

Diagnóstico del uso de insecticidas utilizados contra *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate y chile en Costa Rica

Lisbeth Araya R.¹
Elizabeth Carazo R.²
Víctor M. Cartín L.³

RESUMEN. Se entrevistaron 80 agricultores entre marzo de 1996 y febrero de 1998, en las provincias de Alajuela, Cartago, Heredia, Guanacaste y San José, Costa Rica, para determinar las prácticas agrícolas utilizadas para el combate de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en chile y tomate. El 100% de los entrevistados recurrió al combate químico; las familias de plaguicidas preferidas fueron piretroides (100%), organofosforados (87,5%), cloronicotinilos (77,5%), nereistoxinas (45,0%), carbamatos (36,2%), ciclodienos (26,2%), biológicos (22,5%) y lactonas macrocíclicas (avermectinas) (21,2%). Cuando la información se analizó por época del año se observó que durante la época seca los agricultores prefirieron utilizar productos de seis de esas familias, mientras que en la época lluviosa aplicaron productos de solamente cuatro de ellas; durante todo el año prevaleció el empleo de los cloronicotinilos, piretroides y organofosforados, en ese orden. Ninguno de los entrevistados utilizó el equipo completo de protección cuando aplicó los productos, aduciendo alto costo e incomodidad. La mayoría de los agricultores utilizó las dosis recomendadas por unidad de volumen en sus aplicaciones, algunos aplicaron dosis más bajas y otros más altas. El 53,1% de los entrevistados preparó mezclas sin aplicar criterios técnicos; además, muchos incurrieron en la sobredosificación, al mezclar productos con el mismo principio activo, pero con diferente nombre comercial, práctica que favorecería la aparición de resistencia.

Palabras clave: combate químico, manejo de plaguicidas, mosca blanca.

ABSTRACT. Pesticides used against whiteflies in tomato and bell pepper in Costa Rica. A field study on the use and management of insecticides to control whiteflies (*Bemisia tabaci*) (Gennadius) and other pests in tomato and bell peppers was conducted in the provinces of Alajuela, Cartago, Heredia, Guanacaste and San Jose, Costa Rica. A total of 80 farmers were interviewed between March 1996 and February 1998. All farmers used pesticides to control the pest. The preferred pesticides were pyrethroids (100%), organophosphates (87.5%), chloronicotinyls (77.5%), nereistoxins (45.0%), carbamates (36.2%), cyclodienes (26.2%), biological (22.5%), and avermectins (21.2%). During the dry season, the producers preferred a combination of pesticides from six of the families mentioned, while in the rainy season they used products from four of the families. None of the interviewed farmers used the complete protection equipment when applying pesticides, saying it was costly and uncomfortable. Most of the producers used the recommended dose of the product per unit of volume on their applications. Fifty-three percent of the farmers interviewed mixed up products without technical criteria, overdosing when mixing up the products with different commercial names but same active ingredient. This practice may favor the appearance of pest resistance since it submits pests to a higher selection pressure.

Key words: Chemical control, pesticide management, whiteflies.

Introducción

Las enfermedades asociadas a los geminivirus transmitidos por la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) son responsables de enormes pérdidas en numerosos

cultivos de importancia económica en las diferentes regiones geográficas del Trópico y del Subtrópico (Cubillo et al. 1994, Ramírez y Maxwell 1995, Herrera et al. 1999, Polston y Anderson 1999).

¹ Escuela de Estudios Generales y Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), Universidad de Costa Rica, **Costa Rica**. larojas@cariari.ucr.ac.cr

² Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), y Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica, **Costa Rica**. ecarazo@cariari.ucr.ac.cr

³ Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional, **Costa Rica**. vcartin@una.ac.cr

Se han descrito unas 1200 especies de moscas blancas (Homóptera: Aleyrodidae), 30 de las cuales se encuentran en América Central, el Caribe y Colombia (Hilje 1997). Los daños causados por la plaga pueden ser directos o indirectos; estos últimos son los que ocasionan los mayores problemas, debido a la transmisión de geminivirus por parte de *B. tabaci* (Hilje 1995, Salazar 1996, Herrera et al. 1999). Los virus ejercen un impacto negativo en la producción del cultivo, pues afectan los rendimientos y la calidad del fruto. Es común que al final de la cosecha la totalidad de las plantas esté infectada, aun en la estación lluviosa, cuando las poblaciones del vector son bajas (Rivas et al. 1994, Salazar 1996). Para controlar a *B. tabaci*, se recurre de forma constante a la aplicación de insecticidas, a pesar de los costos ecológicos y para la salud humana que su uso conlleva (Ortega 1998, García 1999).

La aplicación de insecticidas es la práctica más utilizada en Costa Rica para el combate de la mosca blanca; el uso indebido de los insecticidas incrementa los costos de producción y, en la mayoría de los casos, el control no es eficiente y puede fomentar el desarrollo de resistencia.

