

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**TOXICIDAD DE INSECTICIDAS SOBRE *Eriopsis connexa* (Germar)  
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)**

**ROBERTO MANUEL LORCA GONZALEZ**

**SANTIAGO-CHILE**

**2005**



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**TOXICIDAD DE INSECTICIDAS SOBRE *Eriopis connexa* (Germar)  
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Agrónomo  
Mención: Fitotecnia

ROBERTO MANUEL LORCA GONZÁLEZ

PROFESORES GUÍAS	Calificaciones
Sr. Jaime E. Araya C. Ing. Agrónomo, MS, PhD	6,5
Sra. M. Angélica Guerrero S. Prof. Biología	6,6
PROFESORES CONSEJEROS	
Sr. Luis A. Sazo R. Ing. Agrónomo	6,2
Sr. Raimundo Charlín C. Ing. Agrónomo	7,0

SANTIAGO- CHILE  
2005

## ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	1
Palabras claves	2
SUMMARY	3
Key words	4
INTRODUCCIÓN	5
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
Rol de los enemigos naturales	7
Importancia de los coccinélidos	8
Biología de <i>Eriopis connexa</i>	9
Larva	10
Pupa	10
Adulto	11
Ciclo de vida	11
Susceptibilidad de los coccinélidos a los plaguicidas	12
Importancia y manejo de <i>Aphis craccivora</i> como plaga en cultivos	18
MATERIALES Y MÉTODOS	20
Materiales	20
Materiales para el estudio	20
Modo de acción de los insecticidas	21
Métodos	21
Etapa 1. Crianza de <i>Eriopis connexa</i> , <i>Aphis craccivora</i> y <i>Acyrtosipon pisum</i>	21
Etapa 2. Aplicación de insecticidas y obtención de resultados	22

Diseño y análisis estadístico	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Observaciones sobre la metodología de crianza y aplicación de insecticidas	25
Resultados de mortalidad	26
Mortalidad acumulada de adultos de <i>Eriopis connexa</i>	26
Mortalidad acumulada de larvas de <i>Eriopis connexa</i>	29
Observaciones de canibalismo larvario	31
Mortalidad acumulada de huevos de <i>Eriopis connexa</i>	31
Mortalidad acumulada de pupas de <i>Eriopis connexa</i>	33
Mortalidad acumulada de áfidos	36
CONCLUSIONES	40
LITERATURA CITADA	41
ANEXOS Y APÉNDICES	51

## ÍNDICE DE CUADROS

	<u>Pág.</u>
Cuadro 1. Categorías de toxicidad según la OILB	16
Cuadro 2. Productos aplicados sobre estados de desarrollo de <i>Eriopsis connexa</i> y <i>Aphis craccivora</i>	24
Cuadro 3. Resultados de los ensayos de mortalidad del áfido <i>Aphis craccivora</i> sobre plantas de habas tratadas	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1. Larva de <i>Eriopis connexa</i> alimentándose de áfido	12
Figura 2. Secuencia de ensayos toxicológicos de plaguicidas en insectos benéficos, según el protocolo de la OILB	18
Figura 3. <i>Aphis craccivora</i>	19
Figura 4. Mortalidad acumulada de adultos de <i>Eriopis connexa</i> sometidos a las dosis comerciales y $\frac{1}{4}$ de éstas	27
Figura 5. Mortalidad acumulada de larvas de <i>Eriopis connexa</i> sometidas a las dosis comerciales de los insecticidas evaluados y a $\frac{1}{4}$ de éstas	30
Figura 6. Mortalidad acumuladas de huevos de <i>Eriopis connexa</i> en los tratamientos de dosis comerciales y a $\frac{1}{4}$ de éstas	32
Figura 7. Mortalidad acumulada de pupas de <i>Eriopis connexa</i> en tratamientos con dosis comerciales y a $\frac{1}{4}$ de éstas	34





## RESUMEN

Se evaluó en laboratorio la toxicidad de cinco insecticidas sobre *Eriopsis connexa* (Germar), importante depredador de áfidos. Los productos seleccionados (metamidofos, dimetoato, pirimicarb, thiacloprid y fenvalerato), son ampliamente utilizados para el control de áfidos, y se aplicaron sobre huevos, larvas, pupas y adultos del coccinélido mediante una torre Potter ST-4 en dosis comerciales y a  $\frac{1}{4}$  de éstas. El efecto aficida de cada tratamiento se verificó sobre el áfido *Aphis craccivora* Koch.

Metamidofos y dimetoato fueron los insecticidas más tóxicos para todos los estados de desarrollo de *E. connexa*, en las dos dosis aplicadas. Las dosis comercial y reducida de metamidofos causaron 42,5 y 33,8% de mortalidad de huevos, 55,0 y 48,8% de pupas y 100,0 y 81,0% de adultos, respectivamente. Con dimetoato se obtuvo 51,3 y 41,3% de mortalidad de huevos; 52,3 y 45,0% de pupas y 90,0 y 82,5% de adultos, respectivamente. La mortalidad de *A. craccivora* con las dosis normal y  $\frac{1}{4}$  de metamidofos fue 82,5 y 57,1%, respectivamente, y 82,7 y 58,1% con dimetoato. Fenvalerato en dosis comercial causó niveles medios de mortalidad en el depredador (30,0% en huevos; 42,5% en pupas y 51,0% en adultos) y 42,0% en el áfido. Con las dosis aplicadas de pirimicarb y thiacloprid se obtuvo la menor mortalidad, tanto del depredador en sus diversos estados de desarrollo como del áfido. La aplicación de pirimicarb causó una mortalidad en huevos de 26,3 y 23,8% , en pupas de 31,3 y 23,8% y en adultos de 32,5 y 20,0%, respectivamente. Thiacloprid en dosis comercial y  $\frac{1}{4}$  causó 16,3 y 22,5% de mortalidad en huevos, 26,3 y 20,0% en pupas y 40,0% (con ambas dosis) en los adultos. La mortalidad del áfido con pirimicarb fue 33,4 y 31,0% y con thiacloprid 23,1 y 20,0%, respectivamente.

Metamidofos y dimetoato en dosis reducida y fenvalerato en dosis comercial, podrían ser de utilidad en manejo integrado de plagas, al obtenerse control de áfidos y permitir alguna supervivencia del depredador. Los áfidos supervivientes a las aplicaciones de metamidofos y dimetoato en dosis reducidas y fenvalerato en dosis

comercial servirían además de fuente de alimento para los coccinélidos no afectados por los tratamientos.

Además de los resultados toxicológicos, en todos los tratamientos se observó canibalismo larvario.

### Palabras claves

*Aphis craccivora*

Dimetoato

*Eriopsis connexa*

Fenvalerato

Metamidofos

Pirimicarb

Thiacloprid

## SUMMARY

Toxicity of five insecticides was evaluated onto *Eriopis connexa* (Germar), an important aphid predator, was evaluated in the laboratory. The products selected (metamidophos, dimetoate, pirimicarb, thiacloprid, and fenvalerate), are widely used against aphids, and were applied onto eggs, larvae, pupae, and adults of the coccinellid in an ST-4 Potter tower, at commercial and  $\frac{1}{4}$  dosages. The aphicide effect of each treatment was verified on the aphid *Aphis craccivora* Koch.

Metamidophos and dimetoate were the insecticides most toxic at both dosages applied for all development stages of *E. connexa*. The commercial and reduced dosages of amidophos caused 42.5 and 33.8% mortality of eggs, 55.0 and 48.8% pupae, and 100.0 and 81.0% adults, respectively. Dimetoate killed 51.3 and 41.3% eggs, 52.3 and 45.0% pupae, and 90.0 and 82.5% adults, respectively. Mortality of *A. craccivora* with the commercial and the  $\frac{1}{4}$  dosages were 82.5 and 57.1%, respectively, and 82.7 and 58.1% with the corresponding dosages of dimetoate. Fenvalerate at the commercial dosage caused medium level mortality on the predator (30.0% eggs, 42.5% pupae, and 51.0% adults), and 42.0% on aphids. The dosages applied of pirimicarb and thiacloprid obtained the least mortality, both of the predator at its diverse development stages and the aphid. Application of pirimicarb caused egg mortality of 26.3 and 23.8% at commercial and  $\frac{1}{4}$  dosages, respectively, 31.3 and 23.8% pupal mortality and 32.5 and 20.0% adult mortality, respectively. Thiacloprid at the commercial and  $\frac{1}{4}$  dosages caused, respectively, 16.3 and 22.5% mortality of eggs, 26.3 and 20.0% of pupae, and 40.0% of adults (with both dosages). Mortality of the aphid with pirimicarb was 33.4 and 31.0%, and with thiacloprid 23.1 and 20.0%, respectively.

Metamidophos and dimetoate at reduced dosages, together with fenvalerate at the commercial dosage, would be of value in integrated pest management, as they obtained aphid control and allowed some survival of the predator. The aphids surviving in the metamidophos and dimetoate treatments at dosages reduced to  $\frac{1}{4}$  the commercial ones, and fenvalerate at commercial levels would also serve as prey for those coccinellids surviving the insecticide treatments.

Besides the results of toxicology, larval cannibalism was observed in all treatments.

#### Key words

*Aphis craccivora*

Dimetoate

*Eriopis connexa*

Fenvalerate

Metamidophos

Pirimicarb

Thiacloprid

## INTRODUCCION

Las chinitas, “lady bugs”, se caracterizan por tener un cuerpo globoso típicamente rojizo o anaranjado, con manchas específicas; y son una parte de las cerca de 4000 especies de Coccinellidae en el mundo (Korschefsky, 1932, citado por Hagen, 1962). Viven en ambientes muy diversos y la mayoría son depredadores naturales benéficos, pero unas pocas afectan cultivos agrícolas (e.g., *Epilachna* spp.; Hagen, 1962).

Muchas especies de chinitas tienen gran valor en el control natural y biológico de áfidos, cóccidos y ácaros fitófagos (Hagen, 1962; Aguilera, 1970) y son importantes enemigos naturales en diversos agroecosistemas (Brown, 1962; Hagen, 1962; Belnavis 1989; Elliott y Kieckheffer, 1990).

*Eriopis connexa* Germar, coccinélido neotropical muy común en Chile (Grez y Villagrán, 2000), se presenta en densidades altas durante primavera y verano y es el depredador más importante del complejo de enemigos naturales de áfidos (Martos y Niemeyer, 1989) y arañitas fitófagas (Prado, 1991). Se encuentra de preferencia en trigo (Etcheagaray, 1982; Martos y Niemeyer, 1989), y abunda en diversos árboles, especialmente álamos, sauces y naranjos, bajo las hojas de tréboles y otras leguminosas, incluyendo alfalfa (Montes, 1970).

El control de plagas con insecticidas convencionales afecta severamente las poblaciones de enemigos naturales. Por ejemplo, Wilkinson *et al* (1975) observaron 100% de mortalidad de *H. convergens* al utilizar metil paration. En forma similar, Boyd y Boethel (1998) tuvieron >85% de mortalidad de hemípteros depredadores después de 72 h de exposición a permetrina, un piretroide de aplicación foliar.

Pirimicarb es un carbamato, insecticida de acción selectiva contra áfidos, de baja toxicidad para los enemigos naturales y poco riesgo para las abejas (Barberá, 1989). Otros productos, como imidacloprid y spinosad, también tienen acción aficida. Imidacloprid mata insectos por contacto e ingestión, y es usado para el control de plagas succionadoras de savia y estados larvarios y adultos de varias especies. Actúa como inhibidor competitivo en los receptores de la acetilcolina, y bloquea las señales conducidas por la acetilcolina en la membrana postsináptica, y con ello altera la función nerviosa normal (NPTN, 2001). Spinosad es un insecticida de última generación

resultante de la fermentación de la bacteria del suelo *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao. Este insecticida neurotóxico es una mezcla natural de dos componentes, las espinosinas A y D, las que confieren una alta toxicidad contra un vasto número de insectos. A diferencia de otros productos fisiológicamente comparables, actúa sobre un sitio diferente de acción neuromuscular, lo que se traduce en una hiperexcitación que paraliza por fatiga nerviosa. En general controla en forma efectiva plagas de lepidópteros, dípteros y tisanópteros, y también algunos coleópteros y ortópteros que consumen grandes cantidades de follaje (Thompson *et al*, 2001).

El objetivo de esta memoria fue estudiar el efecto de dosis comerciales y reducidas de algunos insecticidas sobre los estados de desarrollo de *E. connexa* Germar y verificar su acción sobre el áfido *Aphis craccivora* Koch.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### Rol de los enemigos naturales

Los artrópodos depredadores y parasitoides son importantes en la naturaleza como agentes biológicos de control de insectos y ácaros en la mayoría de los ecosistemas agrícolas. Muchas de estas especies entomófagas, especialmente los parasitoides, se han adaptado biológicamente a sus huéspedes o presas y se han vuelto buscadores eficientes de poblaciones de artrópodos herbívoros (Croft, 1990). Hoy, los enemigos naturales de las plagas son reconocidos como participantes esenciales en el control de plagas a largo plazo (Banken y Stark, 1998).

Los depredadores devoran su presa, y generalmente comen más de una víctima. Los parasitoides se alimentan del cuerpo de otro insecto y lo matan, y atacan a un sólo huésped (Swan, 1964).

Los requerimientos de presas de un depredador dependen de su tamaño, eficiencia de búsqueda y otras actividades que consumen energía, y del tamaño y calidad nutricional de la población de la presa. La facilidad para encontrar la cantidad requerida de presa depende también de la eficiencia de búsqueda, tamaño de la población presa, distribución espacial y obstrucción del hábitat (Takami *et al*, 1981).

La depredación se puede describir como una función matemática del número de presas y depredadores, capacidad de éstos y superficie foliar del cultivo. La capacidad depredadora es una función exponencial negativa de la densidad de la presa, pues los depredadores cubren menos área a medida que la densidad aumenta. La densidad de la presa se define, en consideración al tamaño del universo de búsqueda del depredador (área foliar del cultivo), como el número de presas por  $\text{cm}^2$  (O'Neil y Stimac, 1988).

