 2011).

Dependiendo de la química y el número de aplicaciones, un alto nivel de resistencia a los acaricidas pueden desarrollar si es asociado a la resistencia cruzada. Fallas en el control químico de ácaros causada por la resistencia han sido reportados para diversos compuestos, como los organofosforados (Herron et al, 1998; Stumpf et al., 2001), carbamatos (Cranham y Helle, 1985), dicofol (Unwin, 1971, Van Leeuwen et al., 2005), compuestos orgánicos de Estaño (Goodwin et al., 1995), hexitiazox, clofentezina (Herron et al., 1993), abamectina (Campos et al., 1995; Stumpf y Nauen, 2002), bifentrina (Herron et al, 2001; Van Leeuwen et al., Tirry, 2007) y el clorfenapir (Herron y Rophail, 2003).

En México, los primeros reportes de resistencia fueron hacia productos dorados como el keltane y clorobencilato (Velasco y Pacheco, 1968), también se ha reportado resistencia a compuestos como la abamectina en el cultivo de fresa (Villegas et al., 2010).

Este fenómeno es de suma importancia, ya que se ha encontrado que insectos y ácaros son capaces de resistir los efectos tóxicos de los insecticidas y acaricidas a través de una gran variedad de mecanismos de defensa (Georghiou y Saito, 1983). En la mayoría de los casos el principal mecanismo de resistencia es a través de enzimas detoxificativas (Beeman, 1982).

Por lo que, el monitoreo de la resistencia es esencial en el manejo de insecticidas y acaricidas, es por ello, que se han desarrollado varias metodologías para detectar este fenómeno (Dennehy y Granett, 1984); tal es el caso de pruebas de concentraciones múltiples expresada en términos de concentración letal media (CL<sub>50</sub>), Por lo que, el monitoreo de la resistencia es esencial en el manejo de insecticidas siendo así uno de los procedimientos para determinar resistencia (Keidin, 1986).

Así el objetivo de la siguiente investigación es conocer la resistencia de *T. urticae* Koch a oxido de fenbutatin y bifenazate en cultivos de berries, a partir del manejo y control que realizan los productores de la zona de Jocotepec, Jalisco.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades de los cultivos de berries

La frambuesa y zarzamora, conjuntamente con el arándano y la fresa, comercialmente pertenecen al grupo de los llamados berries (bayas). Dado que en México existe escaso conocimiento de estos frutos, hay una gran confusión en sus nombres y en la sinonimia que corresponde a los nombres usados en otros países. Las “berries” comprenden especies de cuatro géneros y constituyen la mayor parte de los comúnmente llamados frutales menores. Estos géneros son: *Fragaria*, *Rubus*, *Ribes* y *Vaccinium* (Zuang, *et al.*, 1993).

El género *Rubus*, pertenece a la familia de la rosáceas y sus especies son las llamadas Brambles o Cane fruits en inglés y zarza o zarzamora en español. El género *Rubus* comprende alrededor de 500 especies distribuidas prácticamente por todo el mundo; pero las especies cultivadas por la calidad de sus frutos son tres: *R. idaeus*, *R. occidentalis*, y *R. strigosus* (Juárez y Muñoz, 1995).

Las Zarzas (Brambles) ó Bayas (Berries) son términos colectivos para varios arbustos espinosos algunos clasificados horticulturalmente como pequeños arbustos ó frutos baya. Todas la zarzas son especies de *Rubus*, un complejo grupo taxonómico que incluye la Zarzamora (Blackberry, especies Europeas y Americanas), Frambuesa (*R. idaeus*) y varios híbridos. La combinación de híbridos incluye los tipos como la *R. trivialis* (dewberry) x *R. fruticosus* (zarzamora-

blackberry) x *R. idaeus* (frambuesa-raspberry), obteniendo cruces como Frambuesas Var. Youngberry, marionberry, loganberry y tayberry. Las frambuesa incluye la frambuesa roja, frambuesa negra (*R. occidentalis* y *R. leucodermis*), y la frambuesa morada (*R. occidentalis* y *R. occidentalis*) (Folta y Gardiner, 2009).

### **Importancia Económica**

La frambuesa y zarzamora son cultivos que han ganado terreno en la producción mexicana debido a que generan alta rentabilidad en pequeñas superficies y movilizan economías locales y regionales. En 2009 México produjo 364 mil toneladas de las también llamadas “frutas finas” con un valor comercial de cinco mil 336 millones 432 pesos. En el 2009 la producción de berries se incremento en un 6.4% y un 25 % de su valor con respecto al año 2008. Las frutillas o berries presentan variadas posibilidades de industrialización y poseen propiedades benéficas para la salud: son ricos en vitaminas C y E, carbohidratos, fibras, azúcares y antioxidantes.

El valor de producción nacional de Zarzamora se incremento en un 17% en el 2009 en comparación con el año anterior. El estado de Michoacán representó el 97.2% del valor total del fruto en el 2009.

En el cultivo de Frambuesa su valor se incremento en un 42.2% en 2009. Jalisco aportó 53.9% del total y en conjunto con Michoacán y Baja California produjeron en 2009 el 97.7 % del valor total de esta frutilla (SIAP, 2010).

### **Frambuesa ( *Rubus idaeus* )**

Son frutillas convexas, deprimidas, rugosas, aproximadas en piña y que destacan fácilmente. El color más común es el rojo o amarillento. Cada fruto tiene adherido un pelo de color amarillo oro. Arbusto de 40 a 60 cm de altura que crece en los lugares pedregosos de las montañas, en terreno granítico. Tiene un tallo subterráneo, corto, que emite cada año ramas aéreas (vástagos) de dos años de duración. Éstos se desarrollan durante el primer año y en el segundo florecen y fructifican, para morir inmediatamente, siendo reemplazados por otros nuevos vástagos. En el segundo año la corteza se vuelve gris oscura, sembrados de aguijones delgados, espesos o raros y que destacan fácilmente. El tallo aéreo del año anterior posee en su extremo brotes laterales floríferos, mixtos, guarnecido de un cierto número de hojas.

### **Clima**

Las características óptimas para un buen desarrollo fisiológico y productivo del Frambueso se encuentran en zonas con rangos de 14°C y 19°C, aunque también producen a temperaturas mayores y menores a las señaladas pero con rendimientos considerablemente menores. Las lluvias en el inicio de la plantación permiten un mayor desarrollo de la fruta y mayor producción por planta. Las lluvias durante el periodo de maduración no son beneficiosas por las complicaciones que genera para

la selección, embalaje y transporte; el exceso de agua (4 ó 5 días seguidos) puede producir la muerte de la planta (SIAP, 2012).

## Clasificación

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosoideae

Tribu: Rubeae

Género: Rubus

Especie: idaeus

### **Zarzamora (*Rubus fruticosus*)**

Frutos en principio rojos que se tornan negros al madurar con sabor dulce y aromático. Es una planta arbustiva espinosa, cada fruto está compuesto de numerosos frutos dispuestos alrededor de un núcleo fibroso, existen incontables variedades de este fruto, aunque la Zarzamora común cultivada que está a la venta es generalmente dulce.

#### **Clima**

Se ha detectado creciendo, entre los 2,000 a 3,000 msnm, en suelos ácidos y profundos, aunque también llega a crecer en pedregales, en los sitios donde hay algo de suelo rico en materia orgánica. Se adapta tanto a condiciones de luz como de sombra, sin embargo en la primera condición crece con más vigor (SIAP, 2012).

#### **Clasificación**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosoideae

Tribu: Rubeae

Género: Rubus

Especie: fruticosus

### **Generalidades de *Tetranychus urticae***

Los ácaros denominados arañas rojas no constituían como amenaza en el sector agrícola a pesar de su asociación con los cultivos agrícolas desde prácticamente el inicio de la agricultura hace aproximadamente 12,000 años en registros históricos (Badii *et al.*, 2000). A medida que la agricultura se fue modernizando, una de las herramientas de fitoprotección fueron los plaguicidas en la producción intensiva de cultivos.

Los daños producidos por los ácaros tetraníquidos (*Acari: Tetranychidae*) en todo tipo de cultivos se han incrementado de forma progresiva en los últimos treinta o cuarenta años, pasando de ser considerados plagas secundarias a situarse entre los problemas más importantes de la agricultura, prácticamente en todo el mundo (Mcmurtry *et al.*, 1970; Jeppson *et al.*, 1975).

Actualmente la araña roja se encuentra presente en la mayoría de los cultivos así como en diferentes formas de producción como invernaderos y malla sombra. Cultivos de exportación con importante valor comercial se ven afectados por esta plaga ya sea el caso de fresa, zarzamoras, frambuesa y cultivos ornamentales.

### **Importancia económica**

*T. urticae*, la arañita de dos manchas es probablemente una de las más importantes plagas en el mundo, puede dañar los cultivos en invernaderos cuando la temperatura es suficientemente alta. Es una de las especies más importante de fitófagos en la familia tetranychidae. Cerca de 200 especies de plantas son hospederas de *T. urticae*, incluyendo un numero de cultivos económicamente importantes como algodón, maíz, tomates y ornamentales (Jeppson *et al.*, 1975). La infestación puede reducir significativamente la fotosíntesis de las plantas y la producción de nutrientes, con frecuencia terminando por destruir las plantas. (Van Leeuwen, *et al.*, 2009).

### Distribución

La araña de dos manchas, *T. urticae* es una plaga de importancia agrícola con una distribución global. Su naturaleza fitófaga, su alto potencial de reproducción y su ciclo de vida corto facilitan el desarrollo de resistencia a muchos acaricidas frecuentemente después de pocas aplicaciones. (Cranham & Helle 1985, Keena & Granett 1990, Devine *et al.* 2001, Stumpf & Nauen 2001).

Actualmente *T. urtica* encabeza la lista de plagas, siendo resistente el mayor número de ingrediente activos por encima de insectos plaga como *Plutella xylostella* (81), *Myzus persicae* (73), *Leptinotarsa decemlineata* (51) y *Musca domestica* (47) (IRAC, 2011).

En México ataca diferentes cultivos como fresa, zarzamora, frambuesa hasta ornamentales de importancia económica como el rosal.

#### **Ubicación taxonómica.**

De acuerdo a Krantz (1978), *T. urticae* se ubica en;

Phyllum Arthropoda  
Subphyllum Chelicerata  
Clase Acarida  
Orden Acariformes  
Suborden Prostigmata  
Superfamilia Tetranychoidae  
Familia Tetranychidae  
Subfamilia Tetranychinae  
Tribu Tetranychini  
Genero *Tetranychus*  
Especie *urticae*

## Daños

El daño causado por este ácaro es producido en el sitio de alimentación al romper la superficie de las hojas y destruir células del mesófilo (Tanigoshi y Davis, 1978).

La aparición de punteaduras o manchas amarillentas producido por la desecación de los tejidos, son los síntomas más característicos de los daños ocasionados por *T. urticae* (Cabello, 1995).