Es necesario, entonces, promover un uso racional de productos insecticidas como los cloronicotinilos, organofosforados, piretroides y otros. Las prácticas de un uso racional deben incluir aplicaciones correctas, rotación y uso de mezclas adecuadas y deben ser complementadas con otras prácticas agronómicas: época de siembra, rotación de cultivos, disposición de rastrojos, variedades resistentes, etc. (Salguero y Morales 1994).

El propósito de este trabajo fue indagar, mediante el uso de la entrevista y la observación directa en el campo, las prácticas agrícolas y los métodos utilizados para el control de la plaga, el nombre de los productos aplicados, la dosis, la frecuencia, las rotaciones preferidas, las mezclas y el uso de equipo de protección.

Materiales y métodos

El diagnóstico se realizó durante el período comprendido entre marzo de 1996 y febrero de 1998. Se visitaron las principales zonas productoras de tomate y chile de Costa Rica, en las provincias de Alajuela, Cartago, Guanacaste, Heredia y San José.

Se entrevistaron 80 agricultores, distribuidos en las cinco provincias antes mencionadas. Las principales zonas productoras se localizaron en la provincia de Alajuela, al igual que las mayores extensiones de área

cultivada (Araya et al. 2001). Se realizó una encuesta formal, de manera individual, a 80 productores escogidos al azar. La encuesta incluyó preguntas directas y preguntas abiertas, permitiéndole con ello al productor expresar su opinión sobre la problemática fitosanitaria del o los cultivos que atendía en ese momento.

Las preguntas pretendían determinar el tamaño y la tenencia de la parcela en producción, la importancia de los daños observados, y las prácticas agronómicas usadas durante todo el ciclo productivo, así como los nombres de los productos aplicados, sus dosis, frecuencia y uso de mezclas.

La información se analizó usando estadísticas descriptivas: frecuencias y porcentajes. Los resultados se presentan en conjunto para todas las zonas visitadas y parte de la información se analizó por época del año.

Resultados y discusión

Uso de insecticidas y fungicidas

Los agricultores consideran prácticamente imposible la producción de los cultivos susceptibles a *B. tabaci* sin el empleo de insecticidas, aunque experimentalmente se ha comprobado que este método de control no da resultados satisfactorios, pues aunque un insecticida logre eliminar el 90% de los huevos, ninfas y adultos de esta plaga en tomate por ejemplo, bastarían menos de 3 adultos virulentos por planta para que el cultivo sea irreversiblemente afectado; por lo tanto el uso de estos productos solo reduce el número de adultos en los campos de cultivo, y no impide que los sobrevivientes migren a otros campos aledaños (Hilje 1993, Peralta y Hilje 1993, Quirós et al. 1994, Polston y Anderson 1999, Ruiz y Aquino 1999). El historial de aplicaciones de los insecticidas usados en el control de la plaga indica que se han utilizado productos de las principales familias y sus grupos toxicológicos: carbamatos, organoclorados, organofosforados y piretroides, además de detergentes, aceites y mezclas de esos productos (Hilje 1993, Salazar 1996, Ortega 1998).

El método de combate más utilizado por los agricultores visitados en todas las zonas de estudio es el químico (Cuadro 1). Asimismo, un estudio conducido entre productores de papa y cebolla estableció que un 25% de ellos invierte un 92% del costo total de los insumos en combatir plagas y enfermedades, lo cual es posible porque los ingresos son superiores a los costos de producción (Arias 1998). Sin embargo, se ha comprobado que el uso unilateral y convencional de insecticidas es poco o

nada funcional, debido a la gran plasticidad genética de *B. tabaci*, que le confiere gran capacidad de adaptación y le permite desarrollar rápidamente altísimos niveles de resistencia (Salazar 1996, Polston y Anderson 1999, Ruiz y Aquino 1999). Por otra parte, se sabe también que bastan densidades muy bajas del vector (menores de tres adultos por planta) para que

ocurra el ataque del virus en todas las plantas de una parcela, con lo que las pérdidas pueden ser a menudo totales (Quirós et al. 1994, Salazar 1996).

Los productos utilizados se organizaron en familias y grupos toxicológicos afines (Cuadro 1). Al contabilizar los datos de frecuencia de aplicación de cada familia y grupo toxicológico, se observa que

Cuadro 1. Insecticidas y sus respectivos grupos toxicológicos utilizados por los productores de tomate y chile en Costa Rica (1996-1998)