## **Importancia de los coccinélidos**

Los coccinélidos son un grupo numeroso de depredadores, de importancia mayor para el control biológico en relación a otras taxas (Obrycki y Kring, 1998). Aunque son depredadores polífagos, prefieren los áfidos y sirven como agentes en la disminución de numerosas poblaciones de presas (Hodek, 1973). Todas las especies en Chile son benéficas, y tanto sus larvas como adultos son eficientes contra pulgones, chanchitos blancos, ácaros y conchuelas. Poseen un gran potencial como controladores biológicos, por lo que algunas especies foráneas son excelentes candidatas para ser introducidas al país y fortalecer el control biológico de plagas (Prado, 1991).

La eficacia de los coccinélidos depredadores en sistemas naturales o manejados es difícil de determinar, dadas su movilidad y naturaleza polífaga. La evaluación de eficacia involucra muestreos cuidadosos, la interrupción del uso de insecticidas, experimentos excluyentes y presas diversas, marcadas y bajo observación directa, y experimentos del comportamiento (Obrycki y Kring, 1998).

Evidencias experimentales indican que los coccinélidos y otros artrópodos afidófagos mantienen a menudo, poblaciones naturales de áfidos en densidades bajas (Frazer *et al*, 1981; Kring *et al*, 1985; Rice y Wilde, 1988).

El control biológico es parte del control natural que regula la densidad de población de las especies plaga (Saini, 1983). Los depredadores importantes como agentes de control biológico en sistemas de cultivos efímeros tienen la habilidad de colonizar rápidamente nuevos ambientes, y la capacidad de persistir en los ecosistemas en ausencia de la especie plaga (Ehler y Miller, 1978).

El control biológico clásico es la regulación de una población plaga por enemigos naturales exóticos, importados para este propósito. Normalmente, la plaga es una especie exótica que ha alcanzado una alta densidad de población en el nuevo ambiente debido a condiciones favorables, que pueden incluir la carencia de enemigos naturales capaces de regular la plaga a niveles bajos. En este caso, el establecimiento de enemigos naturales desde el ambiente nativo puede resultar en la reducción de la población de la especie objetivo a niveles de no plaga (Caltagirone, 1981).



Hay tres conceptos generales de control biológico: importación, incremento y conservación de enemigos naturales, con técnicas que se pueden utilizar solas o en combinación, en un programa de control biológico (Landis y Orr, 1996).

Según DeBach y Rosen (1991), la conservación de enemigos naturales involucra la modificación del ambiente para favorecer a los enemigos naturales (o minimizar daños). Un trastorno mínimo de enemigos naturales puede lograrse por (a) la reducción del impacto de insecticidas, (b) el uso selectivo de variedades de plantas resistentes a plagas, (c) los cambios en las prácticas culturales, incluyendo el mantenimiento de refugios para enemigos naturales a través del uso de franjas de vegetación, bordes de campos, o cultivos de cobertera, o (d) la alteración del paisaje regional. Como los coccinélidos son generalistas altamente móviles, estas tácticas afectan a menudo su dinámica de población, a pesar de los objetivos del programa de conservación (Obrycki y Kring, 1998).

Un rasgo deseable del control biológico es que no causa contaminación ambiental como la asociada al control químico. Sin embargo, la introducción de un nuevo organismo en el ambiente es una forma de contaminación, y puede ser significativa para la conservación de especies (Elliott *et al*, 1996).

### **Biología de *Eriopis connexa***

Según Martos y Niemeyer (1989) la cópula en *E. connexa* es frecuente, ocurre desde poco después de alcanzar el estado adulto hasta poco antes de la muerte, y es importante para la puesta de huevos fértiles. Etchegaray (1982) ha observado que los adultos copulan los tres primeros días después de la emergencia y comienzan a poner huevos al día siguiente del apareamiento, pero según Martos y Niemeyer (1989) la ovipostura se inicia a los 15,5 días de alcanzado el estado adulto y a intervalos de 3 a 4 días.

La hembra de *E. connexa* deposita los huevos de color amarillo claro, algo translúcidos cuando están recién puestos, en series de 18 a 24, muy ordenados y juntos. Tienen forma ovalada y están sujetos al lugar de postura por uno de sus extremos, de manera que se encuentran enhiestos unos al lado de los otros. El huevo demora seis días en eclosionar a 20°C y 75% de humedad, cinco días a 23±5°C, tres días a 25°C y cuatro días a 23°C (Montes, 1970; Etchegaray y Barrios, 1979; Etchegaray,

1982; Martos y Niemeyer, 1989). Según Montes (1970), a 10°C ningún huevo alcanza a eclosionar en laboratorio.

**Larva** (Figura 1): La especie pasa por cuatro estadios larvarios (Etchegaray y Barrios 1979). La larva recién emergida mide 1,5 mm de longitud y es muy delgada, de color pardo claro y semitransparente (Montes, 1970). Después de emerger y por unos dos días, permanece sobre la masa de huevos, alimentándose de huevos que aún no han eclosionado, para después dispersarse. Son muy voraces y caníbales, dependiendo de su densidad o si el alimento es insuficiente (Etchegaray y Barrios 1979, Martos y Niemeyer 1989).

La larva de último estadio mide 7 mm de largo y 2,5 mm de ancho y tiene un color de fondo gris oscuro con manchas anaranjado claro en distintas partes del cuerpo (Montes, 1970).

La duración del período larvario en laboratorio es  $13\pm 15$  días a 23°C,  $16,35\pm 3,22$  días a  $20\pm 1^\circ\text{C}$ , 16,1 días a 20°C y 17 días a  $23\pm 5^\circ\text{C}$  (Montes, 1970; Etchegaray y Barrios, 1979; Etchegaray, 1982; Martos y Niemeyer, 1989).

**Pupa:** Al término del cuarto estadio, la larva deja de comer y permanece inmóvil por dos días. Durante este tiempo se fija al sustrato por el último segmento abdominal y el resto del cuerpo se curva, de modo que observada desde arriba presenta una forma convexa (Etchegaray y Barrios, 1979).

En la región anterior del cuerpo de la pupa, se presenta dos franjas de color anaranjado y se observan claramente los tres pares de patas de la larva que cuelgan como apéndices (Montes, 1970).

La duración del estado de pupa en laboratorio es  $8,39\pm 0,95$  d a  $20\pm 1^\circ\text{C}$ , 7–8 d a 23°C,  $7,5\pm 0,5$  d a 20°C y 5,4 d a  $23\pm 5^\circ\text{C}$  (Montes, 1970; Etchegaray y Barrios, 1979; Etchegaray, 1982; Martos y Niemeyer, 1989).

**Adulto:** El adulto emerge por el extremo anterior del pupario. El exuvio se observa partido en la línea medio-dorsal de la región cefálica y torácica y lateralmente en la región de los élitros (Etchegaray y Barrios, 1979).

*E. connexa* no tiene dimorfismo sexual, pero los sexos se pueden diferenciar, porque antes de oviponer, la hembra presenta un abdomen abultado que los élitros no alcanzan a cubrir completamente (Etchegaray y Barrios, 1979).

El adulto tiene el cuerpo compacto, ovalado, sin pelos. La cabeza prognata es negra, más angosta que el tórax. Las antenas tienen 11 segmentos pardo amarillentos. El pronoto es negro en vista dorsal, aunque lateralmente presenta una franja anaranjada en su porción anterior y blanca en su parte posterior. Los élitros son negros, cada uno con cuatro grandes manchas anaranjadas que alcanzan hasta el borde lateral, originando una línea continua en el margen. Las patas son negras y tienen garras bífidas. El tórax y abdomen son negros ventralmente, excepto un par de manchas blancas en los mesoepisternos junto a las coxas mesotorácicas y otro par en los metaepisternos junto a las coxas metatorácicas.

Bajo condiciones controladas el insecto permanece como adulto entre 200 (Etchegaray y Barrios, 1979) y 260 d (Montes 1970). Sin embargo, Martos y Niemeyer (1989) han observado que las hembras pueden sobrevivir 360 d, aunque después de los tres meses de edad producen más huevos infértiles.

**Ciclo de vida.** Según Miller y Paustian (1992), el desarrollo en laboratorio desde la ovipostura a la emergencia del adulto varió de 53,3 d a 14°C a 10,9 d a 34°C. Del total de este período, el desarrollo de los huevos, larvas, y pupas varió entre 14 y 19%, 56 y 60%, y 22 y 28%, respectivamente (Miller y Paustian, 1992). *E. connexa* tiene dos generaciones en una estación (Etchegaray, 1982).

El desarrollo de huevo a adulto requiere 259,1 días grado sobre un umbral mínimo de desarrollo de 9,2°C. Aparentemente, las altas unidades calóricas requeridas para el desarrollo de *E. connexa* contrarrestan las bajas temperaturas en que el desarrollo puede ocurrir (Miller y Paustian, 1992).

*E. connexa* vive generalmente sobre arbustos o árboles en los cuales abundan áfidos, su alimento natural. Son malos voladores y vuelan poco en el día, de preferencia en los momentos de mayor calor en primavera y verano, y nunca a más de 15 m de altura. Al volar abren sus élitros. Son lentos para emprender el vuelo y torpes para finalizarlo, posándose con dificultad (Montes, 1970).

Las larvas y adultos de *E. connexa* se encuentran durante todo el año, con máximos anuales a fines de marzo (Apablaza y Stevenson, 1995). Según Etchegaray (1982), este coccinélido se encuentra en trigo cultivado en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Chile desde mediados de septiembre hasta fines de noviembre.



Figura 1. Larva de *Eriopis connexa* alimentándose de áfido.

Prado (1991) menciona a 24 especies de áfidos que sirven de presa a *E. connexa* en Chile, junto con larvas de *Rachiplusia nu* (Guenée) y el ácaro *Tetranychus desertorum* Banks.

### **Susceptibilidad de los coccinélidos a los plaguicidas**

El término plaguicida describe cualquier sustancia o mezcla de ellas que se usan para prevenir o controlar cualquier especie de planta o animal indeseable, incluyendo también cualquier otra sustancia o mezcla de ellas destinadas a utilizarse como regulador de crecimiento de las plantas, o defoliantes o desecantes (Barberá, 1989).

Las investigaciones de control de la mayoría de las plagas se dirigen fundamentalmente a encontrar aquellos insecticidas que resulten más eficaces, pero en general no tratan de interpretar las interacciones de los factores bióticos y abióticos que regulan la población de la plaga (Saini, 1983).

La aplicación de insecticidas es uno de los métodos de control de plagas más ampliamente usado en todo el mundo y por lo general, en algunos lugares se acostumbra utilizarlos como la única forma para suprimir los problemas causados por

poblaciones de insectos que afectan económicamente la producción de cultivos (Aguilera, 1989).

El uso intensivo e indiscriminado de insecticidas ha producido en muy poco tiempo un desequilibrio biológico en la naturaleza y un aumento en la contaminación ambiental (Saini, 1983).

El control químico implica el control inmediato y temporal de poblaciones locales (Saini, 1983; Aguilera, 1989), mientras que los agentes de biocontrol pueden autoperpetuarse y son capaces de responder a las fluctuaciones de la densidad poblacional de la plaga que afectan (Saini, 1983).

La práctica cultural con los mayores efectos en las poblaciones locales de coccinélidos es la aplicación de insecticidas. En consecuencia, la reducción de plaguicidas tóxicos en los ambientes donde estos insectos viven puede producir grandes beneficios. Numerosos insecticidas y fungicidas pueden reducir las poblaciones de los coccinélidos, mediante efectos tóxicos directos (por contacto inmediato o toxicidad residual), e indirectos (por el consumo de presas tratadas, que a menudo resulta en una dosis letal) (DeBach y Rosen, 1991). La supervivencia de los coccinélidos puede ser también afectada al disminuir su fecundidad o longevidad, o indirectamente al disminuir sus fuentes de alimento. Los adultos se pueden dispersar desde áreas tratadas en respuesta a una reducción severa de presas o debido a la repelencia a insecticidas (Newsom, 1974).

El efecto de los plaguicidas sobre los coccinélidos varía ampliamente según su toxicidad. Además, los coccinélidos varían enormemente en su susceptibilidad a estos compuestos (Kaakeh *et al*, 1996; Obrycki y Kring, 1998).

Pruebas de laboratorio pueden no suministrar evaluaciones reales de efectos de aplicaciones de campo (Zoebelein, 1988). Además, las evaluaciones de campo se complican por emigración del depredador, lo que se suma a la mortalidad causada por los plaguicidas (Newsom, 1974; Zoebelein, 1988).

Los coccinélidos recolonizan los cultivos rápidamente después de aplicaciones de insecticidas si hay presas suficientes (Zoebelein, 1988) y son altamente susceptibles a diversos insecticidas (Ahmed *et al*, 1954; Moffitt *et al*, 1972; Bruwer y Schoeman, 1988;

Mizell y Schiffhauer, 1990; Biddinger y Hull, 1995), y a menudo sus presas son menos susceptible a los insecticidas (Croft, 1990).

Según Bayoun *et al* (1995), *H. convergens* fue más tolerante en ensayos de campo a 14 insecticidas en comparación a otros tres coccinélidos en trigo. En esas evaluaciones, acefato causó la menor toxicidad a coccinélidos depredadores.

La selección de insecticida (tipo y dosis) y la aplicación oportuna permiten disminuir los efectos en coccinélidos mientras se conserva la eficacia contra plagas (Phoehling, 1988; Mizell y Schiffhauer, 1990). Phoehling (1988) consideró al fenvalerato un producto útil en la conservación de coccinélidos, aunque Kaakeh *et al* (1996) lo encontraron altamente tóxico. Según Biddinger y Hull (1995), la abamectina, un insecticida moderadamente selectivo, es altamente tóxico a adultos y larvas del coccinélido *Stethorus punctum* (LeConte) en laboratorio, pero puede ser menos tóxico en el campo.