*T. urticae* se alimenta principalmente del follaje, introduciendo sus estiletes en los tejidos de la planta provocando un daño mecánico al remover el contenido celular. Esta actividad provoca manchas de color rojizo y si el daño es severo, puede provocar colapso del mesófilo dando por resultado la defoliación (Jeppson *et. al.*, 1975).



a)



b)

Figura 1. Daños causados en plantas de frambuesa (a) y Zarzamora (b).

### Morfología

Los huevecillos de *T. urticae* son de color translúcidos a opaco blanquecinos y cambian a color pardo conforme se va desarrollando el embrión. La superficie del corión es lisa con leves irregularidades y en la última etapa del desarrollo embrionario se presenta un cono respiratorio que se proyecta sobre la superficie del huevecillo (Crooker, 1985).

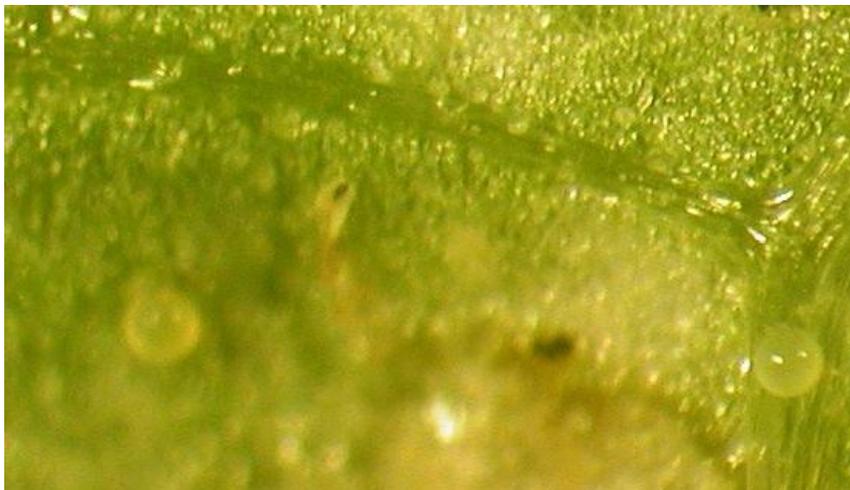


Figura 2. Huvecillos de *Tetranychus urticae*.

Morfológicamente, *T. urticae* tiene un tamaño aproximado de 0.5 mm de largo, con una forma oval con variantes en color de amarillo grisáceo a virtualmente transparente, café o rojo naranja (Fasulo y Denmark, 2000).

Las larvas son redondas y poseen tres pares de patas. Al emerger del huevo son blancas y únicamente se les notan las manchas oculares de color carmín. Conforme pasa el tiempo se toma de color verde claro y las manchas dorsales de color gris se empiezan a volver aparentes. Los peritremas tienen forma de bastón y están en posición dorsal al final de las setas propodosomales anteriores (Jeppson *et al.*, 1975).

Las larvas tienen un cuerpo redondeado y blanquecino, con un tamaño de 0,15 mm., siendo lo más característico que poseen tres pares de patas, a diferencia

de los estados intermedios entre larvas y adultos, que son las protoninfas y deutoninfas que ya poseen los cuatro pares de patas ((Malais y Ravensberg 1995).

Las hembras adultas alcanzan un tamaño de 0,5-0.6 mm. de longitud, tienen coloración variable en función del clima, substrato y edad, pudiendo ser amarillentas, verdosas, rojas, con dos manchas oscuras situadas en los laterales del dorso. Los machos tienen el cuerpo más estrecho y puntiagudo, son de colores más claros y de tamaño inferior, 0,3 mm. de longitud (Malais y Ravensberg 1995).



Figura 3. Grupo de araña roja adultos y huevos. J.F. Price and S.I. Rondon, UF/IFAS

### Bilología y Hábitos

El ciclo de *T. urticae* consiste en huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y fases adultas. El huevo se desarrolla relativamente lento a bajas temperaturas y puede su

desarrollo ser completado hasta en siete días. En estados larvales como protoninfa y deutoninfa el desarrollo puede llevarle poco más de dos semana en promedio a 20.3 °C (Laing, 1969; Donahue 1985). Cada estado ninfal se alimenta por solo un corto tiempo antes de inactivarse por un periodo donde la transformación al siguiente estado ocurre. Usualmente los individuos pasan más tiempo en las fases inactivas que en las activas. (Mitchell, 1973). *T. urticae* es una especie arrenotoka las hembras no apareadas produce solo machos y las apareadas produce hembras y machos (Potter *et al.*, 1976).

Los machos de *T. urticae* usualmente se desarrolla más rápido que las hembras. Mientras en los estados adultos no se alimentan pero activamente esta en busca de hembras en estado de deutoninfas y espera a que emerjan (Mitchell, 1973). Este comportamiento es conocido como “guarding”, es inducido parcialmente por la producción de feromonas liberadas en la parte media de la región dorsal de la hembra (Cone *et al.*, 1971).

*T. urticae*, se alimenta del contenido celular de las plantas, por lo cuál ocasiona la reducción del contenido de clorofila y daño físico al mesófilo esponjoso; además, se ha determinado que en los tejidos afectados los estomas tienden a permanecer cerrados, lo que disminuye la tasa de transpiración (Sánchez *et. al.*, 1979).

La mayoría de los ácaros se alimentan del envés de las hojas, cerca de la periferia lo que ocasiona enroscamientos de los bordes, además las hojas se observan cloróticas y en altas infestaciones se observa hilos de seda que envuelven las hojas y ramas (Vera *et al.*, 1980).

Se ha visto que los daños causados por los ácaros a las plantas debido a sus hábitos alimenticios dependen generalmente de las condiciones del medio, del estado fisiológico de la planta y de la naturaleza de las sustancias inyectadas (Jeppson *et al.*, 1975). Los tetraníquidos al alimentarse introducen sus estiletes en los tejidos de las plantas provocando un daño mecánico, el cuál consiste en la remoción del contenido celular. Los cloroplastos desaparecen y se aglutinan pequeñas cantidades de material celular coagulado, originando manchas color ámbar. Este daño es provocado como resultado de los hábitos alimenticios de los ácaros durante un período de tiempo por la actividad de altas poblaciones; sin embargo, también se ha visto que bajas poblaciones llegan a causar daño severos lo que hace suponer que durante el período de alimentación inyecten toxinas o reguladores a la planta (Jeppson *et al.*, 1975).

Se ha encontrado también que no todas las poblaciones de *T. urticae* responden con el fenómeno de diapausa al mismo fotoperiodo. Bondarenko y Kuan (citados por Van de Vrie *et al.*, 1972), reportan que las poblaciones del ácaro de dos manchas que habitan diferentes latitudes responden de diferente manera a las horas de luz. En este caso el fotoperiodo decreció una hora por cada tres grados menos en la latitud.

### Mecanismos de dispersión.

Los tetraníquidos han desarrollado algunos mecanismos que le ayudan a dispersarse y colonizar plantas ampliamente separadas y pueden servir también como mecanismos de escape de los enemigos naturales. Para Kennedy y Smitley (1985), este mecanismo es el movimiento de individuos a partir de colonias altamente pobladas, pudiendo ocurrir de las partes infestadas a las no infestadas en una misma planta o bien hacia plantas diferentes. Según Hassey y Coates (citados Kennedy y Smitley, 1985), la dispersión entre plantas en algunas especies es el resultado de la tendencia de un grupo de hembras pre-reproductivas a emigrar de las hojas en las cuales ellas se desarrollaron.

Una vez que han ovipositado, pocas hembras de *T. urticae* tienen la tendencia a colonizar hojas nuevas o al menos lo hacen en menor grado que las hembras que no han iniciado la oviposición. En el caso de invadir plantas alejadas a la colonia, esta invasión se produce al viajar hembras pre-reproductivas a través de las corrientes de aire, otra forma es a través de material vegetativo que se transporta de un lugar a otro o por los mismos trabajadores por medio de ropa o herramientas.

### **Control de *T. urticae***

Desde los inicios de la civilización el hombre ha luchado para mejorar sus condiciones de vida, con el deseo de producir los alimentos necesarios, ha combatido a las plagas que compiten por la comida. Esta idea de combatir a las plagas no es del todo nueva; por ejemplo, el Azufre fue utilizado desde el año 1000 a. de C. (Cremllyn, 1985), pasando por el verde de Paris, hasta llegar a la introducción de los compuestos orgánicos; con el desarrollo de estos se pensó que las plagas estaban destinadas a desaparecer, sin embargo, empezó a notarse que a pesar de las aplicaciones continuas; estas persistían e inclusive tendían a incrementarse (Lagunes y

Villanueva, 1994). De tal manera, el hombre tuvo que buscar diferentes métodos de control que pudieran controlar a estas plagas. A continuación se mencionan algunos de los métodos de control usados para el control de las poblaciones de ácaros.

### Control cultural

El contrarresto cultural de ácaros son aquellas que generalmente incluyen el uso de las practicas agrícolas ordinarias. Usualmente se deben de emplear mucho antes del tiempo en que el daño de las plagas resulta aparente y a veces no llaman mucho la atención del productor. Sin embargo son las mas baratas de todas las medidas de combate (Metcalf y Flint, 1976). Al respecto Knapp *et al.*(1982) trabajando con diferentes métodos de riego y su efecto sobre poblaciones de ácaros plaga en cítricos, reportan un decremento en las poblaciones de ácaros al utilizar el riego por aspersión; así mismo, obtuvieron resultados similares al realizar los riegos en menor volumen de agua pero con una mayor frecuencia, en la temporada seca del año donde se incrementan de manera notable las poblaciones de ácaros.

Por otro lado, varios autores reportan un efecto importante de la fertilización sobre las poblaciones de *T. urticae*. Como lo mencionan Henneberry y Shriver (1964), quienes trabajaron con una lineal de *T. urticae* probando diferentes concentraciones de nitrógeno sobre plantas de frijol, reportan un incremento considerable del numero de huevecillos a medida que

se incrementaba las concentraciones de nitrógeno, recomendando estos autores un cuidado especial a la fertilización nitrogenada en aquellos cultivos susceptibles al ataque de esta plaga. Sin embargo Henneberry (1964) reportó que una línea de *T. urticae* desarrollada en plantas de frijol con diferentes dosis de nitrógeno, mostraron un decremento en la resistencia hacia productos acaricidas.

En relación a las coberturas, se consideran una practica común en huertos frutales. Los costos extras de agua y nutrientes en la mayoría de las veces son amortizados por la disminución de riesgos en la presencia de malezas y plagas. Además de los beneficios de mayor captación de agua y menor evapotranspiración, así como refugio de enemigos naturales (McCoy, 1977).

Por último, la labranza de la tierra juega un papel importante en la regulación de las poblaciones de ácaros. Al realizar un barbecho del suelo ayuda a que las poblaciones de hembras invernantes se reduzcan. Así mismo, se recomienda eliminar las malezas cercanas al cultivo después de la cosecha, ya que estas actúan como hospederos alternos sobre todo si están emparentadas taxonómicamente con el cultivo. Sin embargo no es recomendable destruir las malezas colindantes durante la temporada de cultivo, ya que esto obliga a los ácaros a emigrar (Medina, 2000).

