

Manejo de plagas en el cultivo de chile y su impacto ambiental en la zona agrícola de Jiménez-Villa López, Chihuahua, México

Pest management in the pepper crop and their environmental impact in the Jiménez-Villa López, Chihuahua, México agricultural zone

CÉSAR GUIGÓN-LÓPEZ^{1,*}, PABLO ANDRÉS GONZÁLEZ-GONZÁLEZ¹

Recibido: Marzo 12, 2007

Aceptado: Agosto 20, 2007

Resumen

La alta incidencia de plagas en el cultivo de chile ha causado un alarmante aumento en el uso de productos químicos para su control. Con el objetivo de identificar los plaguicidas y programas de control de plagas utilizados en la zona y calcular el impacto que ejercen sobre el medio ambiente y los riesgos contra la salud humana, se aplicaron encuestas a productores de chile de la zona Jiménez-Villa López en los ciclos agrícolas 2001 y 2002. Se determinó el cociente de impacto ambiental (CIA) para cada plaguicida y se calculó el impacto ambiental en campo (IAC). Se identificaron 16 diferentes programas de control de plagas y 48 productos plaguicidas, de los cuales 26 fueron insecticidas/acaricidas, 20 fungicidas/bactericidas y 2 herbicidas. El impacto ambiental generado por fungicidas/bactericidas es mayor al generado por insecticidas/acaricidas. De los insecticidas/acaricidas, endosulfan (82.3% de la superficie cultivada) y clorpirifos (49%) son los más empleados en la producción de chile. En el caso de los fungicidas, oxiclورو de cobre (66.3% de la superficie) y mancozeb (64.6%) son los que más se emplean. El 37.5% de los programas de manejo ejerce una fuerte presión ambiental (IAC > 550); el 25% un IAC entre 300 y 500, y el 37.5% un IAC < 290. El manejo que se realiza de algunos productos como endosulfan (IAC= 43 a 85), clorpirifos (IAC=27 a 40), oxiclورو de cobre (IAC=16 a 117) y mancozeb (IAC= 37 a 299) está generando serios incrementos en los índices de impacto ambiental.

Palabras clave: *Capsicum annum*, Control químico, Manejo Integrado de Plagas, Toxicología.

Abstract

Pepper crops have a high pest incidence which requires increased use of chemical products for control. To identify pesticides and pest management programs used in pepper crop and to evaluate the pesticides environmental impact on health risk, questionnaires were supplied to producers in the Jiménez-Villa López agricultural zone during the 2001 and 2002 agricultural cycles. Pesticides environmental impact quotient (EIQ) and field environmental impact were calculated. 48 products were identified, 26 insecticides/acaricides, 20 fungicides/bactericides and 2 herbicides. Endosulfan and chlorpyrifos were the insecticides most widely used in the production of pepper (82.3% and 49% of the cultivated area, respectively). Copper oxichlorure and mancozeb were the most used fungicides (66.3% and 64.6% of the cultivated area, respectively). 37.5% of pest management programs exert a strong environmental pressure (EIQ > 500), 25% an EIQ between 300 and 500, and 37.5% an EIQ < 290. Pepper crop management using some products such as endosulfan (EIQ=43 to 85), chlorpyrifos (EIQ=27 to 40), copper oxichlorure (EIQ=16 to 117) and mancozeb (EIQ=37 to 299) may seriously impact the environment of the region.

Keywords: *Capsicum annum*, chemical control, integrated pest management, toxicology.

Introducción

En el estado de Chihuahua se cultivaron en los últimos años de 18 a 20 mil hectáreas de chile (*Capsicum annuum L.*), hortaliza que anualmente aporta a la economía estatal alrededor de 928 millones de pesos (Secretaría de Desarrollo Rural, 2002; Lujan y Chávez, 2003). La alta incidencia de plagas afecta el desarrollo y rendimientos del cultivo causando serias pérdidas económicas, lo que ocasiona que el empleo de plaguicidas químicos sea la medida de control más utilizada y que dentro de las prioridades a resolver en este cultivo se considere el control de plagas y el impacto ambiental del mismo (SIVILLA, 2001). De aquí se deriva la necesidad de contar con herramientas que describan los riesgos que el uso de plaguicidas provoca.

Los plaguicidas son productos que han permitido mejorar la productividad agrícola, sin embargo su toxicidad inherente y el uso inadecuado han ocasionado que ejerzan diversos efectos adversos a la salud humana y a la vida silvestre (Segura, 1998; Castro *et al.*, 2000; Bravo, 2002) y contaminación de los acuíferos superficiales, de los alimentos y del suelo (Granados y Pérez, 1995). Las investigaciones realizadas para medir el impacto de plaguicidas sobre los ecosistemas han demostrado que estos productos influyen en la diversidad de especies, en la cadena alimenticia, flujo de energía, ciclos de nutrientes, genética de los organismos y en general en la estabilidad del sistema (Granados y Pérez, 1995). Estas investigaciones, sin embargo, se han dirigido a determinar el grado de contaminación del agua, aire y tierra, sin reconocer plenamente la interacción de estos factores como un todo. Los estudios de impacto ambiental son análisis más completos, pues estiman las consecuencias que tienen las decisiones de manejo sobre uno o más de los indicadores ambientales

(Ramírez y Jacobo, 2002). Estos estudios son un respaldo básico en los procesos de producción agrícola, sobre todo cuando se trata de incorporar procesos sustentables dentro de la producción agrícola.