Familia	Grupo toxicológico	Nombre genérico	Nombre comercial	N° de agricultores que lo utilizaron
Piretroides y piretrinas *	4A**			
		Deltametrina	Decis®	29
		Permetrina	Ambush® Pounce®	22
		Bifentrina	Talstar	24
		Aletrina	Pynamin	3
		Cipermetrina	Arrivo	3
		Lambdacihalotrina	Karate®	2
Organofosforados *	1B**			
Alifático, enlace P=O, 1Ba **		Metamidofós	Tamarón	36
		Diclorvós	Atla	2
		Acefato	Orthene®	10
Alifático, enlace P=S, 1Bd **		Forato	Thimet®	6
		Terbufós	Counter®	2
Con grupo carboxilo, 1Bm **		Malatión	Malatión	2
Alifático, enlace P=S, 1 Bc **		Dimetoato	Perfektion o Dantox	3
Heterocíclico, enlace P=S, 1Bl **		Diazinón	Diazinón o Basulin	3
		Clorpirifós	Lorsban®	2
Cíclicos, enlaces P=S, 1Bh **		Protiofós	Tokutión	2
Alifático, enlace P=S, 1Bb **		Etoprofós	Mocap®	1
Cloronicotinilos *	6A**			
		Imidacloprid	Confidor®	62
Nereistoxinas *	6C**			
		Cartap	Padan o Daga	21
		Tiociclán	Evisect®	15
Carbamatos *	1A**			
Alifáticos	1Aa**	Metomil	Lannate®	20
Monometílicos		Oxamil	Vydate®	8
		Aldicarb	Temik®	1
Ciclodienos*	2A**			
		Endosulfán	Thiodán®	21
Biológicos *	10A**			
<i>Bacillus</i>		<i>Bacillus</i>	Dipel®	8
<i>thuringiensis</i>		<i>thuringiensis</i>	Javelin®	4
			Thuricide®	3
			Agrobac®	1
Lactonas macrocíclicas (Avermectinas) 3A**				
		Abamectina	Vertimec®	17

* y ** Clasificación de Lagunes y Villanueva (1994) y AVCARE (AIRAC) (1999) modificada por Carazo y Monge (2003), respectivamente.

Cuadro 2. Familias de plaguicidas más utilizadas por los agricultores de las zonas de estudio, durante el período de marzo de 1996 a febrero de 1998

Insecticidas	No. de agricultores que los utilizan		Fungicidas	No. de agricultores que los utilizan	
	No. de agricultores que los utilizan	%		No. de agricultores que los utilizan	%
Piretroides	80	100	Carbamatos	33	41,8
Organofosforados	70	87,5	Flatamidas	18	22,8
Cloronicotinilos	62	77,5	Carbamatos en mezclas	11	13,9
Neresistoxinas	36	45,0	Benzimidazoles	8	10,1
Carbamatos	29	36,2	Cúpicos	8	10,1
Ciclodienos	21	26,2	Organoclorados	5	6,3
<i>Bacillus thuringiensis</i>	18	22,5	Acetamidas; urea	5	6,3
Lactonas macrocíclicas	17	21,2			

son los piretroides los más utilizados por los agricultores en ambos cultivos (100% de la muestra), seguidos por los organofosforados (87,5%), los cloronicotinilos (77,5%), las nereistoxinas (45,0%), los carbamatos (33,2%), los ciclodienos (26,2%), *Bacillus thuringiensis* (22,5%) y las lactonas macrocíclicas (21,2%) (Cuadro 2).

Quirós et al. (1994) reportan que en dos regiones productoras de tomate, Grecia y Valverde Vega, donde se genera el 60% de la producción nacional total, las preferencias aparecen en el siguiente orden: carbamatos, organofosforados, organoclorados y piretroides. Es evidente que en el lapso transcurrido desde la publicación de ese estudio hasta las entrevistas de éste, los productos reportados podrían haber perdido efectividad y los agricultores han debido buscar nuevos productos, como el imidacloprid, que resultó altamente efectivo, de ahí que se ubique en segundo lugar. Los piretroides, que antes estaban en el cuarto sitio y no habían sido tan usados, continúan dando buenos resultados y, ahora, se ubican en el primer lugar, pero los carbamatos descienden al quinto puesto. Los biológicos (*Bt*) son utilizados para controlar plagas de lepidópteros. Otra explicación posible para ese cambio en el empleo de los insecticidas obedece a una mayor preocupación por parte de los agricultores acerca de los daños ambientales y sobre la salud humana que pueden causar esos productos, lo que podría hacerlos más cuidadosos a la hora de elegir. El cambio se relaciona también con la posibilidad de exportar sus hortalizas, en cuyo caso los controles sanitarios de los destinos son más rígidos y ello los obliga a utilizar insecticidas de descomposición rápida, para que no presenten residuos que los hagan perder el embarque.

De cada uno de estos grupos o familias, los productores emplean uno o varios productos (Cuadro 2). El preferido es un cloronicotilo, el imidacloprid, producto de reciente introducción en el mercado (Cubillo et al. 1994, Polston y Anderson 1999) y distribuido comercialmente como Confidor® y Gaucho®. El 77,5% de los agricultores entrevistados reportan su uso, lo cual es preocupante, ya que la posible sobredosificación y la alta frecuencia con que lo aplican (4 o 5 veces por ciclo productivo) lo pone en riesgo de ineffectividad por resistencia del organismo plaga; recientemente, se informó de la aparición de resistencia a ese producto de mosca blanca en España (Polston y Anderson 1999).