### Control legal

En los primeros días del desarrollo agrícola y comercial, en todos los países las plantas y los productos vegetales importados o exportados, no contaban

con un seguimiento relacionado a las plagas y enfermedades que podrían ser transportados con ellos. De hecho esta preocupación surgió hasta la segunda mitad del siglo XIX que se han realizado esfuerzos serios en cuanto a su legislación (Metcalf y Flint, 1976).

En lo que respecta a la arañita de dos manchas esta no se encuentra cuarentenada bajo ninguna norma fitosanitaria, sin embargo miembros de su misma familia como son las especies *Eutetranychus orientalis* Klein, *Oligonychus coffeae* (Nietner), se encuentran bajo las normas NOM-007-FITO-1995 (Requisitos Fitosanitarios para la Importación de Material Propagativo) y NOM-009-FITO-1995 (Requisitos y Especificaciones Fitosanitarias para la Importación de flor cortada y follaje fresco).

Así como especies de ácaros de importancia cuarentenaria propuestos para futuras inclusiones en normas oficiales fitosanitarias como es *Panonychus ulmi*.(Cerna *et al.*, 2005).

#### Control biológico

Este método de control se ha practicado desde hace mucho tiempo y consiste en usar a los enemigos naturales de una plaga, para así mantener sus fluctuaciones poblacionales por debajo de los umbrales económicos (Metcalf y Flint, 1976).

Los enemigos naturales son agentes muy importantes en la reducción o regulación de las poblaciones de ácaros que se alimentan de las plantas; entre los agentes mas importantes están ácaros, insectos y entomopatógenos (Jeppson *et al.*, 1975).

De acuerdo a Krantz (1971), dentro de las principales familias de ácaros predadores debe citarse a Phytoseiidae, Ascidae, Anystyidae, Cheyletidae, Bdellidae y Cunaxidae, siendo los miembros de Phytoseiidae los más importantes como depredadores de tetránquidos. Al respecto Gould (1966) y Goowin (1984), reportan que la especie *Phytoseiulus persimilis* es un predador efectivo de *T. urticae*.

Algunos reportes acerca de trabajos referente al control biológico, son el de Oatman (1977) citado por Doreste (1984), quien demostró que poblaciones de *T. urticae* en fresa podían ser reducidas significativamente con la liberación en masa de *Phytoseiulus persimilis* y *Amblyseius californicus*; ambos pertenecientes a la familia Phytoseiidae. Por otra parte Helle & Sabelis (1985), mencionan que *P. persimilis* es el depredador más usado en invernaderos para el control de *T. urticae*. Actualmente, se usa este depredador en USA, Canadá, Rusia, Japón, Israel y otros países. *P. persimilis* se emplea comercialmente sobre plantas de chile, tomate, pepino, berenjena y fresa, además sobre algunas plantas ornamentales como rosal y crisantemo para el control de *T. urticae* (Badii, *et al.*, 2000).

Oatman (1974) mencionan que en el cultivo de la fresa, la relación entre las poblaciones de ácaros predadores y presas, han contribuido a reducir la densidad de la

población de la última; además, reporta que existen siete especies de insectos predadores y varias especies de fitoseídos, principalmente *Metaseiulus occidentales* Nesbitt; estos predadores ayudan a mantener las poblaciones de *T. urticae* a un nivel bajo. Tirado (1977) señala a cuatro especies de ácaros predadores: *Amblyseius elongatus*, *Cunaxa taurus*, *Bidella mexicanus* y *B. longicornis* de varias especies de ácaros fitófagos.

Jerónimo (1980) citado por Bravo *et al.* (1989) llevo a cabo un estudio sobre la capacidad de depredación *Orius tristicolor* (white) y *O. thyestes* sobre *T. urticae*; donde observaron que la densidad poblacional de enemigos naturales por planta para mantener a las poblaciones de *T. urticae* por debajo del umbral económico es de 15 ejemplares. Un reporte anónimo (1980) citado por Bravo *et al.* (1989) señala a *hipodamia* como un buen predador ya que un solo ejemplar en estado de larva consume 500 arañas rojas.

Dentro de los insectos depredadores de *T. urticae* los escarabajos del género *Stethorus* (Coccinellidae) y los trips de seis manchas de la familia Thripidae (*Scolothrips sexmaculatus*) han ofrecido buen control de poblaciones altas de arañas rojas (Badii *et al.*, 2000).

Por otra parte, en el caso de los hongos entomopatógenos encontramos que Carner y Canerday (1968), citados por Burges y Husey (1971) observaron al hongo *Metharrizium fresinnii* y *Agistem fiehneri* parásita a

*Tetranychus spp.* Así mismo, Weiser (1968) reporta al hongo *Neozygitesfloridana*, atacando a la araña de dos manchas causando epizootias con una mortalidad hasta del 85 % en árboles frutales. Del mismo modo, Rombach y Gillespie (1988), reportan un excelente control de las especies *T. urticae* y *T. cinnabarinus* con el hongo *Hirsutella thompsonii*.

### Control químico

Este método se ha utilizado desde los inicios de la agricultura moderna, para poder competir con las plagas y enfermedades que merman a los cultivos. En el caso de la arañita de dos manchas el uso de plaguicidas es la táctica de control más utilizada.

Lo que ha generado una lucha incesante en la búsqueda de nuevas sustancias con mayor capacidad de control y que represente un menor riesgo para el hombre y su ambiente (Velasco y Pacheco, 1968).

Los productos de síntesis química utilizados para el control de los ácaros se denominan acaricidas; Este término se refiere a aquellos pesticidas los cuales son principalmente efectivos contra los miembros del orden acarina, particularmente contra ácaros fitófagos, en dosis que son ineficaces para el control de insectos. Tales acaricidas por su forma de actuar se diferencian claramente de los insecticidas, sin embargo hay algunos que presentan ambas cualidades (insecticida-acaricida) (March, 1958).

Uno de los primeros acaricidas utilizados fue la Naftalina utilizándose generalmente en invernaderos. Posteriormente bajo condiciones de campo se utilizó el Azufre y el aceite de petróleo (Velasco y Pacheco, 1968). Para el año de 1920, Jefferson *et al.* (1956), reportan el uso del sulfuro para el control de ácaros fitófagos de importancia.

A partir de 1930 se desarrollaron los dinitrofenoles, siendo los primeros acaricidas orgánicos utilizados, sin embargo, estos compuestos dejaron de ser utilizados muy rápido, debido a que presentaba problemas de fototoxicidad a las plantas (Jeppson *et al.*, 1975).

Los insecticidas organofosforados se utilizaron a partir de 1940, para el control de ácaros fitófagos, siendo el producto hexactil tetrafosfato uno de los más utilizados (Fayette, 1946). Posteriormente en la década de los cincuentas, aparecen los acaricidas Organoclorados y para la década de los sesentas aparecen los acaricidas del grupo sulfito ester, destacando de este grupo el acaricida propargite (Jeppson *et al.*, 1975).

Para la década de los setentas aparecen los acaricidas derivados de las lactonas macrocíclicas (Lasota y Dybas, 1991). Actualmente existen nuevos grupos químicos en donde se han desarrollado productos acaricidas, como son: los pirazoles y naftoquinonas (Sato *et al.*, 2004).

## Resistencia a plaguicidas

Con el desarrollo de productos de síntesis química para el combate de plagas agrícolas se pensó que estas estaban destinadas a desaparecer, sin embargo, empezó a notarse que a pesar de las aplicaciones continuas contra las plagas; estas persistían e inclusive tendían a incrementarse. Al colectar ejemplares sobrevivientes, reproducirlos y someterlos a dosis de plaguicidas supuestamente letales, se había encontrado que muchos individuos no mueren y pueden regenerar la población. A estos individuos se les considera como resistentes (Lagunes y Villanueva, 1994).

Brown (1941) definió a la resistencia, como el desarrollo de una habilidad adicional en una raza de organismos, a tolerar dosis de tóxicos que son letales para la mayoría de los individuos de una población. La resistencia es una característica hereditaria que se expresa solo en poblaciones que poseen los factores para tal resistencia, y no es posible inducirla durante la vida del organismo, ya que preexiste en su código genético (Plapp, 1976).

La resistencia se manifiesta como un fenómeno de selección en el cual sobreviven los organismos mejor adaptados (Georghiou y Saito, 1983). La resistencia ocasiona fallas en los plaguicidas y por consiguiente la pérdida de vidas humanas, fracasos en los cultivos, molestias sanitarias y salud pública. La resistencia se puede contemplar como un proceso inevitable, debido a la presión de selección continua que se

sigue ejerciendo con las aplicaciones de los plaguicidas. Este desafío debe despertar la conciencia de los relacionados al tema, para estar preparados para manejarla convenientemente. Previniendo en lo posible su desarrollo, o en el peor de los casos encauzando la resistencia hacia caminos conocidos, presionando solo algunos caminos de resistencia que puedan ser revertidos mediante el uso de otros productos o métodos de control (Brattsten, 1989).

### **Tipos de resistencia**

Georghiou (1965) clasificó a la resistencia en tres tipos: por comportamiento, morfológica y fisiológica.

#### **Resistencia por comportamiento**

Se refiere a los patrones que siguen los organismos que contribuyen a la resistencia. Estos patrones pueden ser como la preferencia en descansar en áreas no tratadas con plaguicidas, en lugar de áreas tratadas. O bien la tendencia de detectar el plaguicida y tratar de evitarlo (Carrillo, 1984). La mayoría de los casos de resistencia por comportamiento se da en aquellas especies muy hiperactivas donde pequeños cambios en cualquiera de las etapas del comportamiento provocan cambios en la interacción organismo-plaguicida.

#### **Resistencia morfológica**

Esta se presenta cuando las estructuras cuticulares (pubescencia, ceras, etc.) no permiten que el toxico penetre el integumento (Barbera, 1976). También se le conoce como mecanismo fisico de resistencia y contempla muchos casos de penetración reducida que causan resistencia.

La velocidad de penetración depende de las características moleculares del producto y de las propiedades del tegumento del organismo, las cuales varían considerablemente entre los estadios de vida y de una especie a otra. Una penetración demorada provee un mayor tiempo para la detoxificación de una dosis tomada (Brattsten *et al.*, 1986).

#### Resistencia fisiológica

La resistencia fisiológica es el tipo más importante que los insectos y ácaros adquieren. Esta puede ser por adición de un mecanismo protector (enzimas); o por la insensibilidad en el sitio de acción. A estos dos sistemas también se les denomina como mecanismos de resistencia metabólicos y mecanismos de resistencia no metabólicos (Lagunes y Villanueva, 1994).

#### Resistencia metabólica

Se refiere a que los productos pueden ser metabolizados y transformados en productos menos tóxicos. Como una consecuencia de la acción de sistemas enzimáticos presentes en los organismos. Los principales sistemas enzimáticos responsables del metabolismo de los plaguicidas son: las oxidasas microsómicas

(Wilkinson, 1983), Esterasas y Carboxiesterasas (Yasutomi, 1983) y Glutación s-transferasas (Dauterman, 1983).