*H. convergens* sufre una mortalidad indirecta significativa al consumir presas con residuos de varias clases de insecticidas. Por ejemplo, los adultos son moderadamente susceptibles a áfidos tratados con metomilo, mientras los áfidos tratados con piretroides resultan más tóxicos (Hurej y Dutcher, 1994).

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) armoniza los métodos disponibles para un manejo óptimo de plagas y la conservación del medio ambiente, incluyendo el control biológico. El MIP puede lograrse a través del uso prudente de plaguicidas relativamente selectivos, aplicados sólo cuando sea necesario y en formas de aplicación no destructivas, en combinación con un programa de control biológico, el que debe ser siempre un componente mayor. Otras alternativas selectivas, ya sea controles culturales, mecánicos, físicos y autocidas, deben incorporarse siempre que sean aplicables. La conservación de los agentes de control biológico debe ser la meta de cualquier programa de MIP (Barret, 1998; Rosen, 1998).

Determinar la peligrosidad de un plaguicida para el enemigo natural es un requisito para su uso conjunto. La peligrosidad depende de dos factores, el riesgo que el plaguicida supone para el agente y la exposición a la cual se le somete. El riesgo es el porcentaje de población afectado tras el tratamiento, ya sea de forma aguda (mortalidad directa observada), o subletal (cambios causados en la fisiología y/o el comportamiento del artrópodo, como alteraciones en el número de huevos fértiles o en la longevidad,

fenómenos de repelencia, dificultades para reconocer el huésped, etc.) y depende directamente de la toxicidad intrínseca del plaguicida, que se suele expresar con la dosis letal cincuenta ( $DL_{50}$ ) (cuanto menor sea esa dosis, más tóxico es el producto) (Viñuela, 1996).

La OILB (Organización Internacional para la Lucha Biológica) ha desarrollado un protocolo estándar para el análisis del impacto de plaguicidas en organismos no objetivos (Hassan, 1989). Esta organización reúne a un grupo de expertos que informan sobre un rango amplio de plaguicidas, y ha generado recomendaciones valiosas sobre estos productos para ser usadas en sistemas MIP y MIC (manejo integrado de cultivos) (Barret, 1998; Hassan, 1998a). Desde 1991, la legislación europea establece la obligatoriedad de efectuar estudios ecotoxicológicos con enemigos naturales antes del registro de un plaguicida (González y Viñuela, 2000).

Las pruebas se conducen inicialmente bajo condiciones controladas en laboratorio. Éstas incluyen el uso de un sustrato artificial (vidrio o arena) para la exposición inicial a los residuos de plaguicidas. Cuando en este nivel se determinan efectos dañinos, se puede usar una vía de exposición más extensa en laboratorio, aplicando el compuesto a la mayor concentración recomendada para aplicaciones de campo de una formulación representativa. Productos aplicados más frecuentemente deben incluir pruebas posteriores que consideren repeticiones e indiquen los efectos de la acumulación de residuos. Para productos que aún causan efectos dañinos, la etapa siguiente en la secuencia de pruebas son ensayos de semi-campo, bajo condiciones de uso más reales, en un contenedor o caja. La última etapa de evaluación son estudios de campo bajo condiciones reales y poblaciones naturales de especies benéficas. En todas las etapas se debe usar una formulación comercial, y en el campo el método de aplicación debe ser el que sería finalmente recomendado, para no afectar el resultado del estudio (Barret, 1998).

Los productos inocuos para un organismo benéfico determinado en pruebas de laboratorio son muy probablemente inocuos para el mismo organismo en el campo y en estos casos no se recomiendan otros experimentos de semi-campo o campo. Pero si un producto tiene alguna toxicidad en laboratorio, debe ser evaluado en ensayos de campo (Hassan, 1998b).

Las pruebas iniciales están diseñadas para evaluar los efectos de una sola ruta de exposición al plaguicida, el contacto con la superficie tratada, mientras que en el campo, los organismos benéficos pueden recibir exposición de tres fuentes: exposición directa a gotas asperjadas, absorción de residuos por contacto con superficies contaminadas, y absorción oral desde fuentes de alimento contaminado (Longley y Stark, 1996).

Con estas pruebas, la OILB, a través de su grupo de trabajo “Plaguicidas y Organismos Benéficos” ha clasificado a estos compuestos en cuatro categorías, dependiendo del grado de daño que causan al organismo (Hassan, 1988, 1992) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorías de toxicidad de plaguicidas según la OILB.

Plaguicidas	Toxicidad	Mortalidad (%)
Inocuos	1	<30
Levemente nocivo	2	30–79
Moderadamente nocivo	3	80–99
Nocivo	4	>99

Si se modifican los dos componentes de la peligrosidad de un plaguicida (riesgo y exposición), se puede llegar a respetar a los enemigos naturales, de forma que se puedan usar conjuntamente. Para ello se puede jugar con la selectividad fisiológica o intrínseca del plaguicida, y con la selectividad ecológica o de uso (Viñuela, 1996).

La selectividad intrínseca o fisiológica hace referencia a la toxicidad misma del producto (expresada como  $DL_{50}$ ). Para respetar al máximo un enemigo natural se deben usar productos lo más selectivos posibles ( $DL_{50}$  altas para este agente) o modificar la dosis de uso. La respuesta de mortalidad de los insectos a los plaguicidas no es igual para todos los individuos porque depende, por ejemplo, de la cantidad que adquiera cada uno de ellos y de los mecanismos de transporte y metabólicos implicados. La relación entre dosis y mortalidad sigue una curva sigmoidea y sólo es lineal en el intervalo de mortalidad 25–75%. Para asegurar el control de la plaga, las dosis de uso registradas de los plaguicidas suelen situarse más allá de la asíntota superior de la curva, pero a este nivel la selectividad queda superada y sólo a dosis inferiores pueden haber diferencias entre la especie plaga y la benéfica. La selectividad ecológica o de uso se puede conseguir utilizando productos no forzosamente selectivos, pero de forma que al aplicarlos se minimice la probabilidad de que los enemigos



naturales resulten expuestos. Esto se puede lograr evitando la coincidencia temporal o espacial de los tratamientos y los agentes benéficos (Viñuela, 1996).

Las directrices estándar que los ensayos del diagrama secuencial deben cumplir, según la OILB, se presentan en la Figura 2. Los productos evaluados se descartan cuando son inofensivos en cualquier etapa de esta secuencia de pruebas.

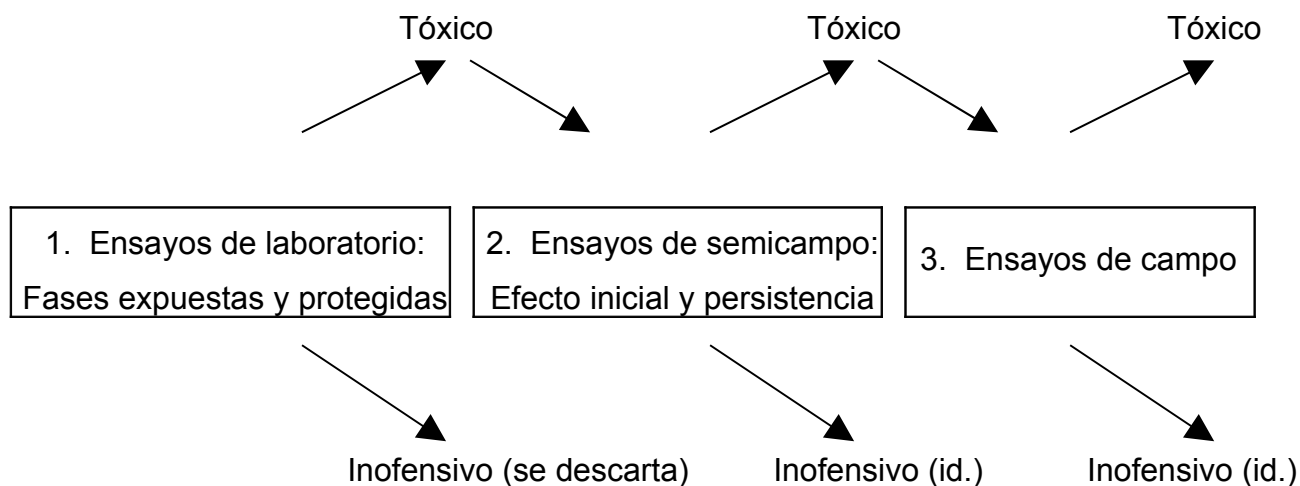


Figura 2. Secuencia de ensayos toxicológicos de plaguicidas en insectos benéficos, según el protocolo de la OILB.

### Importancia y manejo de *Aphis craccivora* como plaga en cultivos

Este áfido es una especie cosmopolita (Prado, 1991) que se encuentra en una amplia gama de hospederos, como alfalfa, frejol, haba, arveja, lenteja, trébol, alcayota, naranjo, alcachofa, frambuesa, jobjoba, manzano, maravilla, naranjo, papa, peral, repollo, sandía, tabaco, zapallo (Prado, 1991; Rice, 2003). En Chile se encuentra desde la I a la IX regiones e Isla de Pascua (Prado, 1991; Estay, 2001).

*A. craccivora* se distingue fácilmente de otros pulgones en alfalfa principalmente por su color negro (Figura 3) y tamaño relativamente pequeño (< de 2 mm de largo). Los adultos ápteros y alados son generalmente negro brillante; las ninfas más pequeñas pueden ser de un gris apagado a negro. La primera mitad de la antena es blanca, y las patas son normalmente blanco cremoso con extremos negruzcos (Palumbo y Tickes, 2001).



Figura 3. *Aphis craccivora*.

En el Anexo I se presenta un resumen de los insecticidas utilizados en Chile para controlar plagas del maíz, cultivo en el que es común observar numerosos individuos de *E. connexa* (Jaime Araya Clericus, comunicación personal, 2001).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se efectuó en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

### Materiales

- Adultos de *E. connexa* colectados en alfalfa en el Campus Antumapu de la Universidad de Chile y en la Estación Experimental INIA-La Platina, comuna de La Pintana, Santiago.
- Red entomológica, aspirador manual y diversos frascos para la colecta de *E. connexa*.
- Huevos, larvas y pupas de *E. connexa* obtenidas en crías de laboratorio.
- Áfidos *A. craccivora* y *A. pisum* criados en laboratorio sobre plantas de habas.
- Cilindros de PVC cubiertos con malla de tul.
- Cámara de crianza a 23°C.

### Materiales para el estudio

- Pipetas, matraces, recipientes plásticos y placas Petri.
- Torre de aspersión Potter ST-4, para la aplicación de los insecticidas.
- Aspersor manual para la aplicación de los insecticidas.
- Dimetoato, 0,0-dimetil-S-(metilcarbamoilmetil)fosforoditioato, insecticida fosforado de acción sistémica y por contacto.
- Metamidofos, 0,S-dimetil fosforoamidotioato, insecticida fosforado de acción sistémica y de contacto.
- Pirimicarb, 5,6-dimetil-2-dimetilamino-pirimidina-4-il-dimetilcarbamato, carbamato de acción insecticida de contacto y translaminar.
- Fenvalerato, (RS)-alfa-ciano-3-fenoxibencil-(RS)-2-(4-clorofenil)3-metilbutirato, insecticida piretroide de acción de contacto e ingestión.

- Thiacloprid, (Z)-N-3-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-1,3-thiazolidin-2-ylidenecyanamida. Insecticida del grupo de los cloronicotinilos, con acción sobre el sistema nervioso de los insectos.

### **Modo de acción de los insecticidas**

**Organofosforados:** Actúan como inhibidores de la colinesterasa; se presentan como “sustitutos” de la acetilcolina, a lo que se debe su acción tóxica (Barberá, 1989).

**Carbamatos:** Ejercen su acción por inhibición de la colinesterasa en el sistema nervioso central (Ware y Whitacre, 2004).

**Piretroides:** Actúan sobre el sistema nervioso central, produciendo hiper-excitación y parálisis, con pérdida de coordinación, convulsiones, postración y muerte (Barberá, 1989).

**Nicotinilos:** Productos sistémicos, aunque también con acción de contacto y estomacal. Al igual que la nicotina, actúan como imitadores de acetilcolina, pero son mucho menos tóxicos para los vertebrados. Poseen una alta efectividad contra plagas chupadoras y su persistencia ambiental es baja (Urrea, 2003).

### **Métodos**

La parte experimental se desarrolló en dos etapas.

#### Etapa 1. Crianza de *Eriopis connexa*, *Aphis craccivora* y *Acyrtosiphon pisum*.

Se mantuvieron crianzas separadas del coccinélido y de los áfidos, las que permitieron contar con un aprovisionamiento permanente y seguro de áfidos y de huevos, larvas, pupas y adultos de *E. connexa*.

Las crianzas se iniciaron a partir de ejemplares adultos de *E. connexa* colectados con red entomológica en cultivos de alfalfa no expuestos a insecticidas. En laboratorio se mantuvieron en cámaras Flanders con alfalfa en recipientes con agua, una fuente de agua y miel como suplemento alimenticio. En ellas se obtuvieron los huevos de coccinélidos, que se retiraron y pusieron en placas Petri con papel absorbente, y llevaron a cámaras de crianzas y 2 d después se utilizaron para la aplicación de insecticidas. Las larvas neonatas se mantuvieron 2 d en las placas Petri dentro de la

cámara con suministro de presas (áfidos). Luego se llevaron a recipientes más grandes con fondo de papel absorbente humedecido y con áfidos como alimento, los que se suministraron a diario hasta cumplirse la edad media de este estado. Para obtener pupas se siguió el mismo procedimiento, pero las larvas se llevaron a otra batería Flanders para que siguieran su desarrollo. De las pupas se obtuvieron los adultos, con los que se continuó la crianza.

Para la crianza de áfidos se sembraron semillas de haba en macetas de 12 cm de diámetro y cerca de 1 L de volumen. Cuando las plantas tuvieron 1–2 hojas verdaderas, en cada maceta se instaló un cilindro de PVC transparente con el extremo superior y una ventana lateral cubiertas con tul para mantener las plantas aisladas y evitar la acción de parásitos u otros insectos ajenos al estudio. Los áfidos se obtuvieron de cultivos de alfalfa. Las plantas dañadas por pulgones o senescentes se reemplazaron en forma periódica con nuevas plantas en maceteros.