El producto que ocupa el segundo lugar es el metamidofós; pertenece a la familia de los organofosforados y es reportado por un 45% de los productores. Es importante poner atención a este producto, ya que por su naturaleza química se considera peligroso, pues es muy tóxico para vertebrados e invertebrados.

Los siguientes tres productos en orden de preferencia son todos piretroides: la deltametrina (36,2%), la bifentrina (30,0%) y la permetrina (27,5%). Los siguen el ciclodieno, endosulfán y la nereistoxina, cartap (26,2%), el carbamato, metomil (25,0%) y la lactona macrocíclica, abamectina (21,2%). Estos resultados evidencian el uso de una mayor variedad de insecticidas en cada ciclo del cultivo, aparejado al aumento y la frecuencia en el empleo que de ellos hacen los agricultores. El abuso en que incurren a la hora de aplicarlos puede volverlos ineficientes, como indican Quirós et al. (1995) que ha ocurrido con el ciclodieno endosulfán. Los restantes insecticidas utilizados por los productores se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Nombres comerciales de los insecticidas y fungicidas más aplicados por los agricultores de chile y tomate en Costa Rica (marzo de 1996 a febrero de 1998)

Insecticidas	No. de agricultores que los utilizan		Fungicidas	No. de agricultores que los utilizan	
		%			%
Confidor® o Gaucho®	62	77,5	Daconil® o Romyl	16	20,2
Tamarón	36	45,0	Antracol®	13	16,5
Decis®	29	36,5	Dithane® M22	12	15,2
Talstar®	24	30,0	Acrobat®	8	10,1
Ambush® o Pounce®	22	27,5	Dithane® M45	6	7,6
Thiodan®	21	26,2	Cursate	5	6,3
Padan o Daga	21	26,2	Benlate®	5	6,3
Lannate®	20	25,0	Ridomyl	5	6,3
Vertimec®	17	21,2	Cuproxal	4	5,0
Evisect®	15	18,7	Kocide® o Cupravit	4	5,0
Orthene®	10	12,5	Orthocide	4	5,0
DipeI®	8	10,0			
Vydate®	8	10,0			

Los insecticidas pueden reducir sustancialmente la cantidad de adultos presentes en un momento dado. Un ejemplo de esto es el uso del endosulfán, que resulta eficaz como insecticida contra *B. tabaci*, pues causa alta mortalidad hasta por 48 horas. En un estudio de 1994 este producto, junto con la bifentrina y el imidacloprid, obtuvieron entre 80 y 97% de reducción de los adultos respecto del testigo, lo que corrobora su eficacia (Cubillo et al. 1994, 1999), pero no evitan la reinvasión posterior, sea porque los insectos han desarrollado resistencia o porque ocurre una afluencia continua y masiva de adultos desde campos cercanos; tampoco evita la diseminación generalizada de la virosis (Hilje 1993).

Se ha observado que en una plaga como *B. tabaci*, con un alto potencial reproductivo, la evolución de la resistencia es más rápida, ya que puede tolerar una presión de selección intensa. Al evaluar el impacto de algunos insecticidas, como los piretroides, se encontró que incrementan la capacidad del insecto para depositar huevos y reducen el período de incubación y la longevidad de los adultos; por tanto, se altera la relación sexual en favor de las hembras, lo que lleva a un incremento de la población en un corto período de tiempo (Ortega 1998). Por eso, se deben rotar los productos de las diferentes familias para evitar o retardar la resistencia de la plaga a un grupo toxicológico específico (Salazar 1996).

El análisis de los plaguicidas que los agricultores aplican durante todo el ciclo productivo, según sea la época del año en la que establecen sus cultivos, indica que durante ambos períodos, seco y lluvioso, los productores usan el cloronicotinilo (Confidor®), seguido por

los piretroides (Decis®, Ambush® y Tastar®), los cuales alternan con otros insecticidas según la época. Durante la época seca, cuando se incrementan las poblaciones de *B. tabaci*, los agricultores utilizan un mayor número de insecticidas para combatir la plaga. El rango se extiende de 1 a 10 productos diferentes agrupados en seis familias; en la época lluviosa, cuando las poblaciones del insecto se reducen, emplean seis insecticidas distribuidos en cuatro familias (Cuadro 4). Por lo tanto, la posibilidad de realizar rotaciones en forma efectiva y con ello evitar la presión de selección se reduce.

Los daños ocasionados por este insecto promueven el uso intensivo de insecticidas, provocando graves desequilibrios en los agroecosistemas y la aparición de estirpes resistentes (Ortega 1998). Para minimizar estos problemas, se recomienda la rotación de los productos químicos, evitar las mezclas, usar productos de origen biológico, aplicar aceites vegetales (Bonilla 1993) y, por supuesto, intensificar los estudios o investigaciones en control biológico.