El citocromo P-450 está implicado como el factor principal en muchos casos de resistencia metabólica a carbamatos y también detoxifican organofosforados, piretroides y DDT entre otros (Casida, 1970). Las oxidasas quizás son el grupo más numeroso de enzimas que actúan degradando sustancias tóxicas dentro del cuerpo de las plagas. Preferentemente metabolizan sustratos lipofílicos y los convierten en productos con una mayor solubilidad en agua (hidrofílicos) o con grupos funcionales que permiten reacciones de conjugación, facilitando así su excreción. Además, se ha comprobado que la exposición crónica de los organismos a ciertos compuestos lipofílicos puede causar la inducción de altos niveles de citocromo P-450 (Soderlund y Bloomquist, 1989).

La actividad de estas enzimas es alta en plagas fitófagas, siendo comparativamente mayor en los polífagos. Su función al oxidar compuestos xenobióticos es hacerlos atóxicos o más hidrofílicos para excretarlos más fácilmente a través de reacciones de hidroxilación aromática, desulfuración oxidativa, epoxidación, sulfoxidación y demetilación (Wilkinson, 1983).

Tienen gran importancia las Glutación s-transferasas en la detoxificación metabólica en todos los insectos y ácaros. Son conocidas por estar involucradas en

la resistencia al grupo de los organofosforados. Se clasifican de acuerdo con la reacción que catalizan como alquil, aril y epoxitransferasas (Terriere, 1984).

Las transferasas del glutatión son importantes en la detoxificación de organofosforados y proveen la forma más importante de resistencia metabólica al DDT a través de la dehidroclorinación al DDE (Brattsten *et al.*,1986; Lalah, 1995 ). Para el caso de la desactivación metabólica de la resistencia mediada por Glutatión transferasas (GST) existen menos datos. Se sabe que la reacción completa involucra la conjugación del compuesto extraño con un Glutatión reducido, seguida por una transferencia del grupo glutamato, una pérdida de glicina y finalmente una acetilación.

Un número importante de enzimas cataliza los diversos pasos en la biosíntesis del ácido mercaptúrico, y en contraste con otros procesos de conjugación más importantes, tales como la glucosidación, la formación de sulfatos, entre otros. La conjugación del glutatión no requiere una elevada cantidad de energía intermedia que involucre ATP (Dauterman, 1983).

Las carboxiesterasas poseen capacidad para metabolizar los productos cuya estructura presente ésteres carboxílicos, así como los piretroides sintéticos y naturales. Sin embargo, el grupo requiere una clasificación más amplia porque los ésteres fosfatos y carbamatos son también atacados.

En relación a las enzimas esterasas según Raymond y colaboradores (1987), las esterasas se clasifican en dependencia de la habilidad de hidrolizar los sustratos en dos tipos: A (hidrolizan preferentemente el 1-naftilacetato) y B (hidrolizan preferentemente el 2-naftilacetato). Callaghan *et al.*, (1991) mostro la correlación existente entre la elevada actividad de esterasas A y B, y la resistencia a insecticidas organofosforados. En general, la mayor parte de actividad de las esterasas es sobre la unión aril, esta acción metabólica constituye el principal mecanismo de resistencia a los OF (Lagunes y Villanueva, 1994). Este sistema de enzimas actúa sobre compuestos fosforados, carbámicos y piretroides catalizando la formación de productos hidrolizados similares a los de oxidasas (Dauterman, 1976).

#### Resistencia no metabólica

Al respecto Lagunes y Villanueva (1994) señalan que estos mecanismos no dependen del metabolismo del organismo, pero por su participación, algunos organismos son capaces de producir altos niveles de resistencia a los productos químicos.

Los principales mecanismo de resistencia no metabólicos son: resistencia al derribo (Plapp, 1976), Acetil Colincstcrasa Insensible (Hama, 1983), Insensibilidad al sitio de acción (Narahashi, 1983), Penetración reducida (Matsumura, 1983) y Excreción y mayor almacenamiento (Georghiou, 1971).

Teniendo en cuenta que la acción del plaguicida se debe a la unión perfecta del producto con el sitio de acción, cualquier alteración en éste produce cambios en la acción tóxica. La neurona transmite el impulso nervioso a lo largo del axón. En estado de reposo el medio interno es negativo respecto al externo por distintas concentraciones de iones sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ). Cuando llega el impulso nervioso cambia la permeabilidad de la membrana para permitir la entrada de  $\text{Na}^+$  y disminuir la diferencia de potencial. La membrana nerviosa recupera rápidamente su estado de equilibrio mediante un movimiento de iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  a través de canales específicos. Una simple mutación en la región del gen, confiere resistencia en el sitio blanco de acción de piretroides y DDT (Miyazaki y Ohyama, 1996).

En varios artrópodos los canales de sodio juegan un papel muy importante en el modo de acción de los análogos del DDT y los piretroides. En algunos casos, la disminución de la actividad tóxica de estos compuestos es ocasionada por un decremento en la sensibilidad neuronal debida principalmente a cambios en la estructura y función de este sitio activo (Soderlund *et al.*, 1989). El mecanismo de resistencia no metabólico llamado kdr (“Knock —Down resistanse” o “resistencia al derribo”), le confiere resistencia a la acción de parálisis rápida ocasionada por el DDT y los piretroides. El kdr está relacionado con alteraciones en las propiedades de los canales de sodio, esto se ha interpretado como una reducción en el número y la densidad de los sitios activos en la membrana neuronal (Chang y Plapp, 1983).

La enzima Acetil Colinesterasa (Ache) y la reducida sensibilidad en el sitio de acción. La Ache ha sido extensamente investigada como el mecanismo de resistencia principal a productos carbámicos y fosforados; En general, una Ache modificada es menos eficiente al hidrolizar su sustrato que una enzima normal. La alteración en los sitios activos causa una disminución en la reactividad con el inhibidor. Los estudios de inhibición sugieren que el acceso a los centros catalíticos de la enzima modificada es restringido por un cambio en su conformación (Bourgue *et al.*, 1996).

La penetración reducida como un mecanismo de resistencia es más efectiva cuando se presenta asociada con otro mecanismo (metabólica). La existencia de la penetración reducida en el sitio de acción de una especie ha sido comprobada para el insecticida eldrin, en cucarachas, desde la forma en como el producto penetra a través de varios caminos hasta poder penetrar la cutícula. La cantidad de plaguicida que finalmente entra al sistema nervioso es determinado por el equilibrio químico entre el sistema nervioso y los otros tejidos (Matsumara, 1983).

En algunos casos los organismos resistentes sobreviven a la aplicación de un producto, debido a que detoxifican mayores cantidades del producto que los organismos susceptibles que mueren por la aplicación. En otras

palabras los organismos resistentes toleran al tóxico, sin embargo, algunos de los organismos que sobreviven muestran algunos síntomas de envenenamiento, la cantidad de producto que el organismo está soportando dentro de su cuerpo podría ser suficiente para matar a los organismos susceptibles. Estas observaciones sugieren que en ciertos organismos resistentes el sitio de acción es menos sensible a los plaguicidas, que el de los organismos susceptibles (Narahasi, 1971). El sistema nervioso de los organismos resistentes ha adquirido la insensibilidad por la acción directa y continua de los plaguicidas. Esto ha sido mostrado para varios casos de resistencia a DDT, BHC, dieldrin y organofosforados (Narahasi, 1964).

Son dos posibles teorías que se pudieran tomar como modelo, para determinar la baja sensibilidad del sistema nervioso a los plaguicidas. El primero se basa en la actividad enzimática detoxificativa del sistema nervioso (Miyake *et al.*, 1957). Sin embargo muchas especies resistentes muestran una baja sensibilidad en el sitio de acción cuando un plaguicida de manera experimental es aplicado directamente en el sistema nervioso; esto es que el mecanismo metabólico detoxificador del plaguicida no será suficiente sino no esta la presencia de la insensibilidad del sistema nervioso a plaguicidas. Esto es claramente mostrado que el gen responsable de la producción de enzimas para la detoxificación de plaguicidas se encuentra ubicado en el cromosoma II y es de tipo dominante (Tsukamoto y Suzuki, 1964). La segunda teoría se basa en la incompatibilidad del plaguicida con el sitio de acción y que pudiera ser en el sistema nervioso, o más en específico, en los canales de la membrana de los nervios (Narahasi, 1971). Los posibles mecanismos incluyen la reducción del acoplo del plaguicida a la membrana del nervio, una modificación

en los canales de sodio así como la modificación de las propiedades electroquímicas de la membrana del nervio a reducir respuestas repetitivas después del potencial de acción (Narahasi, 1971).

El papel del organismo en el rol de excreción del plaguicida de su cuerpo sin ser estos metabolizados, es poco común y poca cantidad la que se llega a eliminar por este conducto, este sistema de excreción se ha reportado mas en especies como cucarachas, en donde intervienen los tubos de Malpighi que trabajan en unión con el intestino posterior (Georghiu, 1971). Durante la alimentación el organismo ingiere sustancias tóxicas, algunas de las cuales van a ser absorbidas, de tal manera que algunas especies son capaces de excretar sin metabolizarlas. La excreción de estas sustancias dependerá de su tamaño molecular, por ejemplo moléculas grandes son absorbidas por los nefrocitos en donde son desdobladas y excretadas; en cambio las moléculas chicas son excretadas directamente por los tubos de Malpighi (Georghiu, 1971).

En cuanto al almacenamiento de productos tóxicos para el organismo, esto se presenta generalmente cuando los sistemas excretores y enzimáticos, están a su máxima capacidad y el organismo a través del cuerpo graso y de la epidermis conservan los productos tóxicos dentro de su cuerpo (Georghiu, 1971).

## Resistencia en *Tetranychus urticae*

Uno de los grandes cambios en el manejo de la resistencia a plaguicidas en ecosistemas múltiples, es que un cambio en el procedimiento del control para una plaga, puede interferir con el sistema de otras plagas, provocando el desarrollo de nuevas plagas. Esto ocurrió con la araña de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch. En varios esquemas de manejo de diferentes cultivos (Pree y Wagner, 1987).

Es alarmante el número de especies que atacan a los cultivos como plagas potenciales, pero es aun más alarmante el número de especies que son reportadas cada año como resistentes, en el caso de la arañita de dos manchas uno de los primeros reportes de resistencia lo realizó Compton y Kearns en 1937, desde ese momento hasta la fecha se han realizado innumerables investigaciones tanto de la determinación de la resistencia, así como de los medios por las cuales se va adquiriendo (Pree y Wagner, 1987).

El problema de *Tetranychus urticae* como plaga de cultivos se originó a partir de la aparición de los plaguicidas de uso sintético como el DDT y más tarde con algunos insecticidas organofosforados y dorados. Por otro lado, debido a los efectos tóxicos contra los organismos no blanco como son los depredadores, contribuyó al incremento de poblaciones de *T. urticae* en una forma desmedida, provocando que esta plaga de ser secundaria pasara a los primeros planos (Jeppson et al., 1975).