El comportamiento de los plaguicidas en el ambiente es muy variado y depende del tipo de compuesto, de su vida media, de su solubilidad en el agua y de las condiciones del medio en que se encuentra y la persistencia del producto en el ambiente y su toxicidad (Mergalef, 1991; Granados y Pérez, 1995; Moroz, 1999). Por estas razones, los estudios de impacto ambiental se realizan sobre la base del comportamiento del plaguicida en cuanto a: 1) toxicidad aguda para el ser humano y animales domésticos, 2) toxicidad general para organismos indicadores de contaminación ambiental, y 3) persistencia en el ambiente (Metcalf, 1994). Una herramienta útil para medir el impacto ambiental por plaguicidas son los indicadores de riesgo, los cuales evalúan uno o varios parámetros que proveen información acerca de los efectos o impactos al ambiente; hacen uso de la

¹ Investigadores del Centro de Investigación para los Recursos Naturales, CIReNa, Antigua Normal Rural, Saltales, Chihuahua, México, C.P. 33941, teléfonos: (629) 534-6023 y 534-6048.

* Dirección electrónica del autor de correspondencia: guigonlc@yahoo.com.mx.

información disponible sintetizándola para facilitar su comprensión. Kovach *et al.* (1992) desarrollaron un programa integral de manejo de plaguicidas, el cual involucra un método que genera un cociente de impacto ambiental como indicador que suma los riesgos que representa un plaguicida para trabajadores agrícolas, consumidores y biota no humana, lo cual facilita la identificación de altos riesgos, permite evaluar el empleo regional de plaguicidas y ayuda en la selección de aquellos que representan mejor alternativa. Utilizando esta metodología, Barros (2001) en Talca, Chile, y Ramírez y Jacobo (2002) en Chihuahua, México, lograron comparar el impacto ambiental de diferentes programas de manejo fitosanitario en manzano. Del mismo modo Bues *et al.* (2003) emplearon este indicador para evaluar el impacto ambiental por plaguicidas en tomate en cinco países mediterráneos.

El presente estudio se realizó con el objetivo de identificar los plaguicidas y programas para el manejo de plagas en el cultivo de chile empleados en la zona de Jiménez-Villa López y calcular el impacto que ejercen sobre el medio ambiente y los riesgos contra la salud humana.

Materiales y métodos

A finales de los ciclos agrícolas 2001 y 2002 se aplicó una encuesta a productores de chile de los municipios de López y Jiménez, Chihuahua. Para el estudio fueron seleccionados lotes representativos de los sistemas de producción de chile en la zona.

Se eligió un tamaño de muestra de 300 hectáreas, mismo que se definió de acuerdo a lo sugerido por ODEPA (1999); la muestra representa el 15% de la superficie cultivada. De acuerdo con la metodolo-

gía utilizada, se consideró un error de muestreo del 10%, con un nivel de confianza del 95%.

En total se estudiaron 16 lotes comerciales, de los cuales 14 se cultivaron con chile jalapeño y dos con cascabel y con piteado. Las encuestas incluían aspectos relacionados con los productos comerciales que se emplean para el control de plagas, nombre del plaguicida, presentación (% de ingrediente activo), dosis y número de aplicaciones realizadas, además de la superficie cultivada expuesta a la acción de los ingredientes activos utilizados (Garthwaite y Thomas, 1998; Kovach *et al.*, 1992). La información recabada fue organizada considerando las veces en que un determinado plaguicida fue empleado en los diferentes programas de manejo y la superficie cultivada que fue tratada con él (Garthwaite y Thomas, 1998). Posteriormente, los datos se procesaron aplicando la metodología recomendada por Kovach *et al.* (1992). Esta metodología considera la definición de tres componentes principales del riesgo por el uso de plaguicidas. El primer componente se relaciona con el riesgo hacia los trabajadores agrícolas y es definido por la exposición del aplicador más la exposición del recolector, lo cual es afectado tantas veces el efecto sobre la salud a causa de la toxicidad crónica del producto. El primer componente se define por la ecuación $C = (DT*5) + (DT*P)$. El segundo componente (componente del consumidor) es la suma de la exposición potencial del consumidor más el efecto del potencial de lixiviación. Este último efecto es colocado en el segundo componente debido a que es de mayor riesgo contra la salud humana por la contaminación de agua para consumo humano. Estos efec-

tos son multiplicados por la toxicidad crónica del producto: $(C*((S+P)/2)+SY)+(L)$. El tercer componente (componente ecológico) es compuesto por los efectos acuáticos y terrestres y considera el efecto sobre peces, aves, abejas y artrópodos benéficos: $(F*R)+(D*((S+P)/2)*3+(Z*P*3)+(B*P*5)$. Estos tres componentes se integran en una sola ecuación para llevar a cabo el cálculo del cociente de impacto ambiental (CIA) para cada plaguicida, de la siguiente forma:

$$CIA = \{[C(DT*5)+(DT*P)] + [(C*((S+P)/2)+SY)+(L)*(F*R)] + [(D*((S+P)/2)*3+(Z*P*3)+(B*P*5)]\} / 3$$

Donde: C = toxicidad crónica, DT = toxicidad dermal, P = vida media en la superficie de la planta, S = vida media en el suelo, SY = sistemicidad, L = potencial de lixiviación, F = toxicidad en peces, R = pérdida potencial en la superficie, D = toxicidad en aves, Z = toxicidad en abejas, y B = toxicidad en artrópodos benéficos.