De los fungicidas utilizados por los entrevistados, los carbamatos son el grupo preferido por los agricultores (41,8%). Un 13,9% prefiere estos mismos productos pero en mezclas. Las flatamidas ocupan el segundo lugar (22,8%), seguidas por un benzimidazol y los cúpricos (10,1%). El resto de los productos se emplean en porcentajes menores (6,3%) (Cuadro 2).

Cuando se analizan los datos de los productos individualmente, el orden de los fungicidas aplicados cambia. El clorotalonil (Daconil® o Romyl®) es el más empleado por los entrevistados (20,2%), seguido por

Cuadro 4. Familias de los insecticidas, con sus respectivos productos, preferidas por los agricultores de Chile y tomate de Costa Rica según la estación del año (marzo de 1996 a febrero de 1998)

Familias usadas en época seca	Familias usadas en época lluviosa
Cloronicotinilos	Cloronicotinilos
Confidor® (imidacloprid)	Confidor® (imidacloprid)
Piretroides	Piretroides
Decis® (deltametrina), Ambush® (permetrina) y Talstar® (bifentrina)	Decis® (deltametrina), Talstar® (bifentrina) y Ambush® (permetrina)
Nereistoxinas	Organofosforados
Padan (cartap) y Evisect® (tiociclan)	Tamaron® (metamidofós)
Organofosforados	Ciclodienos
Tamaron® (metamidofós)	Thiodan® (endosulfán)
Carbamatos	
Lannate® (metomil)	
Lactona macrocíclica (avermectinas)	
Vertimec® (abamectina)	

el propineb (Antracol®) (16,5%); el maneb (Dithane® M22) ocupa el tercer lugar (15,2%). El resto de los productos son utilizados en porcentajes menores, en rangos que van de un 7,6% a un 5,0% (Cuadro 3).

Uso de equipo de protección

El combate de las plagas en nuestro medio se basa en el uso intensivo de plaguicidas sintéticos (Arias 1998); se observa asimismo un mal manejo de estos productos, lo que entre otras cosas compromete el bienestar y la calidad de vida de los seres humanos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula en 3% la población agrícola de los países en desarrollo susceptible de sufrir intoxicaciones agudas por su causa; otras fuentes estiman que pueden ser de 8 a 50 casos por cada 100000 habitantes, contra los 0,2 casos por cada 100000 habitantes de países desarrollados; estas estimaciones no incluyen los posibles efectos crónicos como el cáncer, defectos de nacimiento, abortos y esterilidad. En las últimas décadas, esto ha obligado a realizar actividades de capacitación sobre manejo seguro de plaguicidas con el fin de reducir esos problemas de salud. En Costa Rica, entre 1977 y 1997 se hicieron más de 2000 capacitaciones que involucraron más de 100000 personas, entre agricultores, técnicos, vendedores, distribuidores, amas de casa, maestros y escolares (García 1999).

Sin embargo, las observaciones realizadas en el campo durante estos dos años de estudio diagnóstico revelan que el empleo del equipo de protección no es una práctica común entre los agricultores. A pesar de que en su mayoría hacen las aplicaciones con equipos de aspersión manual, lo que acarrea un

riesgo de exposición para el usuario, ninguno de los entrevistados usa el equipo completo (mascarilla, anteojos, guantes, capa y botas), aduciendo el alto costo y la incomodidad de las ropas y el equipo protector, especialmente en condiciones de clima cálido y húmedo, donde la temperatura ambiente alcanza los 40 °C (Arias 1998, García 1999). Es frecuente que mezclen plaguicidas con fertilizantes, que aplican sin guantes o con guantes defectuosos. A esto se suman la ignorancia, la imprudencia, el analfabetismo y/o condiciones culturales como el machismo, que llevan a considerar a algunos trabajadores que varios de los productos aplicados son inocuos, por lo que no tienen temor a intoxicarse (García 1999). Estos resultados evidencian la necesidad de reforzar las campañas educativas, para asegurar la comprensión por parte de los agricultores del peligro al que se exponen ellos y sus familias al ignorar la importancia de usar los equipos de protección.

Dosificación

Se logró establecer que, en su mayoría, los entrevistados utilizaban las dosis recomendadas al aplicar el producto por unidad de volumen (bomba de espalda o estañón); sin embargo, algunos de ellos dicen usar dosis menores a las recomendadas para controlar la plaga o enfermedad, lo cual los obligó finalmente a aplicar con mayor frecuencia. Se ha observado que hembras de *B. tabaci* expuestas a dosis subletales de ciertos plaguicidas fosforados tienden a incrementar su fecundidad (Ortega 1998). Por otra parte, otro grupo menor dice aplicar dosis mayores a las recomendadas, asumiendo que así aumentan su efectividad, práctica

que más bien provoca sobredosificación, y puede inducir en el mediano plazo resistencia a ese ingrediente activo. Otro problema se presenta con aquellos agricultores que dicen aplicar mezclas, pues aunque algunos usan las dosis recomendadas para cada producto, al combinar dos con igual ingrediente activo también incurrir en sobredosificación. Esta mala práctica es común cuando el insecto alcanza densidades incontroladas por lo que, lejos de solucionar el problema, lo agrava, ya que se ha comprobado que con ello se apresura el desarrollo de resistencia simple y cruzada o múltiple y, a su vez, se inhabilita la efectividad del insecticida.