#### Etapa 2. Aplicación de insecticidas y obtención de resultados.

Los insecticidas se aplicaron en laboratorio mediante una torre Potter ST4 a las concentraciones que se indican en el Cuadro 2, utilizando una carga equivalente de 700 L de agua/ha. Las dosis aplicadas correspondieron a la media de las dosis comerciales y a  $\frac{1}{4}$  de éstas para cada producto, recomendadas para maíz. El cálculo de cantidad de insecticida y mezcla se hizo por superficie. Normalmente, en investigaciones de toxicología se evalúan concentraciones recomendadas para estudiar el probable impacto en el campo, pero concentraciones menores también pueden ser usadas para determinar dosis selectivas hacia enemigos naturales (Croft, 1990). Por este motivo, y por observaciones preliminares, en este trabajo se evaluaron tratamientos de  $\frac{1}{4}$  de las concentraciones de los insecticidas. Los resultados de mortalidad obtenidos con los tratamientos se clasificaron según la escala de toxicidad de Hassan (1988, 1992) (Cuadro 1).

Se trataron individuos de edad media de cada estado de desarrollo (segundo día al estado de huevo, larvas de 5 a 6 días, tercer día en pupa y adultos en la segunda semana de desarrollo). Los huevos y pupas se pusieron en placas Petri y las aplicaciones se efectuaron directamente sobre éstas, asperjando 0,5 mL de mezcla insecticida. Luego se separaron en grupos de 5 y se llevaron a frascos con hojas y

tallos de haba infestados con pulgones. El fondo de cada frasco se cubrió con papel absorbente humedecido, para reducir la deshidratación de hojas y tallos. La supervivencia en cada estado se registró diariamente, durante dos semanas.

Los estados móviles (larvas y adultos) se llevaron a placas Petri previamente tratadas con 0,5 mL de mezcla insecticida y para asegurar que en la placa no hubiera alguna superficie sin tratar, también se asperjó la misma cantidad de solución insecticida en la cara interna de la tapa. Una vez seca la superficie tratada se pusieron 20 depredadores por placa y se mantuvieron 30 min a temperatura ambiente. Se usaron placas con agua destilada para el testigo, y cuatro repeticiones de 20 individuos por tratamiento. Las tapas de las placas se perforaron y cubrieron con tul, de modo de evitar un efecto de cámara letal. Los supervivientes al contacto con el insecticida se contaron y separaron en grupos de 5 individuos y se llevaron a frascos con hojas y tallos de haba infestados con pulgones, como fuente de alimentación, los que se renovaron a diario. El fondo de cada frasco se cubrió con papel absorbente humedecido, para reducir la deshidratación de las plantas. La supervivencia en cada frasco se anotó diariamente durante dos semanas. La acción insecticida sobre *A. craccivora* se verificó para todos los productos y dosis que se presentan en el Cuadro 2. Cada producto se asperjó sobre una planta de haba con un aspersor manual, se dejó secar a temperatura ambiente y luego se pusieron jaulas con 10 áfidos sobre folíolos, con un total de 8 jaulas por tratamiento. Los pulgones en cada jaula se reemplazaron diariamente y la mortalidad se anotó a diario durante 72 h.

Cuadro 2. Productos aplicados sobre estados de desarrollo de *Eriopsis connexa* y *Aphis craccivora*.

Tratamientos	Dosis comercial/ha	i.a./hL	¼ dosis comercial/ha	i.a./hL
Dimetoato	1250 mL	71,43 g	312,50 mL	17,86 g
Metamidofos	875 mL	75,00 g	218,75 mL	18,75 g
Pirimicarb	200 g	14,28 g	50,00 g	3,57 g
Fenvalerato	250 mL	10,71 g	62,50 mL	2,68 g
Thiacloprid	150 mL	10,28 g	37,50 mL	2,57 g
Testigo	-----	-----	-----	-----

### Diseño y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con 5 tratamientos insecticidas, más un testigo sin aplicaciones, sobre 4 estados de desarrollo (huevos, larvas, pupas y adultos) de *E. connexa*. La unidad experimental fue una placa Petri con 20 individuos.

La mortalidad se midió a las 24, 48, 72 y 96 h. Los resultados de mortalidad se transformaron a valores angulares de Bliss y se analizaron mediante un análisis de varianza al 5% y pruebas de comparación múltiple de Duncan (1955) y de Dunnett para comparar el testigo con el resto de los tratamientos. Los resultados de mortalidad de los áfidos se analizaron de la misma forma.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Observaciones sobre la metodología de crianza y aplicación de insecticidas

En el material colectado se observaron algunos adultos parasitados por el himenóptero *Dinocampus (Perilitus) coccinellae* (Schrank), en un porcentaje cercano al 1%, pero este factor no fue una limitante para la crianza del coccinélido, ya que se eliminaban de la crianza los adultos en los que se observaba la formación del capullo externo de la pupa del parásito.

La duración de los estados de desarrollo de *E. connexa* en las condiciones del ensayo estuvo dentro de los rangos indicados por la literatura. Los huevos se demoraron en promedio 3 d en eclosionar, en forma similar a lo observado por Etcheagaray (1982) y Martos y Niemeyer (1989). El desarrollo larvario duró 10 a 11 d, semejante a los resultados obtenidos por Montes (1970). El estado de pupa tuvo una duración 4 a 5 d, resultados que concuerdan con los de Martos y Niemeyer (1989). La duración del estado adulto no se determinó, pero según Etcheagaray y Barrios (1979) y Montes (1970) es de 200 a 260 días. Las oviposturas se produjeron en los foliolos de alfalfa al igual que en Smirnoff (1958) y en las mangas de las cámaras Flanders, y debieron removerse inmediatamente para evitar su consumo por los coccinélidos adultos, según han mencionado Sundby (1966) y Frazer (1988).

La producción continuada de plantas de haba en macetas, al igual que en Zuazúa (2000) y Villarroel (2001), fue fundamental para la obtención de áfidos y alimentar las larvas y adultos de *E. connexa*. Este método de producción de coccinélidos, descrito por Etcheagaray (1982), Martos y Niemeyer (1989) y Miller y Paustian (1992), permitió obtener especímenes en número suficiente para los ensayos de toxicología.

Las observaciones permiten concluir que estos coccinélidos se pueden criar bajo condiciones de laboratorio, lo que podría llevar a la producción de estos depredadores para su uso en programas de manejo o control integrado.

### Resultados de mortalidad

Los resultados de mortalidad de todos los estados de desarrollo del depredador en los distintos tratamientos (Apéndice I), se analizan a continuación por separado.

### **Mortalidad acumulada de adultos de *Eriopis connexa***

La mortalidad acumulada de adultos de *E. connexa* sometidos a las dosis comerciales de los insecticidas evaluados y a  $\frac{1}{4}$  de éstas se presenta en la Figura 4.

**Mortalidad acumulada de adultos con dosis comerciales y 1/4 de dosis comerciales**

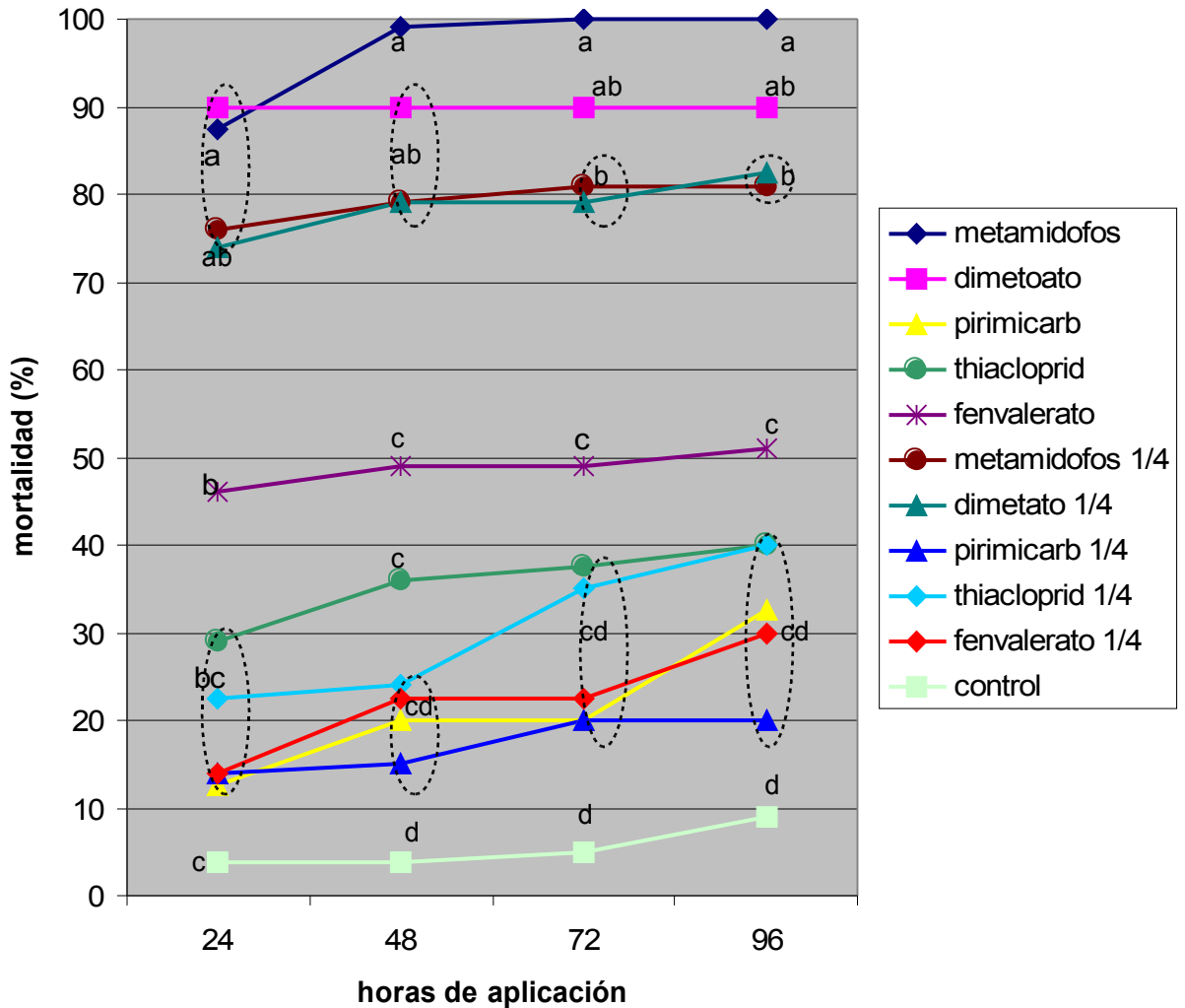


Figura 4. Mortalidad acumulada de adultos de *Eriopsis connexa* sometidos a las dosis comerciales de los insecticidas evaluados y 1/4 de éstas.

Los tratamientos de metamidofos y dimetoato, tanto en dosis comercial y a 1/4 de ésta, y fenvalerato en dosis comercial presentaron diferencias significativas con el control a las 24 y 48 h. En cambio, pirimicarb en ambas dosis, thiacloprid en dosis 1/4 y fenvalerato a 1/4 de la dosis comercial no presentaron diferencias significativas con el control en igual período. El tratamiento de thiacloprid a dosis comercial a las 24 h no fue diferente con el control, pero sí a las 48 h.

A las 72 h y 96 h, tanto metamidofos como dimetoato en dosis comerciales y reducidas presentaron todavía diferencias significativas con el control, al igual que fenvalerato en dosis comercial. A las 72 y 96 h los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas.

Según la clasificación de Hassan (1988, 1992), metamidofos en dosis comercial se puede clasificar como un producto nocivo (clase 4) y a  $\frac{1}{4}$  de esta dosis como moderadamente nocivo (clase 3). Dimetoato en dosis comercial se clasifica como moderadamente nocivo y a dosis reducida de igual manera. Fenvalerato se clasifica como levemente nocivo (clase 2) tanto a dosis comercial como reducida. Pirimicarb a dosis comercial se ubica como levemente nocivo y a dosis reducida es inocuo (clase 1), mientras que thiacloprid tanto a dosis comercial como reducida se clasifica como levemente nocivo (Cuadro 1).

Metamidofos fue el insecticida más tóxico para los coccinélidos adultos, al igual que en otros estudios con insectos benéficos (e.g. Lecrone y Smilowitz, 1980; Bacci *et al*, 2001; Villarroel, 2001; Sanhueza, 2002). Dimetoato fue moderado en toxicidad al igual que los resultados obtenidos por Bacci *et al* (2001), quienes presentaron a dimetoato como medianamente selectivo. En cambio, Bartlett (1963) utilizó dosis dos veces mayores y obtuvo una alta toxicidad en varios coccinélidos depredadores, al igual que en otro trabajo sobre *E. connexa* y *Cycloneda sanguínea* (L.) (Anónimo, 2000), donde también se obtuvo una alta toxicidad. Mizell y Schiffhauer (1990) obtuvieron 100% de mortalidad de *Hippodamia convergens* (Guerin-Meneville) y *C. sanguínea* a 72 h de la aplicación de dimetoato (296 ppm a.i./L), y Zuazúa *et al* (2000) determinaron que dimetoato fue el insecticida más tóxico contra el parasitoide *Aphidius ervi* (Haliday).

Con fenvalerato se obtuvieron niveles medios de mortalidad, con resultados similares a los de Yokoyama *et al* (1984) e iguales a los de Wilkinson *et al* (1975) en adultos de *H. convergens*. En cambio, en un trabajo con *E. connexa* y *C. sanguínea* (Anónimo, 2000), fenvalerato tuvo una toxicidad alta, al igual que en Kaakeh *et al* (1996) con *H. convergens*. Mizell y Schiffhauer (1990) encontraron una alta toxicidad de fenvalerato sobre *C. sanguínea*, *H. convergens* y *Olla v-nigrum* (Say). En nuestro trabajo con este insecticida no se obtuvieron diferencias significativas entre la dosis comercial y un  $\frac{1}{4}$  de ésta. Al trabajar con una dosis reducida, Hull y Starner (1983)

observaron una disminución parcial de la respuesta de *Stethorus punctum* (LeConte) a su presa.