Una vez que los datos fueron procesados, los plaguicidas fueron agrupados por clases, insecticidas/acaricidas, fungicidas/bactericidas y herbicidas. Los datos toxicológicos y demás información técnica de un ingrediente activo determinado se obtuvieron de la base de datos de la EPA y otras fuentes, de tal forma que datos perdidos no afectaran la clasificación de un plaguicida (Kovach *et al.*, 1992).

Ya establecido el CIA para cada plaguicida, se procedió a calcular el impacto de su uso en campo, considerando la dosis, el porcentaje de ingrediente activo y el número de aplicaciones, mediante la siguiente ecuación:

$$IAC = CIA * ia * d * a$$

Donde: IAC = impacto ambiental en campo, CIA = cociente de impacto ambiental, ia = ingrediente activo (%), d = dosis, y a = número de aplicaciones.

Con los datos obtenidos se procedió a comparar numéricamente el impacto ambiental entre plaguicidas y entre los diferentes programas de manejo identificados.

Resultados y discusión

La información obtenida se analizó considerando los plaguicidas empleados, los programas de manejo de los productores y los riesgos ambientales y contra la salud derivados del impacto estimado.

Se identificaron 16 programas de control de plagas, en el 100% de ellos se emplearon insecticidas y fungicidas, productos antibióticos contra bacterias en un 68.7% y herbicidas en el 12%. En total se detectaron 48 productos plaguicidas, de los cuales 26 fueron insecticidas/acaricidas, 20 fungicidas/bactericidas y 2 herbicidas (Cuadro 1).

Entre los insecticidas/acaricidas, endosulfan (organoclorado) es empleado en el 75% de los programas de control y se aplicó al 82.3% de la superficie cultivada. Clorpirifos (organofosforado) se aplica en el 49% de la superficie por el 62.5% de los programas. Paratión Metílico (organofosforado), Carbaril (carbámico) y Malatión (organofosforado) se aplican por el 43.7% de los productores, en el 52, 44.6 y 31.3% de la superficie, respectivamente. Oxamyl (carbámico) fue empleado en el 37.5% de los programas, en el 36% de la superficie. Esta información es importante, ya que Endosulfan, Clorpirifos y Paratión metílico se encuentran dentro de la lista de plaguicidas responsables de la mayor morbilidad por intoxicaciones agudas en América La-

Cuadro 1. Plaguicidas empleados en los programas de control de plagas en el cultivo de chile en la Zona de Jiménez – Villa López, Chih. 2001-2002.

Producto	Programas de control que lo emplean	% del total de programas	Superficie tratada con el plaguicida (Ha)	% de la superficie total
<i>Insecticidas/Acaricidas</i>				
Endosulfan	12	75	247	82.3
Clorpirifos	10	62.5	147	49
Carbaril	7	43.7	134	44.6
Malatión	7	43.7	94	31.3
Paratión Metílico	7	43.7	156	52
Oxamyl	6	37.5	108	36
Metamidofos	5	31.2	103	34.3
Cipermetrina	4	25	63	21
Dimetoato	3	18.7	80	26.6
Carbofuran	2	12.5	20	6.6
Permetrina	2	12.5	13	4.3
Abamectina	2	12.5	20	6.6
Azinfos Metil	2	12.5	35	11.6
Trichograma	2	12.5	88	29.3
Crisopa	2	12.5	88	29.3
Fipronil	1	6.2	18	6
Metomilo	1	6.2	5	1.6
Cyromazina	1	6.2	5	1.6
Imidacloprid	1	6.2	50	16.6
Diazinon	1	6.2	50	16.6
Cyflutrin	1	6.2	50	16.6
Acetamiprid	1	6.2	45	15
Deltametrina	1	6.2	25	8.3
Alomonas	1	6.2	18	6
Azadiractina	1	6.2	18	6
Beauveria bassiana	1	6.2	18	6
<i>Fungicidas/Bactericidas</i>				
Oxicloruro de Cobre	11	68.7	199	66.3
Mancozeb	10	62.5	194	64.6
Estreptomina	8	50	156	52
Oxitetraciclina	8	50	149	49.6
Sulfato de Cobre	5	31.2	146	48.6
Gentamicina	4	25	111	37
Propiconazol	4	25	33	11
Azufre	3	18.7	120	40
Kresoxim-Metil	3	18.7	73	24.3
Trifloxystrobin	2	12.5	60	20
Azoxystrobin	1	6.2	5	1.6
Triadimefon	1	6.2	5	1.6
Tiabendazol	1	6.2	10	3.3
Benomil	1	6.2	10	3.3
Carbendazim	1	6.2	5	1.6
Oxadixil	1	6.2	5	1.6
Benzotiazol	1	6.2	25	8.3
Metalaxil	1	6.2	25	8.3
Clortalonil	1	6.2	25	8.3
Triforine	1	6.2	25	8.3
<i>Herbicidas</i>				
Trifluralina	1	6.2	10	3.3
Glifosato	1	6.2	5	1.6

tina, por lo que se promueve prohibir o restringir su uso mediante acuerdos internacionales (Nieto, 2001).

Solamente el 18.7% de los programas incluyó control biológico, liberando *Trichograma sp.* y crisopa en el 29.3% de la superficie y *Beauveria bassiana* en tan solo el 6%. El 6.2% de los programas empleó los productos naturales azadiractina y alomonas, mismos que se aplicaron al 6% de la superficie.

Dentro de los fungicidas/bactericidas, el 81.2% de los programas incluyó productos a base de cobre. El 66.3% de la superficie se protegió con oxicloruro de cobre y el 48.6% con sulfato de cobre. En el 64.6% de la superficie se aplicó mancozeb, que es empleado en el 62.5% de los programas.