La resistencia a insecticidas se ha convertido en un problema serio para la agricultura y la salud pública, pues el agricultor se ve en la necesidad de aumentar la dosis y la frecuencia de las aplicaciones, lo cual incrementa la presión de selección y favorece la aparición de mecanismos de resistencia más eficaces y expone a quienes los aplican.

Las malas prácticas agrícolas y la resistencia inducen aumentos en los costos de producción, con consecuencias económicas y sociales negativas (Ramírez 1997, Ortega 1998). La aparición de resistencia múltiple podría ocasionar que en cierto momento ningún insecticida sea efectivo. Existen casos documentados de resistencia de mosca blanca a varios insecticidas, relacionados con el tiempo de exposición de la plaga al producto, entre ellos endosulfán, malatión, diazinón, diclorvos, dimetoato y carbofurán. También se ha observado la aparición de resistencia cruzada cuando se aplican insecticidas que comparten un mismo mecanismo de resistencia; un caso involucra al metamidofós y la permetrina (Ortega 1998). Se requieren entonces campañas educativas más agresivas, para informar a los productores de las consecuencias de las malas prácticas agrícolas.

Número y frecuencia de las aplicaciones

El tiempo transcurrido entre una y otra aplicación es muy variable entre los agricultores entrevistados, y va desde 2, 3, 4, 8, 10, 15 y 22 días hasta 30, lo que implica que un mismo producto es utilizado dos y hasta tres veces por semana. De igual forma, un producto se aplica entre tres y cuatro veces durante el ciclo de cultivo. La mayoría de los agricultores permiten un intervalo de entre dos, tres y ocho días entre aplicaciones, y los criterios para dicha práctica no obedecen a recomendaciones técnicas; la mayoría de las aplicaciones se hacen por calendario (Arias 1998), sin conocer lo que realmente requiere el cultivo, o como una práctica tradicional, u obedecen a la recomendación de un vecino

o amigo, lo indicado por el dependiente del almacén de insumos donde acostumbra comprar y, en el menor de los casos, la recomendación de un técnico. De igual forma, la decisión de la frecuencia de aplicación está relacionada con el grado de infestación de la plaga: a mayor infestación mayor frecuencia.

De los 80 entrevistados, solo 28 (35,0%) indicaron la frecuencia con que aplican los diferentes plaguicidas, lo cual no permite establecer diferencias por zona.

Uso de mezclas

Al alcanzar los organismos plaga densidades incontroladas, el agricultor opta por aumentar las dosis y/o hacer mezclas de insecticidas con el propósito de asegurar la cosecha si el precio del cultivo lo paga, para ahorrar tiempo o mano de obra, o por la creencia de que las mezclas son más eficaces, aunque en realidad esta práctica lejos de solucionar el problema lo incrementa, especialmente si para dicho control se cuenta con un número limitado de insecticidas cuyo costo es cada vez mayor (Ortega 1998, García 1999). El uso de mezclas trae aparejado el desarrollo de resistencia simple y múltiple, y con ella la pérdida de efectividad del insecticida (Ortega 1998). La resistencia que tiene una base genética permite al individuo sobrevivir a la exposición de dosis letales, ya sea porque ha desarrollado mecanismos que impiden que el producto entre en contacto con el sitio de acción, o porque este es degradado antes de alcanzarlo (Roush 1996). La aparición de fenotipos resistentes se asocia también con el tiempo de exposición de la plaga al producto. El problema más serio ocurre con las plagas más frecuentes. En Australia se ha reportado resistencia a insecticidas como diazinon y bifentrina, utilizados para combatir la mosca blanca. Algunos otros productos introducidos recientemente y que están bajo amenaza de resistencia son abamectina e imidacloprid, especialmente efectivos contra la misma plaga; la resistencia al primero ha sido reportada en California y para el segundo en España como se mencionó anteriormente (Roush 1996).

Por otra parte, la resistencia no evoluciona a la misma velocidad en todos los organismos sometidos a la misma presión de selección, siendo más rápida en insectos con altas tasas de fecundidad, más generaciones por año, un historial de exposición prolongado y un alto porcentaje de la población expuesta (Ortega 1998).