En tanto, pirimicarb fue relativamente selectivo al considerar ambas dosis, al igual que en diversos estudios que lo indican como un aficida relativamente selectivo (Helgesen y Tauber, 1974; Harper, 1978; Lecrone y Smilowitz, 1980, Bacci *et al*, 2001), o selectivo a los coccinélidos *E. connexa* y *C. sanguínea* (Anónimo, 2000). Sin embargo, en el trabajo de Zuazúa (2000) presentó una toxicidad intermedia hacia el parasitoide *A. ervi*.

Thiacloprid tuvo una acción selectiva, al igual que en los estudios de Zuazúa (2000) y Villarroel (2001), aunque Schmuck (2001) observó que *C. septempunctata* fue el más sensible de los enemigos naturales en laboratorio. En pruebas de semi-campo para *C. septempunctata* a una concentración de 0,0096% de i.a., se observó una mortalidad de  $\approx 28\%$  y se consideró así ligeramente dañino (Bayer, s/año).

#### **Mortalidad acumulada de larvas de *Eriopis connexa***

La mortalidad acumulada de larvas de *E. connexa* sometidas a las dosis comerciales de los insecticidas evaluados y a  $\frac{1}{4}$  de éstas se presenta en la Figura 5.

### Mortalidad acumulada de larvas en dosis comerciales y 1/4 de dosis comerciales

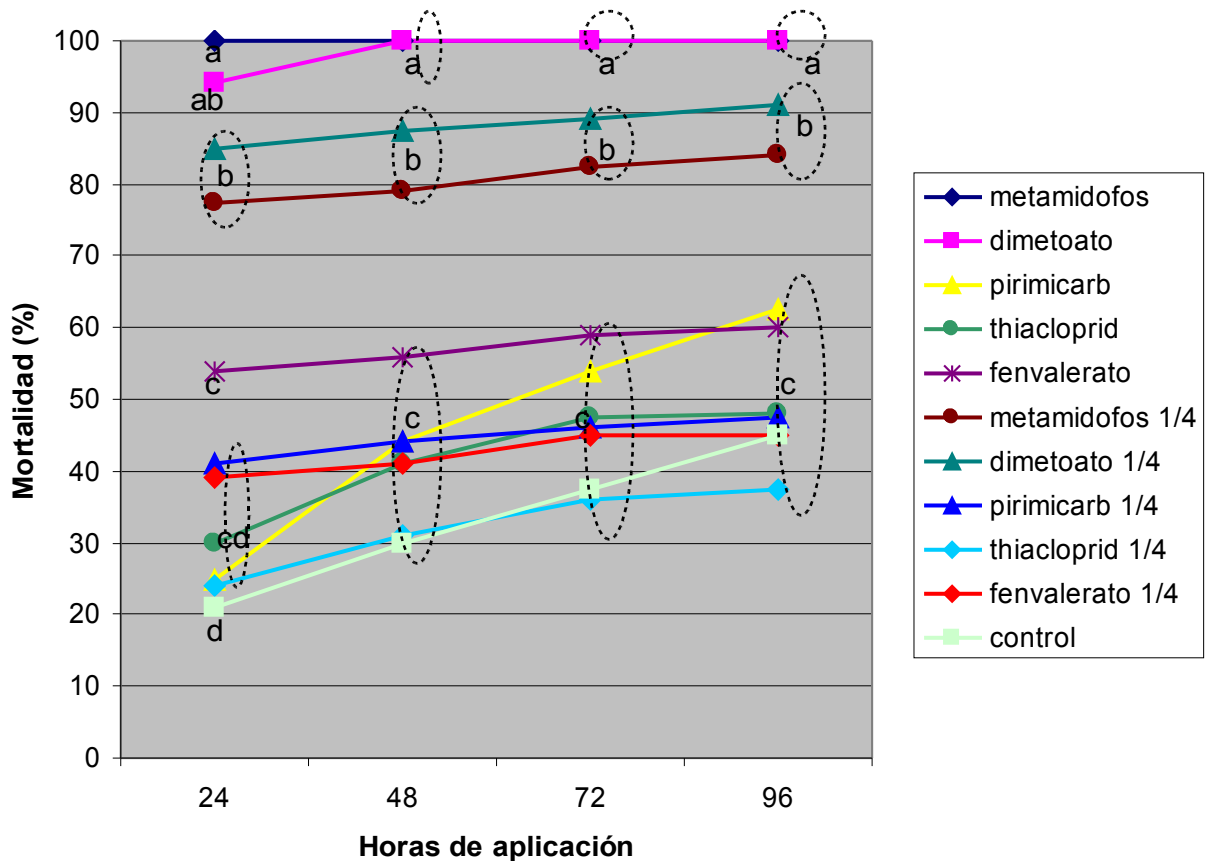


Figura 5. Mortalidad acumulada de larvas de *Eriopsis connexa* sometidas a las dosis comerciales de los insecticidas evaluados y a 1/4 de éstas.

En general, en las larvas se observó una mayor susceptibilidad a los tratamientos que en los adultos, probablemente por su mayor actividad metabólica. Este estado de desarrollo fue muy afectado por el canibalismo, lo que se reflejó en el control, que presentó promedios de mortalidad de 21 a 45% entre la primera evaluación efectuada a las 24 h de la aplicación y la efectuada a las 96 h. Aunque varios tratamientos insecticidas tuvieron resultados estadísticamente similares al control, la gran mortalidad en este tratamiento no permitió obtener conclusiones claras. Sin embargo, reducir las

dosis a  $\frac{1}{4}$  de las medias comerciales redujo significativamente el efecto tóxico de metamidofos en todas las evaluaciones y de dimetoato desde la segunda evaluación.

### **Observaciones de canibalismo larvario**

La alta mortalidad en el control se debió al canibalismo, un hábito descrito en muchos coccinélidos (Hodek, 1967, Obrycki y Kring, 1998), que en caso de una densidad baja de la población de áfidos permite la supervivencia de pocas larvas (Sundby, 1966). Este canibalismo se observó en este trabajo, a pesar del suministro diario de 10, 15, 20, 25 áfidos por larva para el 1º, 2º, 3º y 4º estadíos, respectivamente, cantidades muy superiores a las requeridas según Etcheagaray (1982). Croft (1990) indica que en larvas de algunas especies de coccinélidos y neurópteros, el canibalismo ocurre casi independientemente de la densidad de presas. Los frascos que contenían las larvas pueden haber afectado también su espacio, ya que según Polis (1981), el canibalismo es un mecanismo para reducir el número de competidores potenciales.

Una forma de evitar el canibalismo es criar las larvas en forma individual, lo que representa un estudio de mucho mayor costo. Sin embargo, para obtener pupas para esta investigación, las larvas se mantuvieron en plantas de habas en cámaras Flanders, donde tenían más espacio y condiciones más cercanas a su hábitat natural, lo que disminuye el canibalismo (Frazer, 1988), en las que, sin embargo, hacer el seguimiento de cada larva es difícil, por su gran movilidad.

Debido al canibalismo larvario no se obtuvieron conclusiones claras sobre la incidencia de los insecticidas a las concentraciones evaluadas (dosis comercial y  $\frac{1}{4}$  de éstas).

### **Mortalidad acumulada de huevos de *Eriopis connexa***

La mortalidad de huevos con los tratamientos de dosis comerciales de los insecticidas y a  $\frac{1}{4}$  de ellas se presenta en las Figura 6.

Mortalidad acumulada de huevos con dosis comerciales y 1/4 de dosis comerciales

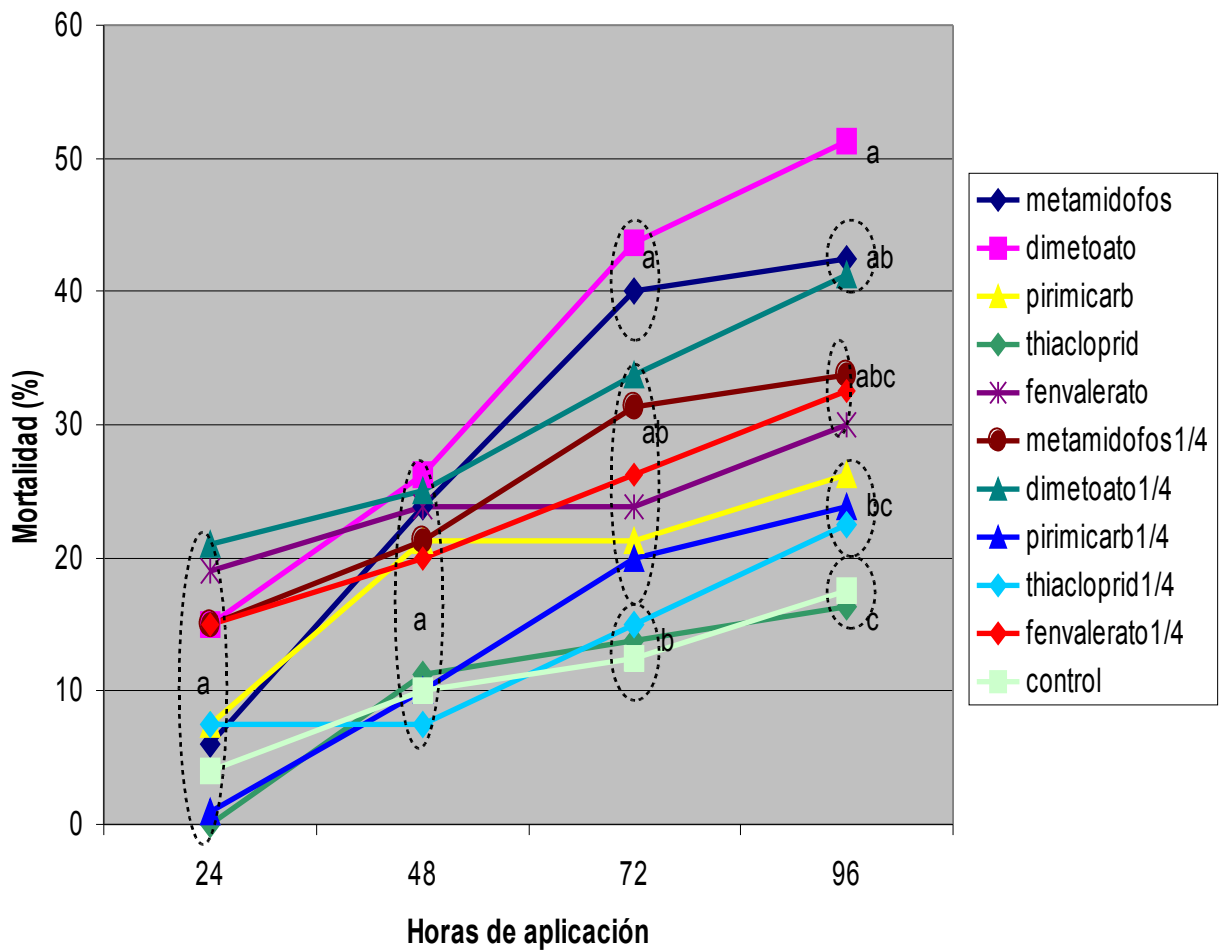


Figura 6. Mortalidad acumulada de huevos de *Eriopsis connexa* en los tratamientos de dosis comerciales y 1/4 de éstas.

El criterio para determinar si un huevo estaba muerto fue la deshidratación y oscurecimiento de su cubierta; de estos huevos no emergieron larvas.

24 y 48 h después de la aplicación de los insecticidas no hubo diferencias significativas entre ningún tratamiento en dosis comerciales. La mortalidad entre tratamientos comenzó a diferenciarse a las 72 h. En esta evaluación, metamidofos y dimetoato en dosis comerciales fueron los únicos tratamientos diferentes significativamente del control y a la vez fueron los productos más tóxicos (43,8 y 40% de mortalidad, respectivamente). Pirimicarb y fenvalerato en dosis comerciales presentaron resultados intermedios, sin diferencias significativas con los otros



tratamientos. Con Thiacloprid en dosis comercial se obtuvieron niveles bajos de mortalidad, estadísticamente diferentes de los de dimetoato y metamidofos, aunque no diferentes del control.

A la  $\frac{1}{4}$  parte de las dosis comerciales, ningún tratamiento presentó diferencias significativas con el control. Thiacloprid a  $\frac{1}{4}$  de la dosis comercial fue diferente significativamente de metamidofos y dimetoato en dosis comerciales. A las 96 h, los tratamientos con metamidofos a dosis comercial y dimetoato en dosis comercial y a  $\frac{1}{4}$  de ésta, presentaron diferencias significativas con el control. Los demás tratamientos no fueron diferentes con el control.

La supervivencia de los huevos de *E. connexa* se comprobó posteriormente con la emergencia de las larvas.

Según la clasificación de Hassan (1988, 1992, Cuadro 1), y en las condiciones de estos ensayos, metamidofos, dimetoato y fenvalerato a dosis comerciales y a  $\frac{1}{4}$  de éstas se pueden clasificar como tratamientos levemente nocivos (clase 2), mientras que pirimicarb y thiacloprid tanto en dosis comerciales como a  $\frac{1}{4}$  de éstas se pueden clasificar como inocuos (clase 1).

### **Mortalidad acumulada de pupas de *Eriopsis connexa***

Los resultados de mortalidad acumulada de pupas en los distintos tratamientos se presentan en la Figura 7.