Los fungicidas del grupo de las estrobirulinas (Azoxystrobin, Kresoxim-Metil y Trifloxystrobin) son empleados por el 37.5% de los programas. De ellos el más utilizado, Kresoxim-Metil se aplicó en el 24.3% de la superficie. El 52% de las hectáreas se trató con estreptomina y el 49.6% con oxitetraciclina. En diversos casos los antibióticos se combinaron con cobre en productos mixtos. El 18.7% de los programas aplicó azufre en el 40% de la superficie cultivada.

Solo dos programas de manejo incluyeron el uso de herbicidas. Trifluralina se aplicó en el 3% de la superficie cultivada y Glifosato (no autorizado para el cultivo de chile) en el 1.6% de las hectáreas.

El impacto ambiental de los programas empleados para el control de plagas en el cultivo de chile fue muy variable, encontrándose algunos que ejercieron un impacto relativamente bajo de 147 unidades hasta aquellos cuya alta dependencia de plaguicidas llevó a alcanzar las 818 unidades, que representan un alto riesgo ambiental (Cuadro 2).

De acuerdo a los cocientes calculados, se puede considerar que el 37.5% de los programas ejerce una fuerte presión ambiental (IAC >550), por lo que deberán realizarse esfuerzos tendientes a promover productos, dosis y aplicaciones más racionales, tal y como lo realiza otro 37.5% de los agricultores (IAC <290). El 25% de los programas restantes puede catalogarse como intermedios (IAC entre 300 a 500), con

Cuadro 2. Impacto ambiental de 16 programas de control de plagas en el cultivo de chile en la Zona de Jiménez-Villa López, Chih. 2001-2002.

Lote	Insecticidas/ Acaricidas		Fungicidas/ Bactericidas		Total IAC
	IAC	%	IAC	%	
Miramontes	210	25.7	608	74.3	818
Jacales	336	48.2	361	51.8	697
San Felipe III	80	12	570	88	650
El Porvenir	143	25	414	75	557
Tierra Blanca	13	2	500	97	513
Rancho Nuevo	269	41.4	380	58.6	649
San Fernando	405	98	11	2	416
El Aguila	167	39	261	61	428
Villa López II	242	65	131	35	373
Villa López I	233	64	131	36	364
Villa Coronado	156	54	134	46	290
San Felipe II	36	14	230	86	266
California	198	75	67	25	265
Jacobo*	162	69	35	15	233
Delicias**	184	81	29	13	226
San Felipe I	145	99	2	1	147

IAC = Impacto ambiental en campo.
% = Por ciento con respecto al impacto total estimado.
* 16% corresponde a herbicidas.
** 6% corresponde a herbicidas.

algunos riesgos por el manejo que se está dando a ciertos productos empleados.

Es evidente que el manejo que se realiza de algunos productos como oxicloruro de cobre, mancozeb, endosulfan y azufre, está generando serios incrementos en los índices de impacto ambiental. De ahí que

Cuadro 3. Impacto ambiental de cuatro programas para el control de insectos plaga en el cultivo de chile en la Zona de Jiménez-Villa López, Chih. 2001-2002.

Programa	CIA	ia	d	a	IAC
Ej. Jacales	56.8	.3321	1.5	1	28
Carbofuran	52.8	.338	1.5	1	27
Clorpirifos	56.4	.483	1.0	1	27
Permetrina	52.8	.75	1.0	1	40
Clorpirifos	26.0	0.18	.800	2	7
Abamectina	23.2	.887	1.5	3	93
Malation	22.6	.80	1.0	3	54
Carbaril	40.5	.33	1.5	3	60
Endosulfan					
<i>IAC x Insecticidas</i>					336
Ej. El Porvenir					
Endosulfan	40.5	.35	1.25	2	35
Carbaril	22.6	.80	1.5	1	27
Dimetoato	74.022.9	.40	1.0	2	59
Oxamyl		.24	2.0	2	22
<i>IAC x Insecticidas</i>					143
San Felipe III					
Trichograma				2	
Crisopa				2	
Metamidofos	64.1	.483		1	31
Paratión Metílico	104.4	.472	1.0	1	49
<i>IAC x Insecticidas</i>			1.0		80
San Felipe II					
Beauveria bassiana			1.0	10	
Alomonas			1.0	8	
Azadiractina			1.0	8	
Trichograma				4	
Crisopa	22.6	.80		4	
Carbaril			1.0	2	36
<i>IAC x Insecticidas</i>					36

CIA = Cociente de Impacto Ambiental.
ia = Ingrediente activo.
d = Dosis empleada.
a = Número de aplicaciones.
IAC = Impacto ambiental en campo.

una adecuada planeación debe considerar el empleo de formulaciones con bajo porcentaje de ingrediente activo, dosis bajas y aplicaciones bien programadas, con el fin de reducir su número. En este sentido, el muestreo de los lotes con fines de detección oportuna de las plagas es determinante (Luckman y Metcalf, 1994; Pedigo, 1991).

Algunos de los programas de manejo de insectos plaga identificados en la región se comparan en el Cuadro 3, donde puede apreciarse que los riesgos ambientales son variables como consecuencia de la existencia de programas que emplean hasta ocho productos diferentes mientras hay quienes solo utilizan la mitad y otros que ponderan más el empleo de control biológico y natural.