Al desarrollar la resistencia cruzada, la plaga será resistente incluso a productos a los que nunca ha sido expuesta (Roush 1996). A pesar de estos graves problemas, la experimentación con algunas mezclas evidenció

su eficacia y superioridad frente a los insecticidas solos; algunos investigadores consideran que varios fosforados inhiben la acción de la enzima que degrada los piretroides, restableciéndoles su capacidad de acción (Salguero y Morales 1994). Por lo tanto, cuando sea necesario realizar mezclas, lo recomendable es emplear productos que tengan diferente modo de acción y una vida media corta (Roush 1996).

Las respuestas de los agricultores muestran la existencia de una anarquía en la preparación de las mezclas. Cuarenta y dos entrevistados respondieron que hacían mezclas (52,5%) (Cuadro 5). La razón que dicen tener para efectuarlas es la creencia de que dos productos controlan mejor que uno, o que se pueden ahorrar trabajo a la hora de aplicar si mezclan un insecticida con un fungicida, un fertilizante, un coadyuvante, un herbicida o un bactericida. Lo inconveniente de esta práctica es que no realizan pruebas de compatibilidad química y no se conoce la compatibilidad biológica de la mezcla ni las proporciones adecuadas de cada producto en caso de ocurrir potenciación. No existe un patrón de cómo y por qué deciden cuáles productos unir, porque los 42 entre-

vistados que afirmaron mezclar productos arrojaron 39 respuestas con combinaciones diferentes (Cuadro 5). A grandes rasgos, las mezclas se hacen entre insecticidas con insecticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes, o entre fungicidas con fungicidas, insecticidas, fertilizantes y enmiendas.

El manejo fitosanitario que los agricultores continúan dando a sus cultivos se fundamenta en el control químico. El 100% de los entrevistados respondió afirmativamente a esta consulta. Hoy en día utilizan más productos de introducción reciente y productos de vida media más corta.

Sin embargo, el cambio hacia algunos plaguicidas menos tóxicos para los sistemas naturales y los seres humanos se ve opacado ante la evidencia de que un número considerable de agricultores incurre en la mala práctica de la sobredosis, sea por incremento de las dosis respecto de las cantidades recomendadas, porque aplican mezclas de insecticidas con igual ingrediente activo, o porque las aplicaciones son más frecuentes y entre un número reducido de productos.

Cuadro 5. Tipos de mezclas que realizan agricultores de Chile y tomate en Costa Rica (marzo 1996 a enero de 1998)

Insecticidas (familia + mezcla)		Fungicidas (familia + mezcla)	
Organofosforado	+ Organofosforado Piretroides Herbicidas	Carbamato	+ Antibiótico Organoclorado* Ditocarbamato*
Organofosforado	+ Organofosforado Nereistoxinas	Flatamida	+ Benzimidazol
Organofosforado	+ Diferente grupo Sales de potasio	Ditocarbamato	+ Abono foliar Piretroide
Ciclodieno	+ Piretroides Fungicidas	Organoclorado	+ Abono orgánico
Cloronicotinilo	+ Cloronicotinilo Piretroides Fungicidas Fertilizante	Cobre metálico	+ Enmienda (encalado y otras prácticas)
Piretroide	+ Piretroide Organofosforados Fungicidas		
Nereistoxinas	+ Piretroides Fungicidas Sales de potasio		

*Fungicida.

Estos resultados demuestran la creciente necesidad de promover una mayor y mejor capacitación de nuestros productores de tomate y chile, así como de nuevas investigaciones que permitan ofrecerles nuevas alternativas de manejo del organismo plaga, haciendo un uso más racional de los plaguicidas, en asocio con otros sistemas de combate, dentro de las prácticas que involucra un sistema de manejo integrado de plagas.

Los productores de tomate y chile enfrentan un sinnúmero de plagas y enfermedades que los obligan a utilizar plaguicidas disponibles en el mercado nacional, y no usan otros sistemas alternativos de manejo de plagas, como el control biológico. Esto hace necesaria la estructuración de módulos, talleres, charlas y conferencias, dirigidas a los técnicos que normalmente asesoran a los productores en el uso y manejo adecuado de los plaguicidas y a los mismos agricultores y cuyo propósito sea lograr que adopten las buenas prácticas agrícolas y mejoren la destrucción de residuos de cosecha, dosificaciones, número y frecuencia de las aplicaciones, uso de mezclas y rotación de cultivos.

Se deben enseñar métodos y técnicas sustitutivas, encaminadas a reemplazar el método químico por un sistema integrado de manejo que permita reducir los volúmenes de productos químicos utilizados. Un primer paso debe ser la capacitación de los involucrados en el conteo de los organismos plaga en el campo, de modo que, usando un criterio técnico para decidir cuál es el umbral económico de daño (empleado especialmente con moscas blancas por ser transmisoras de virus), se efectúen las aplicaciones solo cuando el problema sea real y verdaderamente lo amerite.