Mortalidad acumulada de pupas con dosis comerciales y 1/4 de dosis comerciales

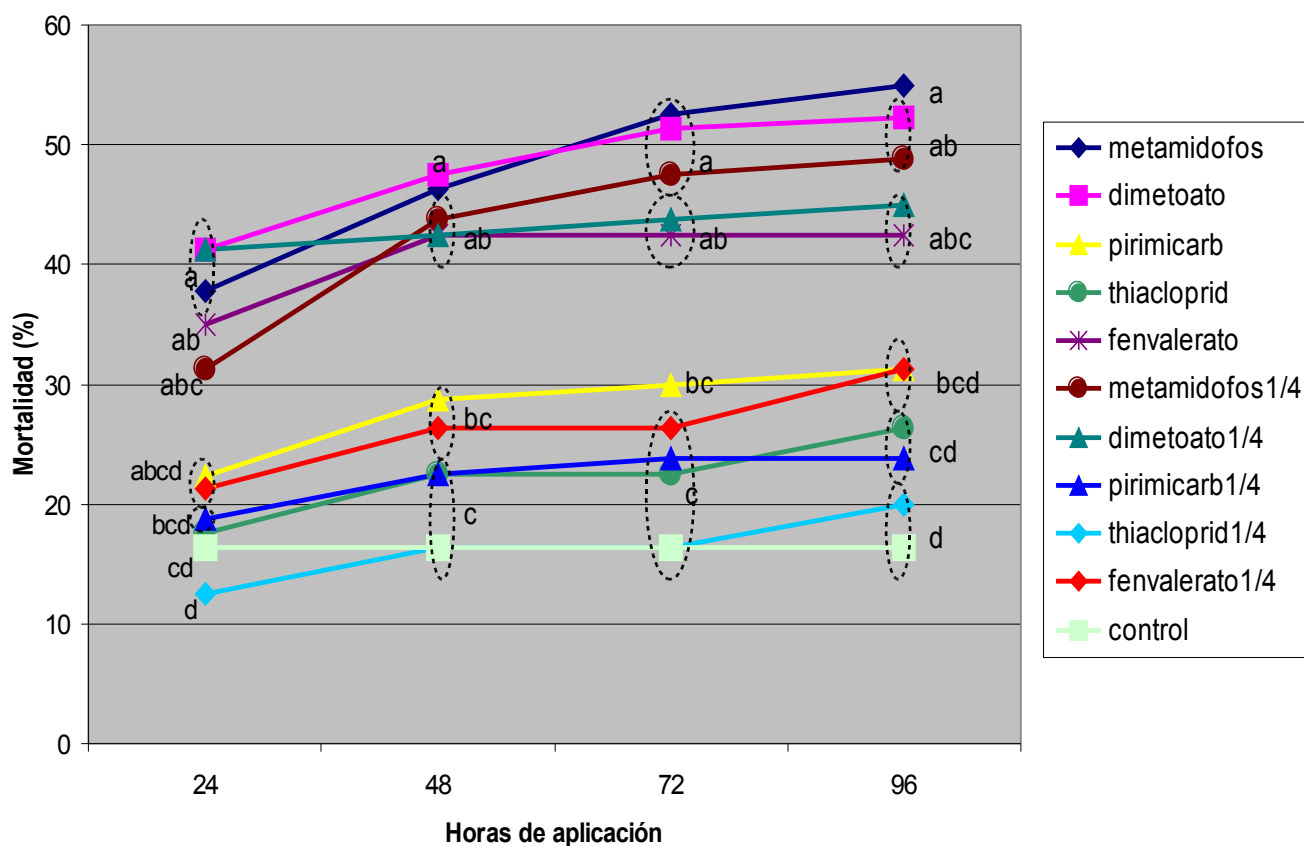


Figura 7. Mortalidad acumulada de pupas de *Eriopsis connexa* en tratamientos con dosis comerciales y 1/4 de éstas.

En las Figura 7 se aprecia que la mortalidad de pupas tratadas fue inicialmente elevada en el control, pero se mantuvo posteriormente sin variación.

El criterio para determinar si una pupa estaba muerta fue tocar suavemente su cubierta. Si la pupa presentaba una reacción (algún movimiento de su porción abdominal) se consideró viva, y muerta si no la tenía.

A las 24 h los tratamientos de metamidofos en dosis comercial, dimetoato en dosis comercial y a 1/4 de ésta y fenvalerato en dosis comercial fueron diferentes significativamente con el control. Thiacloprid a 1/4 de la dosis comercial presentó la menor mortalidad, estadísticamente menor a los obtenidos con metamidofos y dimetoato en dosis comerciales y reducidas.

A las 48 h, metamidofos y dimetoato en dosis comerciales y a  $\frac{1}{4}$  de éstas, y fenvalerato en dosis comercial presentaron diferencias significativas con el control. Los demás tratamientos insecticidas no fueron diferentes del control.

Las diferencias entre tratamientos fueron más evidentes a las 72 h, con una clara diferencia de metamidofos y dimetoato en dosis comerciales con relación a los otros tratamientos insecticidas, excepto fenvalerato en dosis comercial. Thiacloprid en dosis comercial y los demás insecticidas en dosis reducidas presentaron niveles similares estadísticamente de mortalidad acumulada de pupas.

A las 96 h, con metamidofos, dimetoato y fenvalerato en dosis comerciales se observó mayor mortalidad que la ocurrida en el control. Pirimicarb y thiacloprid en dosis comercial y fenvalerato, pirimicarb y thiacloprid al  $\frac{1}{4}$  de ellas fueron similares al control. De las pupas supervivientes a los tratamientos emergieron adultos del coccinélido.

Según los resultados de mortalidad acumulada de pupas y la clasificación de Hassan (1988, 1992), metamidofos, dimetoato y fenvalerato en dosis comerciales y a  $\frac{1}{4}$  de éstas se pueden clasificar como tratamientos levemente nocivos (clase 2), al igual que pirimicarb en dosis comercial. Pirimicarb a  $\frac{1}{4}$  de la dosis comercial se puede clasificar como inocuo (clase 1); thiacloprid tanto en dosis comercial como en dosis reducida se puede clasificar como inocuo (clase 1) sobre este estado de desarrollo.

Los estados inmóviles (huevo y pupa) presentaron resultados de susceptibilidad semejantes según la clasificación de Hassan (1988, 1992) para los distintos tratamientos insecticidas, a excepción de pirimicarb en dosis comercial y en dosis reducida, que para pupas se clasificó como clase 2 y 1, respectivamente.

A diferencia de los estados móviles, tanto en huevos como pupas se obtuvieron resultados menores de mortalidad acumulada. Este resultado concuerda con Croft (1990), quien comenta que las prepupas y pupas holometábolos y huevos de depredadores son inmunes incluso a aplicaciones directas; la tolerancia de un estado en particular puede deberse a factores fisiológicos, conductuales y químicos.

En los estados de huevo y pupa los tratamientos de metamidofos, dimetoato y fenvalerato, tanto en dosis comerciales como reducidas fueron los productos más tóxicos y se clasifican como levemente nocivos (clase 2) (Hassan, 1988, 1992, Cuadro

1). La acción tóxica de metamidofos (e.g., Lecrone y Smilowitz, 1980; Bacci *et al*, 2001; Villarroel, 2001; Sanhueza, 2002) y dimetoato (Bartlett, 1963; Mizell y Schiffhauer, 1990; Anónimo 2000; Zuazúa *et al*, 2000) se ha presentado también en otros estudios. Para fenvalerato hay también trabajos coincidentes en su toxicidad (Mizell y Schiffhauer, 1990; Kaakeh *et al*, 1996; Anónimo, 2000).

Pirimicarb en dosis reducida y thiacloprid en dosis comercial y a  $\frac{1}{4}$  de ésta se clasificaron como productos inocuos (clase 1) para huevos y pupas de *E. connexa*; pirimicarb en dosis comercial se consideró como un tratamiento de clase 2. La inocuidad de thiacloprid coincide con resultados de otros trabajos (e.g., Zuazúa, 2000; Villarroel, 2001). La selectividad presentada por pirimicarb a  $\frac{1}{4}$  de la dosis comercial concuerda con otro trabajo (Anónimo, 2000), mientras que a la dosis comercial presentó una relativa toxicidad, al igual que en Helgesen y Tauber (1974), Harper (1978), Lecrone y Smilowitz (1980) y Bacci *et al* (2001).

### **Mortalidad acumulada de áfidos**

Los resultados de mortalidad sobre el áfido *A. craccivora* se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados de los ensayos de mortalidad del áfido *Aphis craccivora* sobre plantas de habas tratadas.

Tratamientos	Dosis	24 h	48 h	72 h	Promedios
Metamidofos	Comercial	92,5 a	80,0 a	75,0 a	82,5 a
Dimetoato	Comercial	94,0 a	80,0 a	74,0 a	82,7 a
Pirimicarb	Comercial	49,0 bc	26,3 bc	25,0 bc	33,4 bcd
Thiacloprid	Comercial	28,0 c	20,0 bc	21,3 bc	23,1 cd
Fenvalerato	Comercial	53,0 bc	39,0 b	34,0 bc	42,0 bc
Metamidofos	¼	70,0 b	55,0 b	46,3 bc	57,1 b
Dimetoato	¼	61,3 b	55,0 b	58,0 ab	58,1 b
Pirimicarb	¼	32,5 c	30,0 bc	30,0 bc	31,0 bcd
Thiacloprid	¼	22,5 cd	20,0 bc	18,0 c	20,0 cd
Fenvalerato	¼	42,5 bc	26,3 bc	23,0 bc	30,6 bcd
Control	¼	13,8 d	9,0 c	16,3 c	13,0 d

Promedios en una columna con letras diferentes son distintos ( $P \leq 0,05$ ), según pruebas de rango múltiple de Duncan (1955).

En las columnas se presenta la mortalidad obtenida 24, 48 y 72 h después de exponer áfidos sobre plantas tratadas el día 0. Los primeros áfidos se pusieron sobre las plantas el día 0, inmediatamente después de secarse los residuos; la segunda serie de áfidos se instaló a las 24 h, leyendo la mortalidad a las 48 h, y así sucesivamente.

Con las dosis comerciales de metamidofos y dimetoato se obtuvieron promedios de 82,5 y 82,7% de mortalidad de áfidos, respectivamente, niveles significativamente superiores a los obtenidos en los demás tratamientos (Cuadro 3). El efecto aficida de pirimicarb, thiacloprid y fenvalerato en dosis comerciales fue relativamente bajo (33,4; 23,1 y 42%, respectivamente), con promedios diferentes estadísticamente de los tratamientos con mayor efecto. La mortalidad de áfidos con ¼ de las dosis comerciales se redujo significativamente con metamidofos (82,5 a 57,1%) y dimetoato (83,0 a 54,3%), pero no con los demás compuestos. Los únicos tratamientos con diferencias significativas con el control fueron metamidofos, dimetoato y fenvalerato en dosis comerciales y metamidofos y dimetoato en dosis reducidas.

Los resultados del efecto aficida de metamidofos y dimetoato en dosis comerciales, concuerdan con otros trabajos con insecticidas fosforados (Harper, 1978; Lecrone y Smilowitz, 1980; Beers y Himmel, 2002). En cuanto a pirimicarb, en otros trabajos ha presentado una efectiva acción aficida (Harper, 1978; Lecrone y Smilowitz, 1980), pero en éste, ambas concentraciones causaron una baja mortalidad, en forma similar a los resultados de Langhof *et al* (2003) con el carbamato metomilo.

La acción aficida de fenvalerato en ambas concentraciones (que tuvieron resultados similares) difiere de la observada en otros trabajos con otros piretroides que sí tuvieron una efectiva acción en áfidos (e.g., Palumbo y Tickes, 2001; Rethwisch *et al*, 2002), aunque con el piretroide esfenvalerato, Mowry (2002) obtuvo una baja mortalidad de áfidos.

Los resultados de mortalidad de áfidos con thiacloprid en ambas concentraciones difieren de los de otros trabajos con insecticidas del grupo cloronicotínico, en los que se ha obtenido una efectiva acción aficida (e.g., Thackeray *et al*, 2000; Palumbo, 2001; Palumbo *et al*, 2001; Mowry, 2002; Fitzgerald, 2004). En estos ensayos, además de los insecticidas metamidofos, dimetoato y fenvalerato en dosis comerciales que tuvieron diferencias significativas con el control, la reducción de las concentraciones de metamidofos y dimetoato obtuvo una acción aficida efectiva, concordando con Turnipseed *et al* (1974), quienes trabajaron con carbarilo y metil paration en dosis reducida y obtuvieron, sin embargo, un control efectivo de diversas plagas.

Al analizar en conjunto los resultados de mortalidad de los distintos estados de desarrollo de *E. connexa* (Figuras 4, 5,6 y 7; Apéndice I) y *A. craccivora* (Cuadro 3), se debe recordar que según Johnson y Tabashnik (1999), la forma más fácil de modificar la aplicación de un plaguicida es reducir la dosis. Como los compuestos de amplio espectro son biológicamente activos contra un gran número de organismos, las tasas recomendadas para el control efectivo de algunas plagas pueden ser mayores que las necesarias, lo que justificaría aplicar dosis reducidas tanto de metamidofos y dimetoato en presencia de los distintos estados de desarrollo del depredador, capaces al mismo tiempo de producir niveles medios de mortalidad del áfido. Johnson y Tabashnik (1999) explican que tasas reducidas pueden suministrar un control parcial de la plaga, con el beneficio de conservar sus enemigos naturales. Utilizando dosis reducidas de piretroides por tres años, Hull y Starner (1983) indicaron una posible selectividad a favor

de *S. punctum*. El efecto aficida de pirimicarb y thiacloprid a la dosis comerciales fue bajo, por lo que reducir las dosis de estos insecticidas no resultaría práctico, a pesar de mejorar la supervivencia de este depredador.

El efecto aficida de fenvalerato en dosis comercial fue distinto al testigo, insuficiente para producir un buen control, pero sí para dejar un cierto nivel de áfidos vivos como fuente de alimento para los estados móviles del depredador. Pero la dosis reducida de fenvalerato no obtuvo un buen control, por lo que no sería práctico bajar la dosis comercial aunque mejore la supervivencia de *E. connexa*.