De los insecticidas/acaricidas, endosulfan y clorpirifos son los más empleados en la producción de chile, de ahí que su manejo adecuado será determinante para reducir los riesgos ambientales. La forma en que el manejo modifica el impacto se muestra en el Cuadro 4, donde puede notarse que endosulfan puede generar valores desde 43 hasta 85, dependiendo sobre todo

de la dosis y el número de aplicaciones, mientras que el IAC de clorpirifos depende más de la cantidad de ingrediente activo, ya que varía de 27 a 40 debido principalmente a la cantidad de ingrediente activo en la formulación.

Es interesante el uso frecuente de Clorpirifos en la zona, ya que es un producto que está en fase terminal en varios países como Estados Unidos, en donde su empleo en manzana y vid se ha restringido y en tomate se ha eliminado. Esto obedece a que recientemente se han reconocido riesgos que este plaguicida representa para la salud humana, particularmente contra la población infantil (EPA, 2000). Ante esta situación resulta conveniente reconocer que dentro de los productos que se emplean en la región, endosulfan, metamidofos, imidacloprid, esfenvalerato, permetrina, metomilo y azadiractina son alternativas al clorpirifos que la EPA (2003) considera en el cultivo de tomate. De estos, endosulfan también debe restringirse, pues en este estudio ejerció mayor presión sobre el ambiente que clorpirifos, además que se le han encontrado propiedades estrogénicas comparables a las del DDT que pueden generar efectos reproductivos deletéreos (Soto *et al.*, 1994). Aquí adquieren mayor interés los datos expuestos anteriormente en referencia a la superficie tratada con estos plaguicidas (Cuadro 1), ya que la superficie tratada y el número de aplicaciones realizadas son datos que en estudios epidemiológicos relacionados con plaguicidas son indicadores de la exposición de las poblaciones humanas a los plaguicidas (Harris *et al.*, 2002).

En relación al control biológico, son ampliamente reconocidas sus bondades cuando se buscan estrategias ecoracionales

Cuadro 4. Impacto ambiental de endosulfan y clorpirifos con diferente manejo en la Zona de Jiménez-Villa López, Chih. 2001-2002.

Producto	CIA	ia	d	a	IAC
Endosulfan	40.5	.35	1.5	2	43
	40.5	.33	1.5	3	60
	40.5	.35	2.0	3	85
Clorpirifos	52.8	.338	1.5	1	27
	52.8	.48	1.5	1	38
	52.8	.75	1.0	1	40

CIA = Cociente de Impacto Ambiental.
 ia = Ingrediente activo.
 d = Dosis empleada.
 a = Número de aplicaciones.
 IAC = Impacto ambiental en campo.

para el control de plagas, sin embargo en la zona de estudio sólo el 18.7% de los programas incluyó agentes biológicos. Este dato establece la necesidad de promover su uso en la zona, lo que además requiere minimizar el uso de insecticidas y utilizar solo aquellos que se puedan combinar con agentes biológicos de control; en este sentido carbaril puede ser una buena alternativa, ya que su empleo no afecta las poblaciones de depredadores y parásitos (Peet, 2000), aunque se corre el riesgo de incre-

mentos en las poblaciones de áfidos, ya que estimula su reproducción.

Con respecto a programas de manejo de enfermedades, en el Cuadro 5 se comparan algunos identificados en la región. Del análisis realizado se desprende que el impacto ambiental generado por fungicidas/bactericidas es mayor al generado por insecticidas/acaricidas, lo cual puede obedecer en parte a que en los últimos años se ha incrementado la incidencia de las enfermedades foliares en el cultivo de chile (Guigón y González, 2000), y con ello también ha aumentado el uso de productos químicos. Resultados similares reportan Bues *et al.* (2003), quienes mencionan que los fungicidas fueron los principales responsables del impacto ambiental por plaguicidas en tomate en diferentes países del Mediterráneo.

El impacto generado por fungicidas/bactericidas pone en evidencia un error en la percepción de los agricultores de que estos compuestos, principalmente mancozeb y los derivados del cobre, son blandos y pueden aplicarse indiscriminadamente. También establece la necesidad de combinar el control químico con otros métodos de control biológico, cultural y de resistencia genética con el fin de reducir su uso o modificar el manejo que de ellos están realizando los agricultores (Bauer, 1987; Avelar, 1989; Goldberg, 1998). En este afán de diseñar estrategias efectivas y ecoracionales, el uso de principios epidemiológicos será de utilidad como herramienta que permite el conocimiento de la estructura de las epidemias y el diseño de estrategias de manejo (Avelar, 1989; Guigón y González, 2000).

Oxicloruro de cobre y mancozeb son los productos que más se emplean en la re-

Cuadro 5. Impacto ambiental de tres programas para el control de enfermedades en el cultivo de chile en la Zona de Jiménez-Villa López, Chih. 2001-2002.