Los programas de manejo químico de ácaros consistían básicamente en la aplicación de productos dorados, piretroides y organofosforados para el control de las plagas primarias de entonces, por lo que *T. urticae* presentó una rápida inducción de la resistencia hacia los productos fosforados como lo fue para el partion metílico (Lienk *et al.*, 1952; Kensler y Streu, 1967). Esto propició que las poblaciones de *T. urticae* además de incrementarse notoriamente debido a la falta de sus reguladores naturales causado este fenómeno por el uso de productos piretroides, los productos organofosforados creaban resistencia cruzada hacia otros productos acaricidas (Penman y Chapman, 1988).

Actualmente se han comercializado nuevas moléculas para el control de ácaros las cuales no están exentas de presentar problemas de resistencia para el control de *T. urticae*. Uno de los productos más conocidos y utilizados en la actualidad son las avermectinas en donde uno de los primeros reportes de resistencia lo menciona El- Banhawy y Anderson (1985) donde al someter diferentes poblaciones de *T. urticae* presentan varios rangos de resistencia al producto.

### Resistencia y grupos químicos

Dada la gran cantidad de trabajos que se han realizado con respecto a la resistencia de la araña de dos manchas, en el cuadro dos se muestra un resumen de los primeros reportes de resistencia para cada producto. La mayoría de los productos pertenecen al grupo químico de los fosforados con un 58 % del total de

los productos, seguido de productos pertenecientes al grupo químico de los dorados y misceláneos, con un 12 y 11 % respectivamente. En relación a los grupos químicos que menos productos muestran con problemas de resistencia encontramos a las lactonas macrocíclicas (1.3 %) y a las formamidinas (2.6 %).

#### Resistencia en *Tetranychus urticae* en México

En varios lugares alrededor del mundo hay reportes acerca de la resistencia de *T. urticae* incluyendo países como Australia y Estados Unidos de América. En México se han realizado trabajos donde *T. urticae* ya ha sido identificada como resistente a compuestos utilizados en zonas productoras de cultivos como fresa y ornamentales como rosas donde son una herramienta importante de control el uso de acaricidas.

#### Resistencia de *Tetranychus. urticae* en el Mundo.

Actualmente *T. urticae* se encuentra en dentro del grupo de las cinco especies resistentes a ingredientes activos en el mundo con 93 por encima de plagas como *Plutella xilostella* con 81, *Myzus persicae* con 73 y *Musca domestica* con 47 (Whalon *et al.*, 2012).

#### Monitoreo de la resistencia

Se refleja el costo de la resistencia al incrementarse las aplicaciones, dosis más las altas y uso de compuestos más caros (Guillet *et al.*, 1980). Es de considerable importancia para la gente involucrada en estudiar el fenómeno de la resistencia, en estandarizar las pruebas para varios tipos de especies de plagas así como los procedimientos para la detección de la resistencia en varias especies de importancia agrícola (Cerna *et al.*, 2005).

Con la estandarización de los métodos para determinar los niveles de resistencia de las plagas según sea su especie, se podrá tener certeza que al momento de reportar una nueva especie resistente, la investigación cumpla con los estándares determinados, para poder designar a esta nueva especie el estatus de resistencia. Por lo anterior, el monitoreo de la resistencia es esencial para el manejo de insecticidas y acaricidas, requiriéndose además de técnicas efectivas que nos detecten este fenómeno en cualquier etapa que se presente (Staezt, 1985).

Dentro de las múltiples pruebas para detectar el fenómeno de la resistencia se encuentran el bioensayo, que es un método utilizado para documentar los niveles de resistencia a plaguicidas en poblaciones de campo, en las cuales las decisiones de manejo están basadas. La detección de la resistencia en este tipo de métodos se basa en pruebas de susceptibilidad de insecticidas, que consisten de experimentos dosis- mortalidad que usualmente son realizados en laboratorio (Shah *et al.*, 2002).

Otro método de reciente introducción en la determinación de la resistencia, son las pruebas de tipo bioquímico. Estas nos sirven para determinar si los individuos presentan sitios de producción de enzimas detoxificativas alterados y la cantidad de estas enzimas (Cerna *et al.*, 2005).

Las pruebas moleculares, las cuales nos determinan dentro de las poblaciones o individuos, si poseen alelos mutantes de resistencia. Estos tres componentes son complementarios, el primero detecta la respuesta al insecticida, el segundo proporciona información concerniente a la cantidad de enzimas presentes de la resistencia y con el tercero se obtiene los mecanismos genéticos de resistencia. El uso de todos los acercamientos puede ser más preciso y mutuamente confirmatorio (Brown y Brogdon, 1987).

#### Técnica de Bioensayo o concentración-mortalidad

El bioensayo es la medición de la potencia de cualquier estímulo físico, químico, biológico, fisiológico o psicológico, por medio de las reacciones que este produce sobre la materia viva (Finney, 1971). Por su parte Hubert (1980) lo consigna como un conjunto de procedimientos en el que se determina la cantidad o fuerza de un agente o estímulo mediante la respuesta de un sujeto. Bánki (1978), señala al bioensayo como un

procedimiento experimental en el que se pretende determinar la efectividad biológica de un plaguicida.

Los programas de monitoreo de resistencia generalmente involucran comparación de las CL50 y CL90 o valores de dosis, tiempo letal. Así mismo comparan las pendientes entre poblaciones colectadas en campo o líneas de laboratorio (Twine y Reynolds, 1980). Por lo que esta técnica está basada en utilizar bioensayos con concentraciones múltiples, para producir mortalidades de 5 a 95 % en las líneas de prueba, la resistencia se expresa en términos de CL50 o CL90 de la línea resistente en relación a la línea susceptible.

Dentro de los bioensayos encontramos que hay de dos tipos, que son: El bioensayo directo, que consiste en la aplicación de una dosis única a un organismo. Involucra la medición de la cantidad exacta de tóxico que produce un determinado nivel de intoxicación en un individuo; en este tipo de pruebas la variable de interés es la dosis. Y el segundo tipo que es el bioensayo indirecto, el cual consiste en la aplicación de una dosis a una muestra representativa de la población, de manera que los resultados son atribuidos a la población de donde se extrajo la muestra (Lagunes y Villanueva, 1994).

Los métodos de aplicación de los bioensayos son de tres formas diferentes. El primero llamado de aplicación tópica, que consiste en la aplicación de una cantidad conocida del tóxico sobre el cuerpo del organismo. El segundo que es el

método de fumigación, el cual se refiere a la confinación del organismo en un contenedor cerrado donde se libera un toxico que ejerce acción toxica en su fase de vapor. Y por último, el método de exposición residual, que es donde el organismo se expone a un ambiente contaminado con cierta concentración del toxico (Lagunes y Villanueva, 199

El tipo de exposición puede realizarse mediante diversos experimentos: inmersión del organismo en soluciones del toxico, aspersion de insecticida sobre substratos o pintado de superficies con soluciones toxicas (Busvine, 1971).

#### Concentración-Diagnostico

Esta técnica es ampliamente usada a nivel mundial, involucra una comparación de la mortalidad entre líneas susceptibles y resistentes, basadas en la respuesta hacia una concentración determinada. Este método para determinar la resistencia, requiere de menos organismos que una técnica de concentraciones múltiples; al respecto Roush y Miller (1986), mencionan que las pruebas de concentración-diagnostico son rápidas, eficientes y precisas.

Las pruebas de concentración-diagnostico han sido ampliamente utilizadas, debido a su simplicidad y rapidez (Gunning *et al.*, 1984). Una concentración-diagnostico generalmente es seleccionada de una manera arbitraria (Por ejemplo, la CL90 o dos o tres veces esta), sin embargo; la selección de concentraciones muy elevadas, puede resultar

en una subestimación del nivel de resistencia, debido a que individuos resistentes de la muestra de la población en estudio pueden morir a estas concentraciones tan elevadas y enmascarar el resultado. Dennehy *et al.*, (1987), trabajaron con dos métodos de bioensayo para detectar la resistencia en ácaros, mostrando que al utilizar como concentración-diagnostico de dos a tres veces la CL90 de la población susceptible de referencia, podía matar el 98 % de la población resistente. Se considera es mejor utilizar una concentración- diagnostico que tenga un control entre el 80 y 90 % de la línea susceptible de referencia (McCutchen *et al.*, 1989).

### **Resistance of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch to fenbutatin oxide and bifenazate in berry crops**

#### **ABSTRACT**

Three field populations of *Tetranychus urticae* in raspberry and blackberry crops were collected from Jalisco, Mexico and compared to a laboratory susceptible population for resistance to bifezanate

and fenbutatin oxide. Leaf immersion assays were used to determine the LC50s and LC90s. The resistance ratios 50s for bifenazate were 1.62, 2.88 and 0.9-fold for populations collected in Ejido Potrerillos, Roca Azul and San Martin,

respectively. In contrast, very high levels of resistance 50s to fenbutatin oxide of 8,119, 1,083 and 5,088-fold were detected for the same populations, respectively. High levels of resistance to fenbutatin oxide were also correlated with pesticide field efficacy failure.

## INTRODUCTION

Raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus fruticosus* L.) are commercially important high value aggregate fruit crops. One of the principal pests of berry crops is *Tetranychus urticae*, the two-spotted spider mite. This mite is one of the most severe pests of several crops and ornamental species (Naher *et al.*, 2008). This species is associated with over 150 host plant species of high economic importance. This pest causes severe damages in the production of raspberries and blackberries in the Mexican states of Jalisco and Michoacan.

Chemical control is the most commonly used method to control the twospotted spider mite. *T. urticae* has been exposed to many insecticides and acaricides over more than seven decades. The first record of acaricide application was in the early 1930's (Georghiou and Saito, 1983). In many instances an excessive number of pesticide applications, a high number of annual mite generations, and a high turnover offspring resulted in the development of resistance (Ay and Oktay, 2005, Ail, 2006) to a great variety of chemicals (Tsagkarakou *et al.*, 2002). Currently, *T. urticae* is ranked the number one most resistant species in the world by the number of compounds that it has developed resistance (Whalon *et al.*, 2012).

Berry producers in the principal production areas of Mexico intensively used products like fenbutatin oxide and bifenazate to control mites. Fenbutatin oxide, an organotin miticide, is an inhibitor of mitochondrial ATP, and bifenazate has an unknown mode of action (IRAC, 2012). Growers spray 2 applications of each chemical per season. Resistance to fenbutatin oxide has been reported in *T. urticae* populations in Californian fruit crops (Tian *et al.*, 1992; Jacobson *et al.*, 1999) as well as in other places (Jacobson *et al.*, 1999, Whalon *et al.*, 2012). *T. urticae* also has developed resistance to bifenazate in other areas of the world (Van Leeuwen *et al.*, 2008, Khajehali, 2011, Whalon *et al.*, 2012). Based on its propensity to develop resistance, monitoring of resistance is an important activity to develop an insecticide resistance management plan.