Literatura citada

- Araya, L; Monge, LA; Carazo, E; Cartín, V. 1999. Diagnóstico del uso de insecticidas para el combate de *Plutella xylostella* en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas 52:49-61.
- Arias, F. 1998. Evaluación económica de las diversas dosis y frecuencias de aplicación de plaguicidas en papa y cebolla utilizados por un grupo de agricultores en la zona de Tierra Blanca de Cartago. CR, Escuela de Economía Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. 96 p.
- AVCARE (National Production and Animal Health). 1999. Avcare Insecticide Resistance Action Comitee (AIRAC). Mode of Action Classification for Insecticides. 4 p.
- Bonilla, F. 1993. Período de adquisición y transmisión de geminivirus de tomate (*Lycopersicon sculentum* L.), por la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) (Homóptera: Aleyrodidae). Universidad de Costa Rica. Turrialba. 58 p.
- Carazo, E; Monge, LA. 2003. Grupos Toxicológicos de Insecticidas. Universidad de Costa Rica. CICA. 6 p.
- Cubillo, D; Larriva, W; Quijije, R; Chacón, A; Hilje, L. 1994. Evaluación de la repelencia de varias sustancias sobre la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Homóptera: Aleyrodidae). Manejo Integrado de Plagas 33:26-28.
- _____; Sanabria, G; Hilje, L. 1999. Evaluación de la repelencia y mortalidad causada por insecticidas comerciales y extractos vegetales sobre *Bemisia tabaci*. Manejo Integrado de Plagas 53:65-71.
- García, J. 1999. El mito del manejo seguro de los plaguicidas en los países en desarrollo. Manejo Integrado de Plagas 52:25-41.
- Herrera, F; Carballo, M; Shannon, P. 1999. Eficacia de cepas nativas de hongos entomopatógenos sobre *Bemisia tabaci*, en el laboratorio. Manejo Integrado de Plagas 54:37-43.
- Hilje, L. 1993. Un esquema conceptual para el manejo integrado de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de tomate. Manejo Integrado de Plagas 29:51-57.
- _____. 1995. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* en Mesoamerica. Manejo Integrado de Plagas 35:46-54.
- _____. 1997. Posibilidades para el manejo integrado del complejo *Bemisia tabaci*-Geminivirus en Costa Rica. Agronomía Costarricense 21(1):139-142.
- Lagunes, A. y Villanueva, J.A. 1994. Toxicología y Manejo de Insecticidas. México, Colegio de Posgraduados de Chapingo. 264 p.
- Quirós, C; Hilje, L; Ramírez, O. 1994. Participación de los agricultores en adaptar y evaluar tecnologías de semilleros contra la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), en tomate. Manejo Integrado de Plagas 34:1-7.
- _____; Calvo, G; Ramírez, O. 1995. Diagnóstico de la problemática fitosanitaria del cultivo de tomate, con énfasis en mosca blanca *Bemisia tabaci* (Geminivirus). Manejo Integrado de Plagas 38:8-15.
- Ortega, LD. 1998. Resistencia de *Bemisia argentifolii* a insecticidas: implicaciones y estrategias de manejo en México. Manejo Integrado de Plagas 49:10-25.
- Peralta, L; Hilje, L. 1993. Un intento de control de *Bemisia tabaci* con insecticidas sistémicos incorporados a la vainica como cultivo trampa, más aplicaciones de aceite en el tomate. Manejo Integrado de Plagas 30:21-23.
- Polston, J; Anderson, P. 1999. Surgimiento y distribución de Geminivirus transmitidos por mosca blanca en tomate en el hemisferio occidental. Manejo Integrado de Plagas 53:24-42.
- Ramírez, P. 1997. Los Geminivirus. Manejo Integrado de Plagas 43:40-54.
- _____; Maxwell, D. 1995. Geminivirus transmitidos por moscas blancas. Manejo Integrado de Plagas 36:22-27.
- Rivas, G; Lastra, R; Hilje, L. 1994. Retardo de la virosis transmitida por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate mediante semilleros cubiertos. Manejo Integrado de Plagas. 31:12-16.
- Roush, R. 1996. Chemical resistance: why you should be concerned. Sardi Horticulture: ornamental and flower crops. Australia, South Australian Research and Development Institute. p. 1-3.
- Ruiz, J; Aquino, T. 1999. Manejo de *Bemisia tabaci* mediante barreras vivas y *Paecilomyces* en Oaxaca, México. Manejo Integrado de Plagas 52:68-73.
- Salazar, E. 1996. Efecto de la densidad de adultos virulíferos de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius), sobre la severidad del mosaico amarillo del tomate, y el rendimiento del cultivo. Escuela de Fitotecnia. Sede del Atlántico. Universidad de Costa Rica. Turrialba. Costa Rica. 57 p.
- Salguero, V; Morales, J. 1994. Eficiencia de insecticidas para el control de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate. Manejo Integrado de Plagas 31:25-28.