Los niveles medios de mortalidad de áfidos en las dosis reducidas, tanto de metamidofos y dimetoato, permiten concluir que ambos tratamientos permiten dejar algún nivel de áfidos como presa para los estados móviles del depredador.

Así, reducir las dosis de los aficidas indicados es un método válido cuando *E. connexa* (y posiblemente otros depredadores) está presente en algún cultivo.

## Conclusiones

1. La crianza de larvas de *E. connexa* evidenció un alto nivel de canibalismo larvario, debido probablemente a falta de espacio más que a presas insuficientes, lo que indica la necesidad de aislar las larvas en futuras crianzas.
2. En los ensayos toxicológicos se determinó una menor mortalidad de los estados inmóviles (huevo y pupa) bajo las dosis comerciales de los insecticidas evaluados, lo que permitiría la supervivencia del depredador en estos estados de desarrollo en cultivos tratados con esos productos.
3. Los insecticidas fosforados metamidofos y dimetoato, tanto en dosis comerciales como reducidas, causaron las mayores mortalidades en los distintos estados de desarrollo de *E. connexa*.
4. Con dosis  $\frac{1}{4}$  de metamidofos y dimetoato y fenvalerato en dosis comercial se obtuvo un cierto control de áfidos y alguna supervivencia del depredador, por lo que estos tratamientos se podrían utilizar en programas de manejo integrado de pulgones con presencia de *E. connexa*.



## LITERATURA CITADA

- AGUILERA, A. 1970. Coccinélidos (Coleoptera) predadores del Departamento de Arica. IDESIA (Universidad del Norte-Arica) 1: 67–74.
- AGUILERA, A. 1989. Resistencia de los plaguicidas. Investigación y Progreso Agropecuario, INIA Carillanca 8(4): 18–23.
- AHMED, M. K.; NEWSOM, L. D.; EMERSON, R. B. 1954. The effect of Systox on some common predators of the cotton aphid. J. Econ. Entomol. 47: 445–449.
- ANÓNIMO. 2000. Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo-2000. Resúmenes XXXII Reunido Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo. Cruz Alta, 27 a 29 de março de 2000. [http://www.cnpt.embrapa.br/rcsbpt00/tabela26\\_hm](http://www.cnpt.embrapa.br/rcsbpt00/tabela26_hm) (rev. 28 de abril, 2003).
- APABLAZA, J.; STEVENSON, T. 1995. Fluctuaciones poblacionales de áfidos y de otros artrópodos en el follaje de alfalfa cultivada en la Región Metropolitana. Ciencia e Investigación Agraria 22(3): 115–121.
- BACCI, L.; PICANCO, M. C.; GUSMÃO, M. R.; CRESPO, A. L. 2001. Selectividade de insecticidas a *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) e ao predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). Neotropical Entomology 30(4): 707–713.
- BANKEN, J. A.; STARK, J. D. 1998. Multiple routes of pesticide exposure and the risk of pesticide to biology control: A study of neem and the sevenspotted lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). J. Econ. Entomol. 91(1): 1–6.
- BARBERÁ, C. 1989. Pesticidas agrícolas. 4ª Ed. Omega, Barcelona. 603 p.
- BARRET, K. 1998. Can we achieve harmonization of regulatory requirements in Europe? Chapter 6: 46–52. In HASKELL, P.; McEWEN, P. (eds.), Ecotoxicology; pesticides and beneficial organisms. Chapman & Hall, London. 428 p.
- BARTLETT, B. R. 1963. The contact toxicity of some pesticide residues to hymenopterous parasites and coccinellid predators. J. Econ. Entomol. 56: 694–698.

BAYER. Sin año de publicación. Calypso®, cutting edge protection. Product Dossier. Bayer CropScience.

BAYOUN, I. M.; PLAPP, F. W. Jr.; GILSTRAP, F. E.; MICHELS, G. J. Jr. 1995. Toxicity of selected insecticides to *Diuraphis noxia* (Homoptera: Aphididae) and its natural enemies. J. Econ. Entomol. 88: 1177–1185.

BEERS, E. H.; HIMMEL, P. D. 2002. Woolly apple aphid control. Chemical Control New Products. Proceedings 76<sup>th</sup> Annual Western Orchard Pest & Disease Management Conference.

<http://entomology.tfrec.wsu.edu/wopdmc/2002PDFs/Rep02%20chemical%20Beers4.pdf>

(rev. 28 de mayo, 2005).

BELNAVIS, D. 1989. Host exploitation by *Dinocampus coccinellae* (Hymenoptera: Braconidae ). M.S. thesis, Oregon State University, Corvallis.

BIDDINGER, D. J.; HULL, L. A. 1995. Effects of several types of insecticides on the mite predator, *Stethorus punctum* (Coleoptera: Coccinellidae), including insect growth regulators and abamectin. J. Econ. Entomol. 88: 358–366.

BOYD, M.; BOETHEL, D. 1998. Susceptibility of predaceous hemipteran species to selected insecticides on soybean in Louisiana. J. Econ. Entomol. 91(2): 401–409.

BROWN, W. J. 1962. A revision of the forms of *Coccinella* L. occurring in America north of Mexico (Coleoptera: Coccinellidae). Can. Entomol. 94: 785–808.

BRUWER, I. J.; SCHOEMAN, A.S. 1988. Residual toxicity of four citrus insecticides in South Africa to the scale predator *Chilocorus nigritus* (Coleoptera:Coccinellidae). J. Econ. Entomol. 81: 1178–1180.

CALTAGIRONE, L. E. 1981. Landmark examples in classical biological control. Annual Rev. Entomol. 26: 213–232.

CROFT, B. A. 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. Wiley, New York. 723 p.

DEBACH, P.; ROSEN, D. 1991. Biological control by natural enemies. Cambridge Univ. Press. 440 p.

- DUNCAN, D. B. 1955. Múltiple F and múltiple range tests. *Biometrics* 11: 1–41.
- EHLER, L. E.; MILLER, J. C. 1978. Biological control in temporary agroecosystems. *Entomophaga* 23: 207–212.
- ELLIOTT, N. C.; KIECKHEFFER, R. W. 1990. Dynamics of aphidophagous coccinellid assemblages in small grain fields in eastern South Dakota. *Environ. Entomol.* 19: 1320–1329.
- ELLIOTT, N. C.; KIECKHEFFER, R. W.; KAUFFMAN, W. 1996. Effects of an invading coccinellid on native coccinellids in an agricultural landscape. *Oecologia* 105: 537–544.
- ESTAY, P. 2001. Entomología hortícola – pulgones. INIA-La Platina.  
[http://www.inia.cl/hortalizas/entomologia/p\\_tomate\\_alibre/pulgones1.htm](http://www.inia.cl/hortalizas/entomologia/p_tomate_alibre/pulgones1.htm) (rev. 25 de enero 2004).
- ETCHEGARAY, J. 1982. Variación temporal de los estados de desarrollo de *Eriopsis connexa* (Germar) (Coccinellidae) en Chile Central. *Ambientes Terrestres* 6(1): 3–8.
- ETCHEGARAY, J.; BARRIOS, S. 1979. Ciclo de vida de *Eriopsis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae). *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso* (Chile) 12: 185–194.
- FITZGERALD, J. 2004. Laboratory bioassays and field evaluation of insecticides for the control of *Anthonomus rubi*, *Lygus rugulipennis* and *Chaetosiphon fragaefolii*, and beneficial species, in UK strawberry production. *Crop Protection* 23 (9): 801–809.
- FRAZER, B. D. 1988. Coccinellidae. *In*: Minks, A. K.; Harewijn, P. (eds.), *Aphids, their biology, natural enemies and control*, Vol. B: 231–247. Elsevier, Amsterdam. 364 p.
- FRAZER, B. D.; GILBERT, N.; NEALIS, V.; RAWORTH, D. A. 1981. Control of aphid density by a complex of predators. *Can. Entomol.* 113: 1015–1024.
- GONZÁLEZ, M., VIÑUELA, E. 2000. Evaluación de efectos secundarios de plaguicidas sobre enemigos naturales de las plagas. Métodos de investigación en las ciencias ambientales. *In*: LÓPEZ-OLGUÍN, J. F.; ARAGÓN, A.; VALERA, M. A. (eds.), *Métodos de investigación de las ciencias ambientales*. Publicación Especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México: 57–73.

- GREZ, A. A.; VILLAGRÁN, P. 2000. Effects of structural heterogeneity of a laboratory arena on the movement patterns of adult *Eriopis connexa* and *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae). *European J. Entomol.* 97: 563–566.
- HAGEN, I. 1962. Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annual Rev. Entomol.* 7: 289–326.
- HARPER, A. M. 1978. Effect of insecticides on the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae), and associated fauna on alfalfa. *Can. Entomol.* 110: 891–894.
- HASSAN, S. A. 1988. Guideline for testing the side effect of pesticides on the egg parasite *Trichogramma cacoeciae*. *IOBC/WPR Bull.* 11(4): 3–18.
- HASSAN, S. A. 1989. Testing methodology and concept of the International Organization of Biological Control/Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”/West Palearctic Regional Section, p: 1–18. *In*: Jepson, P. C. (ed.), *Pesticides and nontarget invertebrates*. Intecept, Wimborne, Dorset, England.
- HASSAN, S. A. 1992. Guideline for the evaluation of side effects of plant protection on product on *Trichogramma cacoeciae*. *IOBC/WPR. Bull.* 11(4): 3–18.
- HASSAN, S. A. 1998a. The initiative of the IOBC/WPRS working group on pesticides and beneficial organisms. Chapter 3: 22–27. *In*: HASKELL, P.; McEWEN, P. (eds.), *Ecotoxicology; pesticides and beneficial organisms*. Chapman & Hall, London. 428 p.
- HASSAN, S. A. 1998b. Standard characteristics of test methods. Chapter 7: 55–68. *In* HASKELL, P.; McEWEN, P. (eds.), *Ecotoxicology; pesticides and beneficial organisms*. Chapman and Hall, London. 428 p.
- HELGESEN, R. G.; TAUBER, M. J. 1974. Pirimicarb, an aphicide nontoxic to three entomophagus arthropods. *Environ. Entomol.* 3(1): 99–101.
- HODEK, I. 1967. Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annual Rev. Entomol.* 12: 79–104.
- HODEK, I. 1973. *Biology of Coccinellidae*. Dr. W. Junk, The Hague. 260 p.

- HULL, L. A.; STARNER, V. R. 1983. Impact of four synthetic pyrethroid on major natural enemies and pests of apple in Pennsylvania. *J. Econ. Entomol.* 76: 122–130.
- HUREJ, M.; DUTCHER, J. D. 1994. Indirect effect of insecticides on convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in pecan orchards. *J. Econ. Entomol.* 87: 1632–1635.
- JOHNSON, M. W.; TABASHNIK, B. E. 1999. Enhanced biological control through pesticide selectivity. Chapter 13: 297–317. *In* BELLON, T. S.; FISHES, T. W. (eds.), *Handbook of Biological Control*. Academic Press. 1046 p.
- KAAKEH, N.; KAAKEH, W.; BENNETT, G. W. 1996. Topical toxicity of imidacloprid, triponil, and seven conventional insecticides to the adult convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Entomol. Sci.* 31: 315–322.
- KRING, T. J.; GILSTRAP, F. E.; MICHELS, G. J. Jr. 1985. Role of indigenous coccinellids in regulating greenbugs (Homoptera: Aphididae) on Texas grain sorghum. *J. Econ. Entomol.* 78: 268–273.
- LANDIS, D. A.; ORR, D. B. 1996. Control biológico: Aproximaciones y aplicación. Trad. Dr. Rafael E. Cancelado. <http://ipmworld.umn.edu/chapsters/landis.htm> (rev. 20 de agosto, 2003).
- LANGHOF, M.; GATHMANN, A.; POEHLING, H. M.; MEYHÖFER, R. 2003. Impact of insecticide drift on aphids and their parasitoids: residual toxicity, persistence and recolonisation. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 94(3): 265–274.
- LECRONE, S.; SMILOWITZ, Z. 1980. Selective toxicity of pirimicarb, carbaryl and metamidophos to green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer.), *Coleomegilla maculata lengi* (Timberlake) and *Chrysopa oculata* Say. *Environ. Entomol.* 9: 752–755.
- LONGLEY, M.; STARK, J. D. 1996. Analytical techniques for quantifying direct, residual and oral exposure of terrestrial invertebrates to pesticides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 57: 683–690.
- MARTOS, A.; NIEMEYER, H. M. 1989. Dos estudios sobre crianza masal del coccinélido *Eriopis connexa* Germar. *Revista Peruana de Entomología.* 32: 50–52.

- MILLER, J. C.; PAUSTIAN, J. 1992. Temperature-dependent development of *Eriopsis connexa*. Environ. Entomol. 21: 1139–1142.
- MIZELL, R. F.; SCHIFFHAUER, D. E. 1990. Effects of pesticides on pecan aphid predators *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera:Chrysopidae), *Hippodamia convergens*, *Cycloneda sanguinea*, *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae), and *Aphelinus perpallidus* (Hymenoptera:Encyrtidae). J. Econ. Entomol. 83: 1806–1812.
- MOFFITT, H. R.; ANTHON, E. W.; SMITH, L. O. 1972. Toxicity of several commonly used orchard pesticides to adult *Hippodamia convergens*. Environ. Entomol. 1: 20–23.
- MONTES, F. 1970. Biología y morfología de *Eriopsis connexa* Germar, 1824 y *Adalia bipunctata* Linnaeus, 1758 (Coleoptera). Publicaciones del Centro de Estudios Entomológicos, Universidad de Chile. 10: 43–56.
- MOWRY, T. M. 2002. Insecticidal reduction of potato leafroll virus transmission by the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). Proceedings Idaho Potato Conference, January 24, 2002.  
[http://www.ag.vidaho.edu/potato/research/files/volume%2034/vol%2034\\_117%20Insecticide](http://www.ag.vidaho.edu/potato/research/files/volume%2034/vol%2034_117%20Insecticide) (rev. 24 de febrero, 2004).
- NEWSOM, L. D. 1974. Predator–insecticide relationships. Entomophaga 7: 13–23.
- NPTN (National Pesticide Telecommunications Network). 2001. Imidacloprid.  
<http://ace.orst.edu/info/nptn/factsheets/imidacloprid.htm> (rev. 26 de julio, 2001).
- O'NEIL, R. J.; STIMAC, J. L. 1988. Model of arthropod predation on velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on soybeans. Environ. Entomol. 17(6): 983–987.
- OBRYCKI, J. J.; KRING, T. J. 1998. Predaceous coccinellidae in biological control. Annual Rev. Entomol. 43: 295-321.
- PALUMBO, J. C. 2001. Influence of Admire® and Platinum® on the population growth of the lettuce aphid under field conditions. University of Arizona College of Agriculture, 2001 Vegetable Report.  
[http://www.ag.arizona.edu/pubs/crops/az1252/az1252\\_2c.pdf](http://www.ag.arizona.edu/pubs/crops/az1252/az1252_2c.pdf) (rev. 28 de mayo, 2005).