The objective of this study was to determine if the *T. urticae* populations on raspberry and blackberry crops grown in Jalisco, Mexico have developed resistance to commonly used acaricides.

## MATERIALS AND METHODS

### Susceptible population.

The susceptible population was obtained from non-commercial raspberry and blackberry plants growing in Jocotepec, Jalisco, México. The mites were brought to the Acarology Laboratory at Antonio Narro Agrarian Autonomous University and reproduced on blackberry seedlings kept at  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , with 60 to 70% relative humidity and conditions of 12:12 light-darkness. To reduce any possible pesticide resistance in the susceptible population, mites were reared for more than 20 generations before bioassays were performed.

### **Field populations.**

Mites from commercial orchards were collected via the conventional method of procuring samples of leaves from raspberry and blackberry crops containing mites (nymphs and adults). In the collection areas, growers usually apply pesticides two to four times per season to control *T. urticae*. The first population was collected from blackberry plants in the region of Potrerillos; the second and a third populations were collected from raspberry plants in the regions of Roca Azul and San Martin, respectively. The field populations were transferred to the university, under the same host and environment conditions described for the susceptible populations.

### **Acaricides**

Two acaricides approved for berry crops and frequently used in Jocotepec, Jalisco for the control of *T. urticae* were bioassayed. The acaricides bifenazate (Acramite) (Acramite 50 WS, Chemtura Corporation México, S. de R.L. de C.V.) polvo humectable 500 g i.a. L<sup>-1</sup>) and fenbutatin oxide (Vendex) (50 WP, Dupont S.A. de C.V. 500 g i.a. L<sup>-1</sup>) were used. Compounds were diluted with distilled water and the adherent Tactic ® in proportion 1:1000 (1 mL of adherent per liter of insecticide solution or water) was added.

### **Bioassays**

To assay the acaricides, the leaf-immersion method was used (FAO, 1979). Leaves of raspberries and blackberries with at least 30 adult female mites were submerged for 5 seconds in each concentration of acaricides and placed on absorbent paper to eliminate the excess moisture. Finally, the leaves were collected on sponges saturated with water and placed in plastic trays to avoid wilting and prevent the escape of the mites. Before each bioassay, a wide range

of doses were tested to identify which doses caused 5-95% mortality (biological response window), and then seven additional concentrations plus the control were included. Four replications per acaricide concentration were performed.

Mortality was evaluated 24 hours after treatment. Mites were considered dead when they showed total immobility, showed ataxia symptoms, or were unable to walk a distance of one length of their body when they were probed with a brush.

### **Statistical analysis**

Mortality was corrected by Abbot's formula (1925). To obtain slope, standard error, LC50s, LC90s and  $\chi^2$  value the mortality data was analyzed by using the SAS Probit Analysis (Statistical Analysis System, 2002). Resistance levels were calculated by dividing the LC50 or LC90 values of field population by the LC50 or LC90 values of susceptible population.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

### **Bifenazate**

Table 1 shows how the three twospotted spider mite populations responded to bifenazate. The susceptible population had an LC<sub>50</sub> of 0.35 ppm while the values for the field populations from Potrerillo, Roca Azul and San Martin were 0.57 ppm, 1.01 ppm and 0.33 ppm, respectively. Van Leeuwen *et al.*, (2005) and Tirello *et al.*, (2012) reported LC50 values of 1.6 ppm and 0.15 ppm, respectively for a susceptible population of *T. urticae*. Resistance levels detected in mite field populations either 50s (from 1-fold to 2-fold) or 90s (from 1-fold to 3-

fold) were very low (Table 1). These results reiterate what berry growers have observed with this compound in the field—no reported incidences of pesticide field failure to bifentazate. A careful rotation of this compound is suggested to delay the resistance development in the berry production areas of Jalisco.

### Fenbutatin Oxide

The values of LC<sub>50</sub> for different populations in response to fenbutatin oxide are exhibited in Table 1. The LC<sub>50</sub> for the susceptible population was 0.013 ppm, while it was 105.55 ppm, 14.08 ppm, and 66.15 ppm for the field populations from Potrerillos Roca Azul, and San Martín, respectively.

Tian *et al.*, (1992) reported an LC<sub>50</sub> of 300 ppm for fenbutatin oxide, much higher than the LC<sub>50</sub> of the susceptible population (0.013 ppm) from this study. Perhaps different strains of mites and different methods of bioassays might result in different LC<sub>50</sub>s in mite susceptible populations. LC<sub>50</sub> values have been reported from 1,177 ppm to 10,000 ppm for mite field populations to fenbutatin (Tian *et al.*, 1992, Herron *et al.*, 1994, Van Leeuwen *et al.*, 2005). The values of this study are smaller than results reported by these authors, but this situation may be due to the method of bioassay (total immersion of mites in the acaricide solution) used in our study that exposed the whole cuticle of insect to pesticides in a very short period of time. This mite immersion method would be more likely to result in lower LC<sub>50</sub>s than leaf-dip assays where mites are transferred to treated leaves.

The LC<sub>90</sub> values of the populations from Potrerillos (4,662 ppm) and San Martín (2,224 ppm) were the highest of the compounds tested. The three field

populations showed very high resistance ratios 50s and 90s from 100-fold to 8,000-fold. Fenbutatin oxide has been used on raspberries and blackberries in Jalisco since 2003 and 2 applications a season are common. Therefore, it is not a surprise that growers also had observed pesticide field efficacy failure of fenbutatin oxide to control the two spotted spider mite.

**Table 1: Probit analysis results of immersion bioassays of acaricides in females of twospotted spider mites from Jalisco, Mexico. Tested populations: Susceptible and resistant (Potrerillos, Roca azul and San Martín). Mortality was recorded 24 h after treatment.**

Populations	n	b±SE	*LC <sub>50</sub>	(95% FL)	*LC <sub>90</sub>	(95% FL)	$\chi^2$ value	<sup>b</sup> RR <sub>50</sub>	<sup>b</sup> RR <sub>90</sub>
<b>bifenazate</b>									
Potrerillos (blackberry)	935	1.5±0.19	0.57	(0.33, 0.89)	3.78	(2.2, 8.3)	28.8	1.6	1
Roca Azul (raspberry)	553	1.2±0.12	1.01	(0.49, 1.69)	15.65	(9.2, 33.9)	14	2.8	4.2
San Martín (raspberry)	806	1.2±0.17	0.33	(0.10, -0.59)	3.79	(2.6, 5.5)	1	0.9	1
Susceptible	436	1.3±0.17	0.35	(0.14, 0.61)	3.64	(2.6, 5.1)	1.2	1	1
<b>fenbutatin oxide</b>									
Potrerillos (blackberry)	631	0.77±0.05	105.55	(78.6, 145.0)	4662	(2583, 9876)	5.4	8119	4526
Roca Azul (raspberry)	417	1.46±0.10	14.08	(11.4, 16.9)	105.8	(81, 145)	8.3	1083	102
San Martín (raspberry)	943	0.83±0.06	66.15	(49.8, 90.1)	2224	(1202, 5099)	5.7	5088	2159
Susceptible	155	0.67±0.16	0.013	(0.001, 0.08)	1.03	(0.27, 4.63)	20.7	1	1

\*Lethal concentration LC<sub>50</sub>, LC<sub>90</sub>=mg L<sup>-1</sup>.

FL Fiducial limits (95%)

<sup>b</sup>RR, Resistance ratios: RR<sub>50</sub> (90) = LC<sub>50</sub> (95) field population / LC<sub>50</sub> (90) susceptible population.

### CONCLUSION

Our results reveal that twospotted spider mites have developed resistance to conventional acaricides such as fenbutatin oxide. For this reason, growers are utilizing other acaricides with better efficacy to control the twospotted spider mite. In this case, bifentazate is the favored alternative. However, *T. urticae* has developed resistance to bifentazate in other areas of the world. Therefore, limiting the number of applications is critical to delay resistance. In addition, a search for alternatives to the conventional acaricides and the rational management of

these products continues to be crucial for the future IPM management of *T. urticae*.

## REFERENCES

- Abott, W. S. A 1925. Method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Economic Entomology*, 18: 265-267.
- Ail, C. C. 2006. Susceptibilidad y mecanismos de resistencia de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) de rosas de invernaderos del Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 88 pp.
- Ay R., Oktay G.M. 2005. Resistance to bifenthrin and Resistance mechanisms of different strains of the two-spotted spider (*Tetranychus urticae*) from Turkey. *Phytoparasitica* 33 (3): 237-244.
- FAO. 1979. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. *FAO. Plant Protection Bulletin*, 27, 29 – 32.
- Georghiou, P. G., Saito T. 1983. Resistance to pesticides. New York, USA: Plenum Press, 809 pp., 1971.
- Herron, G.A., Edge, V.E. and Rophail, J. 1994. The influence of fenbutatin oxide use on organotin resistance in two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 18: 753–755.
- IRAC 2012. IRAC MoA Classification v 7.2, February 2012. On-line at: <http://www.irac-online.org/content/uploads/MoA-classification.pdf>
- Jacobson, R.J., Croft P., Fenlon J. 1999. Response to Fenbutatin oxide in populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in UK protected crops. *Crop Protection* 18 (47-52).
- Khajehali J, Van Nieuwenhuysse P, Demaeght P, Tirry L, Van Leeuwen T. 2011. Acaricide resistance and resistance mechanisms in *Tetranychus urticae* populations from rose greenhouses in the Netherlands. *Pest Manag Sci* 67:1424–1433.
- Naher, N., Islam, M.W., Khalequzzaman, M. and Haque, M.M. 2008. Study on the developmental stages of spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) infesting country bean. *J. bio.sci.* 16: 109-114.
- Tian, T.; Grafton-Cradwell, E.; Granett, J. 1992. Resistance of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to cihexatin and fenbutatin oxide in California pears. *Journal of Economic Entomology* 85 (6): 2088-2095.
- Tirello P., Pozzebbon A., Cassanelli S., Van Leeuwen T., Duso C. 2012. Resistance to acaricides in Italian strains of *Tetranychus urticae*: toxicological and enzymatic assays. *Experimental and Applied Acarology*, 57:53–64.
- Tsagkarakou A., Pasteur N., Cuany A. 2002. Chevillon C., Navajas M. Mechanisms of resistance to organophosphates in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) from Greece. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 32 (417-424).

Van Leeuwen T, Van Pottelberge S, Tirry L. 2005. Comparative acaricide susceptibility and detoxifying enzyme activities in Weld-collected resistance and susceptible strains of *Tetranychus urticae*. Pest Management.Sci 61:499–507

<sup>2</sup>Department of Entomology. Michigan State University. 206 CIPS, MI48824. USA.

E-mail: [motasanc@msu.edu](mailto:motasanc@msu.edu)

Van Leeuwen T, Vanholme B, Van Pottelberge S, Van Nieuwenhuysse P, Nauen R, Tirry L, Denholm I. 2008. Mitochondrial heteroplasmy and the evolution of insecticide resistance: non-Mendelian inheritance in action. Proc Natl Acad Sci USA 105:5980–5985.

Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D. and Hollingworth, R.M. 2012. The Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University. On-line at: [www.pesticideresistance.org](http://www.pesticideresistance.org)

### **Acknowledgements**

The authors thank Luis Gonzalez and Javier Tabares for collection of field mite populations, and Andrea Parker for the review of the manuscript. CONACYT sponsored the master degree program of the main author.

**Romero-Verdín. G. <sup>1a</sup>, Cerna-Chavez E.<sup>1b</sup>, Mota-Sanchez D.<sup>2</sup>, Landeros-Flores J.<sup>1</sup>, Sánchez-Valdés V.M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Antonio Narro Agrarian Autonomous University. Department of Agricultural Parasitology, Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.CP. 25315.

E-mail: 1<sup>a</sup> ([gb.romero@gmail.com](mailto:gb.romero@gmail.com)), 1<sup>b</sup> ([jabaly1@yahoo.com](mailto:jabaly1@yahoo.com))

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la exposición de las poblaciones Potrerillos, Roca Azul y San Martín revelan que existe poca eficacia de productos acaricidas clásicos como el óxido de fenbutatin, que ha perdido eficacia en control de *T. urticae*, al hacer uso continuo de este acaricida en la zona, por esta razón los productores utilizan acaricidas de reciente introducción, que muestren controles adecuados, que puedan asegurar el control de la plaga. Tal es el caso del bifenazate que es una alternativa primaria para los productores. Sin embargo anteriormente se ha documentado resistencia de este acaricida, por lo que se sugiere cuidar la frecuencia de su uso en los cultivos de berries. Es por ello, que la búsqueda de alternativas a los acaricidas convencionales y un manejo racional de estos, sigue siendo crucial para el futuro control de *T. urticae*.

## LITERATURA CITADA

- Badii, H. M., E. A. Flores y W. L. Galán. 2000. Fundamentos y perspectivas del Control Biológico. Universidad Autónoma de Nuevo León. 462 p.
- Bánki, L. 1978, Bossay Of Pesticides In The Laboraty; Research And Quality Control. Akadémiai Kiadó. Budapest, Hungary. 475 p.
- Barberá, C. 1976. Pesticidas Agrícolas. 3a edición. Ed. Omega. Barcelona, España. Pp 43-45.
- Beeman, R. W. y Schmidit, B.A. 1982. Biochemical and genetic aspects of malathion specific resistance in the Indian meal moth (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 75: 945-949.
- Bourgue, D, Capela R. y Raymond M.. 1996. An insesitive acetylcholinesterase in Culex pipiens (Diptera: Culicidae) from Portugal. J Econ. Entol. 89:1060-6.
- Brattsten L. B. 1989. Insecticide resistance: Research and management: Pestic. Sci. 26:329-332.
- Brattsten L. B, C. y. Holyoke, J. R Leeper y Raffa K. F. 1986. Insecticide resistance: challenge to pest management and Basic Research. Science. 2:1255-1260.
- Bravo, M. H., Gonzáles H. H. y López C. J.. 1989. Plagas De Frutales En México. Ed. Montecillo. Colegio De Postgraduados. Pp 14-16.
- Brown, A. W. A. 1941. Insect Resistance in Arthropods. World Health Organization. Ginebra, Suiza.
- Brown, T. M. y Brogdon W. G. 1987. Improved detection of insecticide resistance through conventional and molecular techniques. Ann. Rey. Entomol. 32: 145-162.
- Burges, H. D. y Husey N. W. 1971. Microbial control of insects and mites. Academic Press. London. 861 p.
- Busvine, J. R. 1971. A Critical Review of The Techniques For Testing Insecticides. 2nd. ed. Commonwealth Agricultural Bureaux. England. 345 p.

- Cabello, T. y Barranco P.. 1995. Prácticas De Entomología Agrícola. universidad de Almería. Almería. 149 p.
- Callaghan, A., Malcolm C. A. y Hemingway D. 1991. Biochemical studies of A and B carboxylesterases from organophosphates resistant strains of an Italian *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) Pest Bio Phys; 41:198-206.
- Campos, F., Dybas R. A., y Krupa D. A. 1995. Susceptibility of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) populations in California to abamectin. J. Econ. Entomol. 88(2) : 225-231.
- Cone, W., McDonough W., Maitlen L.M., J.C. and Burdajewicz S. 1971. Pheromone studies of the twospotted spider mite. evidence of a sex pheromone. J. Econ. Entomol. 64: 355-358.
- Carrillo, R. H. 1984. Análisis de acción conjunta de insecticidas en larvas del gusano cogollero del maíz (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Tesis de maestría en ciencias. Centro de entomología y acarología. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México, 82 pp.
- Casida J E. 1970. Mixed-function oxidase involvement in the biochemistry of insecticide synergists. J Agric Food Chem;18:753.
- Cerna, E., Landeros J., E. Guerrero, Flores A. E., and Badii M. H. 2005. Enzymatic resistance detection by synergist products in a field *Tetranychus urticae* (Koch) strain (Acari: Tetranychidae). Folia Entomol. Mex. 44: 287-295.
- Chang, C.P. y Plapp F.W., 1983. DDT and Pyrethroids: receptor binding and mode of action in the house fly. Pestic. Biochem. Physiol. 20:76-91.
- Cranham J E, Helle W (1985) Pesticide resistance in Tetranychidae. In: Helle W, Sabelis MW (eds) Spider mites, their biology, natural enemies and control, volume 1B. Elsevier, Amsterdam, 458 p
- Cremlyn, R. J. 1985. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Ed. Limusa. México, pp.356.
- Crooker A. 1985. Embryonic and Juvenile Development. En, Helle W. y W. M. Sabelis Edits. Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol.1. Elsevier Sci. Publ. Co. pp 149 — 160.
- Dauterman, W. C. 1983. Role of hydrolases and glutathione S-transferases in insecticide resistance. in Georgiou G.P. and T. Saito (eds.) Pest Resistance Pesticides. Plenum Press. New York. pp. 229-247.

- Dauterman, W.C. 1976. Extramicrosomal metabolism of insecticides. In Wilkinson, C.F. (ed.) *Insecticide Biochemistry and Physiology*. Plenum Press. New York, USA. Pp 149-175.
- Dekeyser, M.A., 2005. Acaricide mode of action. *Pest Manag. Sci.* 61, 103e110.
- Dennehy TJ, Granett J (1984) Spider mite resistance to dicofol in San Joaquin Valley cotton: interand intraspecific variability in susceptibility of three species of *Tetranychus* (Acari: Tetranychidae). *J Econ Entomol* 77: 1381-1385.
- Dennehy, T. J., Grafton- Cardwell E. E., Garnett J. y Barbour. 1987. Practitioner. Assessable Bioassay for Detection of Dicofol Resístanse in Spider Mites (Acari: Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 80 (5): 998-1003.
- Donahue, D.J. 1985. Oviposition and dispersal responses of the twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to fenvalerate and permethrin residues in soybeans *Glycine max* (L) Merrill. Masters Thesis at Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Doreste, S: E. 1984. *Acarología*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Ed. Fanny de la T. San José, Costa Rica. p 210.
- El-Banhawy, E.M. y Anderson T.E. 1985. Effects of avermectin B1 and fenvalerate on the survival, reproduction, and egg viability of the twospotted spider mite *tetranychus urticae koch* (Acari: Tetranychidae) *International Journal of Acarology*, Volume 11, Issue 1.
- Fasulo, T.R. & Denmark H.A. 2000. Twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *UF/IFAS Featured Creatures EENY-150*.
- Fayette, L. J. 1946. Hexachil tetrathosfate for control of mites. *J. Econ. Entomol.* Vol.39p. 812.
- Finney, D. J. 1971. *Probit Análisis*. 3rd. Edition. Cambridge Univ. Press. Great Britain.333 p.
- Folta K.M., y Gardiner S.E.. 2009. *Genetics and Genomics of Rosaceae, Plant Genetics and Genomics: Crops and Models 6*. Springer Science-Business.
- Georghiou, G.P. 1965. Genetic studies on insecticide resistance. *Adv. Pest Control Res.* 6: 171.
- Georghiou, G.P. 1971. Resistance of insects and mites to insecticides and acaricidas and the future of pesticide chemicals. En: swift, J.E. (cd.) *Agricultura!*

Chemical Harmony or Discord for Food People and Environment. Univ. California Div. Agr. Sci. 151 p.

- Georghiou, P. G. y Saito. 1983. Resistance to pesticides. Plenum Press. New York, USA. 809 pp.
- Georghiou G P.(1990) Overview of insecticide resistance. ACS Symp Ser 421: 18–41
- Goodwin, S. 1984. Laboratory evaluation of pesticides on an Australian strain of the Chilean predatory mite, *Phytoseilulus persimilis*. *Acarology* 2: 647-654.
- Goodwin, S., Herron, G.A., Gough N., Wellham, T., Rophail, J & Parker R. (1995) Relationship between insecticideacaricide resistance and field control in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) infesting roses. *Journal of Economic Entomology* 88, 1106–1112.
- Gould, J. H. 1966. Large scale commercial control of *Tetranychus urticae* Koch on cucumbers by the predator *Phytoseilulus persimilis*. In: Proceedings of the 2m1 International Congress of Acarology.
- Guillet, P., H. Escaffre, M. Quedraogo y Quillevere. 1980. Note preliminaire sur une resístanse au temephos dans le confflexe *Simulium damosum* en cote de ibore. Geneva.
- Gunning, R. V., Easton, C. S., Greenup, L. R y Edge, V. E. 1984. Pyrethroid Resistance in *Heliothis armiger* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. *Journal of Economic Entomology*, Volume 77, pp. 1283-1287.
- Helle W. y Sabelis M.W. , edits: Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. Ia. Elsevier Sci. Publ. Co. Pp. 129- 138.
- Henneberry, T. J. y D. Shriver. 1964. Two-spotted spider mite feeding in bean leaf tissue of plants supplied various levels of nitrogen. *Jour. Econ. Entomol.* 57: 377-379.
- Herron, G.A., Edge, V.E. & Rophail, J. 1993 Clofentezine and hexythiazox resistance in *Tetranychus urticae* Koch in Australia. *Experimental and Applied Acarology* 17, 433–440.
- Herron G.A., Rophail J.1998.Tebufenpyrad (Pyranica(R)) resistance detected in two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) from apples in western Australia. *Exp Appl Acarol* 22: 633–641
- Herron G.A., Rophail J., Wilson L. J.2001.The development of bifenthrin resistance in two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) from Australian cotton *Exp Appl Acar* 25: 301–310