Programa	CIA	ia	d	a	IAC
Ej. Miramontes					
Estreptomycina	18.7	.14	.600	2	3
Sulfato de Cobre	33.3	.39	.600	2	16
Oxicloruro de Cobre	33.3	.39	3.0	3	117
Mancozeb	62.3	.30	3.0	3	168
Estreptomycina	18.7	.40	.600	1	4
Mancozeb	62.3	.80	3.0	2	299
Sulfato de Gentamicina	18.7	.02	.800	1	1
<i>IAC x Fungicidas/Bactericidas</i>					608
El Porvenir					
Azoxystrobin	24.6	.50	.250	2	6
Triadimefon	33.3	.25	1.5	1	12
Sulfato de Cobre	47.8	.80	2.5	2	191
Azufre	45.5	.90	2.5	2	205
<i>IAC x Fungicidas/Bactericidas</i>					414
Villa Coronado					
Gentamicina	18.7	.02	.800	1	1
Oxicloruro de Cobre	33.3	.39	2.0	2	52
Mancozeb	62.3	.30	2.0	2	75
Propiconazol	26.1	.255	.400	2	5
Oxitetraciclina	18.7	.0603	.500	1	1
<i>IAC x Fungicidas/Bactericidas</i>					134

CIA = Cociente de Impacto Ambiental.
 ia = Ingrediente activo.
 d = Dosis empleada.
 a = Número de aplicaciones.
 IAC = Impacto ambiental en campo.

gión para el control de enfermedades y, al igual que sucede con los insecticidas, su manejo determinó el impacto que ejercieron sobre el medio ambiente (Cuadro 6).

Aun y cuando los productos derivados del cobre son baratos y de amplio espectro, y a pesar de que es considerado un producto de baja toxicidad (Mota, 1998), su manejo elevó los riesgos de tal forma que llegaron a superar ampliamente el impacto de productos insecticidas; esto fue evidente al observar los valores del IAC, que fluctuaron desde 16 hasta 117. Esta información es de importancia, ya que una limitante fuerte de estos productos es precisamente el riesgo de que puedan igualar la toxicidad de insecticidas como los clorados y organofosforados (Bauer, 1987). Otras limitaciones pueden derivarse de las nuevas disposiciones ambientales, ya que los estándares de calidad del agua han puesto especial atención a los contaminantes tóxicos prioritarios, dentro de los cuales se ha ubicado el cobre y sus derivados (EPA, 2003). Así pues, el manejo adecuado de los derivados del cobre es la medida que permitirá continuar con su empleo en los programas de control de enfermedades.

En el caso del mancozeb, los riesgos se relacionaron estrechamente con la cantidad de ingrediente activo, observándose que su IAC varió considerablemente de 37 a 299. En el caso más serio la cantidad de ingrediente activo presente en la formulación de este producto generó un alto impacto (IAC=299), mayor incluso que el de otros programas completos detectados en este estudio. Resultados similares reportan Ramírez y Jacobo (2002), quienes encontraron una correlación del impacto ambiental de plaguicidas con la cantidad total de ingrediente activo utilizado en el cultivo

Cuadro 6. Impacto ambiental de oxiclورو de cobre y mancozeb con diferente manejo en la Zona de Jiménez-Villa López, Chih. 2001-2002.

Producto	CIA	ia	d	a	IAC
Oxicloruro de Cobre	33.3	.39	3.0	3	117
	33.3	.39	2.0	2	52
	33.3	.39	2.0	1	26
Mancozeb	62.3	.80	3.0	2	299
	62.3	.30	4.0	2	150
	62.3	.30	2.0	2	75
	62.3	.30	2.0	1	37

CIA = Cociente de Impacto Ambiental.
 ia = Ingrediente activo.
 d = Dosis empleada.
 a = Número de aplicaciones.
 IAC = Impacto ambiental en campo.

de manzano. De acuerdo con esto, el empleo de mancozeb debe realizarse más cuidadosamente, poniendo especial atención en el empleo de formulaciones con bajo porcentaje de ingrediente activo y tomando en cuenta que este producto representa riesgos contra la salud que han motivado la presión de grupos ambientalistas en Estados Unidos. Estos riesgos se relacionan con la probable capacidad carcinogénica en humanos (EPA, 2002), dermatitis y dermatitis fotoalérgica (USFS, 1996), y principalmente en que es un inhibidor de la tiroide peroxidasa, afectando el funcionamiento normal de la glándula tiroides (Colborn *et al.*, 1993; Hurley *et al.*, 1998).


Finalmente, debemos considerar que la evaluación del impacto ambiental busca identificar y pronosticar el impacto de las acciones del control de plagas en el ambiente biogeofísico y en el bienestar de la población. En este sentido, los resultados obtenidos demuestran que el uso de plaguicidas en el cultivo de chile puede representar serios riesgos en algunas localidades de la zona, en virtud de lo cual se de-

berá iniciar con estudios tendientes a determinar:

- a) La efectividad de productos empleados regionalmente.
- b) Los niveles de resistencia desarrollados por los principales insectos y patógenos, e integrar un manejo rotacional de plaguicidas.
- c) La presencia de residuos peligrosos en la cosecha, en agua superficial y subterránea y en el suelo.
- d) La capacidad de ingredientes activos de origen vegetal y de agentes biológicos para controlar insectos y patógenos.

La meta final será implementar un programa de manejo integrado de plagas en el cultivo de chile en el que las medidas culturales y el empleo de control biológico jueguen un papel más importante y en el que la selección adecuada, además del uso eficiente y rotacional de plaguicidas, permitan reducir no solo los costos de producción, también los riesgos contra la salud humana, contra la vida silvestre y contra el medio ambiente en general.

Conclusiones

Se identificaron 48 productos y 16 programas diferentes para el control de plagas en el cultivo de chile. Los riesgos más importantes se relacionan con los fungicidas/bactericidas, cuyo impacto ambiental es mayor al generado por insecticidas/acaricidas, sin embargo el manejo que se realiza de estos productos modifica los índices observados. Considerando su elevado uso en la zona, su impacto ambiental y los riesgos contra la salud que representan, los plaguicidas de mayor peligro son endosulfan, clorpirifos, oxiclورو de cobre y mancozeb. 

Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento al personal de la Junta Local de Sanidad Vegetal de la Región Jiménez, en Jiménez, Chihuahua, por el apoyo brindado en la aplicación de las encuestas.

Literatura citada

- AVELAR, M.J. J. 1989. Intentos de Control de la Marchitez del Chile Ocasionada por el Hongo *Phytophthora capsici* L. en la Región de Valsequillo, Puebla, Mex. *Tesis. Maestría en Ciencias*. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de México. 66 p.
- AVENDAÑO, M., F., Gastélum, L.R., Ruiz, V., M. y López, M., M. 2001. Susceptibilidad del Picudo del Chile (*Anthonomus eugenii*) Cano (*Coleoptera:Curculionidae*) a Insecticidas en Culiacán, Sin. *En: XXXVI Con. Nal. de Entomología. Memorias*. Querétaro, Qro. E-106.
- BAUER, M. L. de 1987. Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Ed. LIMUSA. México, D.F. 384 p.
- BARROS, B. F. 2001. Comparación del Impacto Ambiental de Diferentes Programas de Manejo Fitosanitario en Manzano. Memoria de Título. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agro- nomía. Talca, Chile.
- BRAVO, M. E. 2002. Uso Reducido de Insecticidas y Control Biológico de Plagas del Jitomate en Oaxaca. *Agricultura Técnica en México* 28 (2):137-149.
- BUES, R., P. Bussières, M. Dadomo, Y. Dumas, M. I. Garcia-Pomar and J. P. Lianas. 2003. Assessing the environmental impacts of pesticides used on processing tomato crops. *Agriculture Ecosystems & Environment* 102 (2):155-162. Disponible online 20 de octubre 2003.
- CASTRO, F. R., García A. J. S. y Galán W.L.J. 2000. Aportaciones de la Biotecnología de Formulados a Base de *Bacillus thuringiensis* para el Control de Plagas Agrícolas. En: Pedroza, S.A., Esparza, M.J.H y Ruiz, T.J (Eds.). *Aprovechamiento Integral de los Recursos Naturales en Zonas Áridas*. URUZA, Bermejillo, Dgo. México. P. 71-87.
- COLBORN, T., F. S. Vom Saai and A.M. Soto. 1993. Developmental Effects of Endocrine-Disrupting Chemicals in Wildlife and Humans. *Environ. Health Perspectives* 101: 378-384.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). 2000. Chlorpyrifos Revised Risk Assessment and Agreement UIT Registrats. United States Environmental Protection Agency. Prevention, Pesticides and Toxic Substances. <http://www.epa.gov/oppsrrd1/op/chorpirifos/>
- _____. 2002. Pesticides Fact Sheets. United States Environmental Protection Agency. Prevention, Pesticides and Toxic Substances. <http://www.epa.gov/pesticides/factsheets>
- _____. 2003. Copper Compounds EPA Rule- Water Quality Standard. <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/fung-nemat/acetacid-etrizazole/c.../copper-standar.htm>
- GARTHWAITE, D. G. and M.R. Thomas. 1999. Pesticide Usage Survey Report 159. Arable Farm Crops in Great Britain. 1998. Pesticide Usage Survey Group. Central Science Laboratory. Sand Hutton. York.
- GRANADOS, S. D. y Pérez, C..M. L. 1995. Ecología e Impacto Ambiental. SEP. SEIT. DGETA. México, D.F. 167 p.
- GOLDBERG, N.P. 1998. Chile Pepper Diseases. Agr. Exp. Station. Circular 549. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. 20 p.