- PALUMBO, J. C.; REYES, F. J.; MULLIS, Jr. C. H.; AMAYA, A.; LEDESMA, L.; CAREY, L. 2001. Neocotinoids and azadirachtin in lettuce: Comparison of application methods for control of lettuce aphids. University of Arizona College of Agriculture, 2001 Vegetable Report. [http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1252/az1252\\_2e.pdf](http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1252/az1252_2e.pdf) (rev. 28 de mayo, 2005).
- PALUMBO, J.; TICKES, B. 2001. Cowpea aphid in alfalfa. Yuma County Farm Notes (ACIS). University of Arizona Cooperative Extension. <http://ag.arizona.edu/crops/counties/yuma/farmnotes/fn0101cowpea.html> (rev. 25 de noviembre, 2003).
- POEHLING, H. M. 1988. Influence of cereal aphid control on aphid specific predators in winter wheat (Homoptera: Aphididae). *Entomol. Gen.* 13: 163–174.
- POLIS, G. A. 1981. The evolution and dynamics of intraspecific. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 12: 225-251.
- PRADO, E. 1991. Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. INIA, Santiago, Boletín Técnico 169. 203 p.
- RETHWISCH, M. D.; HAYDEN, P.; HAYDEN, B.; BRADFORD, J. G. 2002. Insecticidal effects on cowpea aphids and their parasitoids, blue alfalfa aphids, and alfalfa weevils in 2002. Part of the 2002 Forage and Grain Report, University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences. [http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1301/az1301\\_3b.pdf](http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1301/az1301_3b.pdf) (rev. 15 de mayo, 2004).
- RICE, M. 2003. Cowpea aphids spread across Iowa. Integrated crop management. Department of Entomology, Iowa State University, Ames; Iowa. [http://www.ipm.iastak.edu/imp/icm/2003/7\\_14\\_2003/cowpea.html](http://www.ipm.iastak.edu/imp/icm/2003/7_14_2003/cowpea.html) (rev. 15 de mayo, 2004).
- RICE, M. E.; WILDE, G. E. 1988. Experimental evaluation of predators and parasitoids in suppressing greenbugs (Homoptera: Aphididae) in sorghum and wheat. *Environ. Entomol.* 17: 836–841.

ROSEN, D. 1998. Reducing insecticide use in plant protection in Israel: policy and programmes. Chapter 4: 28–36. *In* HASKELL, P.; McEWEN, P. (eds.), *Ecotoxicology; pesticides and beneficial organisms*. Chapman & Hall, London. 428 p.

SAINI, E. D. 1983. Claves para la identificación de los estados larvales de seis especies de coccinélidos predadores. *Rev. Soc. Ent. Argentina*. 42(1–4): 397–404.

SANHUEZA, A. 2002. Efecto de lambdacihalotrina, metamidofos, novaluron y spinosad sobre *Apanteles glomeratus* (L.), parasitoide de larvas de la mariposa de la col, *Pieris brassicae* (L.). Memoria Ing. Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago. 46 p.

SCHMUCK, R. 2001. Ecotoxicological profile of the insecticide thiacloprid. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 54 (2): 161–184.

SMIRNOFF, W. A. 1958. An artificial diet for rearing coccinellid beetles. *Can. Entomol.* 90: 563–565.



SUNDBY, R. A. 1966. A comparative study of the efficiency of the three predatory insects *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae), *Chrysopa carnea* St. (Neuroptera, Chrysopidae) and *Syrphus ribesii* L. (Diptera, Syrphidae) at two different temperatures. *Entomophaga* 11(4): 394–404.

SWAN, L. A. 1964. Beneficial insects. Harper & Row, New York. 430 p.

TAKAMI, G.; WEISS, M. A.; LONG, G. E. 1981. Evaluation of plant density and temperature in predator–prey interactions in field cages. *Environ. Entomol.* 10(5): 716–720.

THACKERAY, D. J.; JONES, R. A.; BWYE, A. M.; COUTTS, B. A. 2000. Further studies on the effects of insecticides on aphid vector number and spread of cucumber mosaic virus in narrow–leafed lupins (*Lupinus angustifolius*). *Crop Protection.* 19(2): 121–139.

THOMPSON, G.; HUTCHINS, S.; SPARKS, T. C. 2001. Development of spinosad and attributes of a new class of insect control products.

<http://ipmworld.umn.edu/chapters/hutchis2.htm> (rev. 12 de junio, 2001).

TURNIPSEED, S. G.; TODD, J. W.; GREENE, G. L.; BASS, M. H. 1974. Minimum rates of insecticides on soybeans: Mexican bean beetle, green cloverworm, corn earworm and velvetbean caterpillar. *J. Econ. Entomol.* 67: 287–291.

URRA, F. 2003. Nuevos insecticidas: Tendencias en grupos y modos de acción. *Manejo Integrado.* <http://www.manejointegrado.cl> (rev. 3 de junio, 2005).

VILLARROEL, J. 2001. Efecto de metamidofos, lambdacihalotrina, spinosad y thiacloprid sobre *Nabis* spp. (Hemiptera: Nabidae). Memoria Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago. 58 p.

VIÑUELA, E. 1996. Ecología de los artrópodos útiles. *Agricultura ecológica y desarrollo rural.* II Congreso Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Pamplona (Iruña), España. <http://www.agroecología.net/congresos/pamplona/16.pdf> (rev. 17 de noviembre, 2003).

WARE, G. W.; WHITACRE, D. M. 2004. An introduction to insecticides, 4<sup>th</sup> ed. In: RADCLIFFE, E. B.; HUTCHISON, W. D. [eds.]: Texto mundial de MIP. <http://impworld.umn.edu/chapters/ware.htm> (rev. 28 de junio, 2005).

WILKINSON, J. D.; BIEVER, K. D.; IGNOFFO, C. M. 1975. Contact toxicity of some chemical and biological pesticides to several insect parasitoids and predators. *Entomophaga* 20: 113–120.

YOKOYAMA, V. I.; PRITCHARD, J.; DOWELL, R. V. 1984. Laboratory effects of pesticides to *Geocoris pallens* (Hemiptera: Lygaeidae), a predator in California cotton. *J. Econ. Entomol.* 77: 10-15.

ZOEBELEIN, G. 1988. Long-term field studies about pesticide effects on ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomol. Gen.* 13: 175–187.

ZUAZÚA, F. 2000. Toxicidad de los insecticidas imidacloprid, pirimicarb, dimetoato y azadiractina sobre *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Aphididae). Memoria Ing. Agr., Fac. Cs. Agron., Universidad de Chile, Santiago, Chile. 51 p.

ZUAZÚA, F.; ARAYA, J. E.; GUERRERO, M. A. 2000. Efecto de varios insecticidas en la longevidad del parasitoide *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Aphididae). *Inv. Agrícola (Chile)* 20(1-2): 39–46.

## ANEXOS Y APÉNDICES

Anexo I. Insecticidas más utilizados en el cultivo de maíz en Chile<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Eduardo González Mena y Paulina Bórquez Muñoz, Ing. Agrónomos, FertiAgro y CoAgra, respectivamente, comunicaciones personales, junio de 2001.

Ingredientes activos	Formulaciones	Plagas	Dosis/ha
Alfacipermetrina	100 g/L EC	Gusano del choclo	160-200 mL
Carbofurano	10% G	Larvas de dípteros y otros insectos del suelo	10-20 Kg
Clorpirifos	48% EC	Gusanos cortadores, barrenadores, <i>Hylemia</i>	3-5 L
		Gusanos cortadores	1,5-2,2 L
		Pulgones	1L
	15% G	Gusano cortador	10-15 Kg
		Gusano barrenador	7-10 Kg
100 g/Kg Polvo	Gusano cortador	5-10 Kg	
25% WP	Mosca de la semilla	250 g/100 Kg de semilla	
Cyfluthrin	50 g/L EC	Gusano del choclo	50 cc/100 L de agua
		Polillas, gusanos cortadores, pulgones	0,3-0,4 L
Deltametrina	50 g/L EC	Polillas, gusano del choclo	100-150 mL
		Pulgones	150-200 mL
		Gusano barrenador	250 mL
Diazinon	10% C	Gusano cortador, larva de mosca	20-25 Kg
	600 g/L EC	Gusano cortador, larva de mosca	3,5-4 L
	600 gr/L	Gusano del choclo	1,5-2 L
		Insectos del suelo	3-4 L
Endosulfan	35% EC	Pulgones, barrenador del cuello, <i>Heliothis</i> spp	1,5-2 L
	50 WP	Pulgones, barrenador del cuello, <i>Heliothis</i> spp	1-1,5 Kg
Lambdacihalotrina	50 g/L EC	Gusano del choclo	200-250 mL
		Gusanos cortadores	300-500 mL
Metamidofos	600 g/L	Pulgones	0,75-1 L
Pirimicarb	500 g/Kg WP	Pulgones	150-200 g
	500 g/Kg WG	Pulgones	150-250 g
Profenofos	720 g/L EC	Gusano del choclo	0,5 L

Apéndice I . Mortalidad de *Eriopsis connexa* a las 24, 48, 72 y 96 h desde la aplicación de los insecticidas.

Tratamientos	Horas desde la aplicación			
	24	48	72	96
	<u>Huevos</u>			
Metamidofos	6,0 a	23,8 a	40,0 a	42,5 ab
Dimetoato	15,0 a	26,3 a	43,8 a	51,3 a
Pririmicarb	7,5 a	21,3 a	21,3 ab	26,3 bc
Thiacloprid	0,0 a	11,3 a	13,8 b	16,3 c
Fenvalerato	19,0 a	23,8 a	23,8 ab	30,0 abc
Metamidofos ¼	15,0 a	21,3 a	31,3 ab	33,8 abc
Dimetoato ¼	21,0 a	25,0 a	33,8 ab	41,3 ab
Pririmicarb ¼	1,0 a	10,0 a	20,0 ab	23,8 bc
Thiacloprid ¼	7,5 a	7,5 a	15,0 b	22,5 bc
Fenvalerato ¼	15,0 a	20,0 a	26,3 ab	32,5 abc
Control	4,0 a	10,0 a	12,5 b	17,5 c
	<u>Larvas</u>			
Metamidofos	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Dimetoato	94,0 ab	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Pririmicarb	25,0 cd	44,0 c	54,0 c	62,5 c
Thiacloprid	30,0 cd	41,0 c	47,5 c	48,0 c
Fenvalerato	54,0 c	56,0 c	59,0 c	60,0 c

Metamidofos ¼	77,5	b	79,0	b	82,5	b	84,0	b
Dimetoato ¼	85,0	b	87,5	b	89,0	b	91,0	b
Pririmicarb ¼	41,0	cd	44,0	c	46,0	c	47,5	c
Thiacloprid ¼	24,0	cd	31,0	c	36,0	c	37,5	c
Fenvalerato ¼	39,0	cd	41,0	c	45,0	c	45,0	c
Control	21,0	d	30,0	c	37,5	c	45,0	c

Pupas

Metamidofos	37,8	a	46,3	ab	52,5	a	55,0	a
Dimetoato	41,3	a	47,5	a	51,3	a	52,3	a
Pririmicarb	22,3	abcd	28,8	bc	30,0	bc	31,3	bcd
Thiacloprid	17,5	bcd	22,5	c	22,5	c	26,3	cd
Fenvalerato	35,0	ab	42,5	ab	42,5	ab	42,5	abc
Metamidofos ¼	31,3	abc	43,8	ab	47,5	a	48,8	ab
Dimetoato ¼	41,3	a	42,5	ab	43,8	ab	45,0	abc
Pririmicarb ¼	18,8	bcd	22,5	c	23,8	c	23,8	cd
Thiacloprid ¼	12,5	d	16,3	c	16,3	c	20,0	d
Fenvalerato ¼	21,3	abcd	26,3	bc	26,3	c	31,3	bcd
Control	16,3	cd	16,3	c	16,3	c	16,3	d

Adultos

Metamidofos	87,5	a	99,0	a	100,0	a	100,0	a
Dimetoato	90,0	a	90,0	ab	90,0	ab	90,0	ab
Pririmicarb	12,5	bc	20,0	cd	20,0	cd	32,5	cd
Thiacloprid	29,0	bc	36,0	c	37,5	cd	40,0	cd
Fenvalerato	46,0	b	49,0	c	49,0	c	51,0	c
Metamidofos ¼	76,0	a	79,0	ab	81,0	b	81,0	b
Dimetoato ¼	74,0	ab	79,0	ab	79,0	b	82,5	b
Pririmicarb ¼	14,0	bc	15,0	cd	20,0	cd	20,0	cd
Thiacloprid ¼	22,5	bc	24,0	cd	35,0	cd	40,0	cd
Fenvalerato ¼	14,0	bc	22,5	cd	22,5	cd	30,0	cd
Control	3,8	c	3,8	d	5,0	d	9,0	d

Para cada estado de desarrollo, promedios con letras distintas en una columna son estadísticamente diferentes, según pruebas de rango múltiple de Duncan (1955).