- Herron, G.A. & Rophail, J. 2003. First detection of chlorfenapyr (Secure) resistance in two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) from nectarines in an Australian orchard. *Experimental and Applied Acarology* 31, 131–134.
- Hubert, J. J. 1980. *Biossay*. Kendall/Hunt pub. Co. U.S.A. 164 p.
- IRAC 2012. IRAC MoA Classification v 7.2, February 2012. On-line at: <http://www.irac-online.org/content/uploads/MoA-classification.pdf>
- Jefferson, R. L., Baid J. G. y Morishita F. S. 1956. Effect of vaparn on *Rhyzoglyphus*, mites and gladiolus diseases. *J. Econ. Entorno!*. 49 (5): 548-589.
- Jeppson, L. K., Keifer H. M. y Baker E. N.. 1975. *Mites injurius to economic p!ants*. University of California Press. The Angeles, USA. 614 pp.
- Juarez D. Ma. del R. y Muñoz, R. M. 1995. *El mercado mundial de la frambuesa y zarzamora*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Knapp, J. L., Fasulo, T. R. y Tucker, D. P. 1982. The effects of different irrigation and weed management practices on mite populations in a citrus grove. *Proc. Fla. State Horticult. Soc.* 95: 47- 50.
- Keiding, J. 1986. Prediction or resistance risk assessrment. In *Pesticide Resistance*. National Academy Press. Washington D. C. pp: 279-297.
- Kennedy, G. C. y Smitley D. R.. 1985. *Dispersal en Helle W. y M. W. Sabelis*, edits: *Spider Mites Their Biology, Natural Enemies and Elsevier Science Publishing Company*. Pp 233 — 240.
- Kensler, L.D y Streu H.T. 1967. A biological and toxicological study of stain of two spotted spider mites. Department of entomology and Economic Zoology, Rutgers- New Brunswick, New Jersey. Vol 67. N°4 . pp.1073-1078.
- Krantz, G. W. 1978. *A. Manual of Acarology*. Oregon State University. Book Stores Inc. 509p.
- Lagunes, T. A. y J. A. Villanueva. 1994. *Toxicología y manejo de insecticidas*. Colegio de Postgraduados en ciencias agrícolas, México 1994. 264 p.
- Lalah J. Chien C, Motoyama I. y Dauterman WC. 1995. Glutathione S transferases: alpha-naphthyl acetate activity and possible role in insecticide resistance. *J Econ. Entomol* ;88:768-70.

- Lasota, A. J. y Dybas R. A. 1991. Avermectins, a novel class of compounds: implications for use in arthropod pest control. *Ann. Rev. Entomol.* 36: 91-117.
- Malais, M. y Ravensberg, W. J. 1995. Conocer y reconocer la biología de las plagas de invernadero y sus enemigos naturales. Koppert BV. Rotterdam. 109 p.
- March, R. B. 1958. The chemistry and action of acaricidas. *Annual Review of Entomology* 3: 355-376.
- Matsumura, F. 1983. Penetration, binding and target insensitivity as causes of resistance to chlorinated hydrocarbon insecticides. En: Georghiou, G.P. and T. Saito (eds.). *Pest Resistance to Pesticides*. Plenum Press. New York. Pp.367-386.
- Medina, W. M. 2000. *Plagas Y Enfermedades De Chiles Y Pimientos; Guía De Identificación Y Manejo*. The Chile Pepper Institute y New Mexico State University (CAHE).
- Metcalf, R. J. y Fint A. T. 1976. *Insectos destructivos e insectos benéficos*. Edit. Limusa. Barcelona, España. 980 p.
- Mitchell, R. 1973. Growth and population dynamics of a spider mite (*Tetranychus urticae* K., Acarina: Tetranychidae). *Ecology* 54 (6): 1349-1355.
- McCoy, C.W. 1977. Horticultural practices affecting phytophagous mite populations on citrus. *Proc. mt. Soc. Citricult.* 2: 459—462.
- McCutchen, B. , Plapp F. W., Nemic S. J. y Campanhola C. 1989. Development of diagnosing monitoring techniques for larval pyrethroid resistance in *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.* 82: 1502-1507.
- Miyake, S., Keams C. W., y Lipke H. 1957. Distribution of DDT- dehydrochlorinase in various tissues of DDT- resistance house flies, *J. Econ. Entomol.*, 50:359.
- Miyazaki, M., Ohyama K., Dunlap D.Y. y Matsumura F. 1996. Cloning and sequencing of the para-types sodium channel gene from susceptible and kdr-resistant German cockroaches (*Blattella germanica*) and house fly (*Musca domestica*). *Mol. Gen. Genet.* 252: 61-68.
- Narahashi, T. 1983. Resistence to insecticides due to reduced sensitivity of the nervous system. Pub. Georghiou, G.P. and T. Saito. *Pest Resistance to Pesticides*. Plenum Press. New York. pp. 333-366.
- Narahashi, T. 1964. Insecticides resistance and nerve sensitivity. *Japan. J. Med. Sci. Biol.*, 17: 46.

- Narahashi, T. 1971. Effects of insecticides on nervous conduction and synaptic transmission. In: Wilkinson, C.F. (ed.) New York. USA. pp 327-352
- Oatman, E. R. 1974. Effect of phorate on the twospotted spider mite, associated predators, and aphids on strawberry in Southern California. *Environ. Entomol.* 3(4): 624-644.
- Plapp, F.W. Jr. 1976. Biochemical Genetics of insecticide Resistance. *Ann. Rev. Entomol.* 31: 179-197.
- Penman. D.R., Chapman R.B. y Bowie M. H.. 1988. Selection for behavioral resistance in twospotted spider mite (Acari:Tetranychidae). *J. Econ. Entomol.* 81(1): *Rey. Entomol.* 31: 179-197.
- Pree, D.J. y Wagner H.W. 1987. Ocurrance of cyhexatin and dicofol resistance in the European red mite, *Panonychus ulmi* Koch in Southern Ontario. *Can. Entomol.* 119: 287-290.
- Potter, D.A., Wrensch D.L., and Johnston D.E. 1976. Guarding, aggressive behavior, and mating success in male twospotted spider mites. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 69: 707-711.
- Raymond, M., Pasteur N., Georghiou G.P., Mellon R.B, Wirth M.C. y Hawley. 1987. New detoxification esterases in organophosphate-resistant *Culex inquefasciatus* (Diptera: Culicidae) from California, USA. *J. Med Entomol.* 24:24-27.
- Rombach, M.C. y Gillespie, A.T. 1988. Entomogenous Hyphomycetes for insect and mite control on greenhouse crops. *Biocontr. News and Inform.* 9: 7-18.
- Roush, R. T. y Miller. 1986. Considerations for desing of insecticide resistance monitoring programme. *J. Econ. Entomol.* 79: 293-298.
- Sánchez, FV., Gimán J.A.W. y Ting I.P.. 1979. Morphological responses of strawberry leaves to infestations of two spotted spider mite. *J. Econ. Entomol.* 72: 710-713.
- Sato, M. T. Miyata, Silva M. D., Raga A. y Souza M. F. 2004. Selections for fenpyroximate resistance and susceptibility, and inheritance, cross- resistance and stability of fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)
- Shah, S. P. Worner y Chapman R. B.2002. Selection of a discriminationg concentration (DC) for propargite resistance detection in *Tetranychus urticae* Koch. *Pakistan J. Biol. Sci.* 5: 1074-1076.
- SIAP, 2012. SIAP - <http://www.siap.gob.mx>

- Stumpf N, Nauen R. 2001. Cross-resistance, inheritance and biochemistry of METI-acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *J Econ Entomol* 94: 1577–158
- Soderlund, D.M., Bloomquist J.R., Wong F., L.L. Payne y D.C. Knipple. 1989. Molecular neurobiology: Implications for insecticide action and resistance. *Pestic. Sci.* 26: 359-374.
- Soderlund DM, Bloomquist JR. 1989. Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. *Annu Rev. Entomol.* 34: 77–96
- Staetz, C. A. 1985. Susceptibility of *Heliothis virescens* (F) (Lepidopter: Noctuidae) to permethrin from across the cotton belt: a five years study. *J. Econ. Entomol.* 78: 505-510.
- Tanigoshi L.K. y Davis R. W. An Ultrastructural Study of *Tetranychus mcDanieli* feeding injury to the Leaves of 'Red Delicious' apple (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology*. Vol 4. Issue 1. Pag. 47-51.
- Terriere C L. 1984. Induction of detoxication enzymes in insects. *Ann Rev Entomol*; 29:71-8.
- Tirado, R. J. A. 1977. Identificación de algunos ácaros asociados con plantas ornamentales en Tenango de las Flores, Puebla. Tesis profesional. E. N. A. Chapingo, México.
- Tsukamoto, M. y Suzuki R., 1964. Genetic Analysis DDT- resistance in two strains of the house fly *Musca domestica* L. *Botyu- Kagaku*, 29:76.
- Twine, P. H. y Reynold H. T. . 1980. Relative susceptibility and resistance of the tobacco budworm to methyl parathion and synthetic pyrethroids in southern California. *J. Econ. Entomol.* 73: 239-242.
- Van Leeuwen, T., Van Pottelberge, S., Tirry, L., 2005. Comparative acaricide susceptibility and detoxifying enzyme activities in field-collected resistant and susceptible strains of *Tetranychus urticae*. *Pest Manag. Sci.* 61, 499- 507.
- Van Leeuwen T, Van Pottelberge S, Nauen R, Tirry L (2007) Organophosphate insecticides and acaricides antagonise bifenthrin toxicity through esterase inhibition in *Tetranychus urticae*. *Pest Manage Sci* 63: 1172–1177
- Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., 2009. Mechanisms of acaricide resistance in the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. In: Ishaaya, I., Horowitz, A.R. (Eds.), *Biorational Control of Arthropod Pests*. Springer, The Netherlands, pp. 347 - 393.

- Van de Vrie, J., A. McMurtry y C. B. Huffaker. 1972. Biology, ecology, and pest status and host plants relations of tetranychids en ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. *Hilgardia*. Vol. 41: 343 - 432.
- Vera, J. E. Prado y Lagunes A.1980. Ácaros fitófagos. UACH. México. 125 pp.
- Velasco H. y Pacheco F. 1968. Biología, morfología y evaluación t+oxica de acaricidas en la araña roja de la fresa *Tetranychus telarius* L. *Agrociencia*, 3 (1): 43-53.
- Villegas-Elizalde, S., Rodríguez-Maciel J. C., Anaya-Rosales S., H. Sánchez-Arroyo, J. Hernández-Morales, y Bujanos- Muñiz R.. 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia (México)* 44:75-81.
- Whalon, M.E., Mota-Sanchez, D. and Hollingworth, R.M. 2012. The Arthropod Pesticide Resistance Database. Michigan State University. On-line at: [www.pesticideresistance.org](http://www.pesticideresistance.org)
- Weiser, J. 1968. *Triplosporium tetranychii* sp.n. (Phycomycetes: Entomophthoraceae), a fungus infecting the red spider mite *Tetranychus althaeae* Hanst. *Folia Parasitol. (Prague)* 15: 115—122.
- Yasutomi, K. 1983. Role of detoxication esterases in insecticide resistance. *Pest Resistance to Pesticides*. Plenum Press. New York. pp. 249-263
- Zuang, H.; Barret, P. y Beau, C.1993. Nuevas especies frutales. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 194 pág.