- GUIGÓN, L. C. y González, G.P.A. 2001. Estudio Regional de las Enfermedades del Chile (*Capsicum annuum*, L.) y su Comportamiento Temporal en el Sur de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:49-56. HARRIS, S. A, Sass-Kortsak AM, Corey PN, Purdham J. 2002. Development of models to predict dose of pesticides in professional turf applicators. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 12:130-144.
- HENRY, J.G y O.J.C. Runnalls. 1999. Residuos Peligrosos. En: Henry, J.G. y G.W. Heinke (eds.). *Ingeniería Ambiental*. 2da. Edición. Prentice Hall Inc. México. Pp 620- 684.
- HURLEY, M.P., Hill, R.N. and R.J. Whiting. 1998. Mode of Carcinogenic Action of Pesticides Inducing Thyroid Follicular Cell Tumors in Rodents. *Environ. Health Perspect* 106:437-445.
- JORGENSEN, L.J. 2001. Aldrin and Dieldrin: A Review of Research on Their Production, Environmental Deposition and Fate, Bioaccumulation, Toxicology and Epidemiology in the United States. *Environ. Health Perspect* 109 (suppl 1):113-139.
- KOVACH, J., Petzdolt, C., Degni, J. and Tette, J. 1992. A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. New York's Food and Life Sciences. Bulletin No. 139. Cornell University, Ithaca, N.Y. 8 p.
- LUGO, B., D. 1998. Regulación del Uso y Registro de Plaguicidas en México. En: Romero, N., J. y Anaya, R., S. (Comps.). 1998. *Plagas y Enfermedades de las Hortalizas en México*. SEP. SEIT. DGETA. México, D.F. pp. 295-310.
- LUJÁN, F.M. y S.N. Chávez. 2003. El arreglo topológico y su efecto en el crecimiento, desarrollo y producción del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Fitotecnia Mex.* 26 (2):81-87.
- MERGALEF, R. 1991. Ecología. Ed. Omega. Barcelona, España. 951 p.
- METCALF, R.L. 1994. Insecticidas en el Manejo de Plagas. En: R.L. Metcalf y W.H. Luckman (eds.). *Introducción al Manejo de Plagas de Insectos*. Ed. Limusa. México. Pp. 271-344.
- MOROZ, W.J. 1999. Contaminación del Aire. En: Henry, J.G. y G.W. Heinke (eds.). *Ingeniería Ambiental*. 2da. Edición. Prentice Hall Inc. México. Pp 492- 566.
- MOTA, S., D. 1998. Plaguicidas Autorizados en México. En: Romero, N., J. y Anaya, R., S. (Comps.). 1998. *Plagas y Enfermedades de las Hortalizas en México*. SEP. SEIT. DGETA. México, D.F. pp. 246-248.
- NIETO, Z. O. 2001. Fichas Técnicas de Plaguicidas a Prohibir o Restringir Incluidos en el Acuerdo No. 9 de la XVI Reunión del Sector Salud de Centroamérica y República Dominicana (RESSCAD). Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud. (OPS/OMS) San José, Costa Rica.
- ODEPA-SAG-RPC 1999. Manual de capacitación para el buen uso y manejo de plaguicidas Comité proyecto Chile-Canadá. Primera Serie. 163 pp.
- PEET, M. 2002. Sustainable Practices for Vegetable Production in the South. NC State University. <http://www.cals.ncsu.edu:8050/sustainable/peet>
- PEDIGO, P.L. 1991. Entomology and Pest Management. MacMillan Pub. Co. 645 p.
- RAMÍREZ, L., M., R., y Jacobo, C., J., L. 2002. Impacto Ambiental del Uso de Pesticidas en Huertos de Manzano del Noroeste de Chihuahua. *Revista Mexicana de Fitopatología* 20:168-173.
- RUESINK, G.W. y Kogan, M. 1994. Bases Cuantitativas del Manejo de Plagas: Muestreo y Medición. En: R.L. Metcalf y W.H. Luckman (eds.). *Introducción al Manejo de Plagas de Insectos*. Ed. LIMUSA. México. Pp. 389-434.
- SEGURA, M., A. 1998. Técnicas para Determinar Residuos de Plaguicidas. En: Romero, N., J. y Anaya, R., S. (Comps.). 1998. *Plagas y Enfermedades de las Hortalizas en México*. SEP. SEIT. DGETA. México, D.F. pp. 295-310.
- SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL. 2002. Programa Sectorial 2001-2004. Secretaría de Desarrollo Rural, Gobierno del Estado de Chihuahua. 91 p.
- SIVILLA, 2001. Prioridades del Sector Agropecuario y Forestal para la Formulación de Proyectos Integrales. COMPILACIÓN. Sistema de Investigación Francisco Villa. SEP. CONACYT. 157 p.
- SOTO, A.M., Chung, K., L. and C. Sonneschein. 1994. The Pesticides Endosulfan, Toxaphene and Dieldrin Have Estrogenic Effects on Human Estrogen-Sensitive Cells. *Environ. Health Perspect* 102:380-383.
- UNITED STATES FOREST SERVICE. Southwest Region (USFS). 1996. Nursery Pest Management Humboldt Nursery Final Environmental Impact Statement. San Francisco, CA.

Este artículo es citado así:

GUIGÓN-LÓPEZ, C. y P. A. González-González. 2007. Manejo de plagas en el cultivo de chile y su impacto ambiental en la zona agrícola de Jiménez-Villa López, Chihuahua, México. *TECNOCIENCIA Chihuahua* 1(2): 36-47.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

CÉSAR GUIGÓN LÓPEZ. Durante el periodo 1982-1986 cursó su carrera profesional en el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 24 de Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, otorgándosele el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. En el periodo 1992-1994 realizó estudios de posgrado en el Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, otorgándosele el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Parasitología Agrícola. El M. C. Guigón ha participado en la organización de congresos científicos, forma parte del Comité Evaluador de proyectos de investigación de Fundación Produce Chihuahua; es miembro de la Sociedad Mexicana de Fitopatología y Editor Asociado de la Revista Mexicana de Fitopatología. Actualmente ocupa el cargo de Director del Centro de Investigación para los Recursos Naturales (CIRENA), localizado en Salaices, Chihuahua; también es catedrático de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua, donde imparte clases en los niveles de licenciatura y posgrado. En resumen, el M. C. Guigón tiene una vasta experiencia como administrador, investigador y docencia en el área de Ciencias Biológicas, y su especialización está orientada hacia la Fitopatología y Parasitología Agrícola.

PABLO ANDRÉS GONZÁLEZ GONZÁLEZ. Realizó su carrera profesional en el periodo 1982-1986 en el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 24 de Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, recibiendo el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Durante los años 1989-1991 realizó estudios de posgrado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, otorgándosele el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Estadística Experimental. El M. C. González ha sido investigador del Centro de Investigación para los Recursos Naturales (CIRENA), localizado en Salaices, Chihuahua; además, ocupó los cargos de Subdirector Técnico y Administrativo del CIRENA. Actualmente está adscrito al Instituto Tecnológico Agropecuario No. 18, donde desempeña actividades docentes y de investigación. Su producción académica incluye su colaboración en 16 ponencias presentados en congresos científicos, así como cuatro artículos publicados en revistas científicas arbitradas. El M. C. González posee experiencia como administrador, docente e investigador; su investigación está orientada principalmente hacia la Fitopatología y la Educación.