

## Efectos de fenvalerato y metamidofos sobre *Diaeretiella rapae* (McIntosh), parasitoide de *Brevicoryne brassicae* (L.)

G. LANKIN, J. E. ARAYA y L. LAMBOROT

Este trabajo evaluó el efecto de fenvalerato y metamidofos en la emergencia, sobrevivencia y longevidad de *Diaeretiella rapae* (McIntosh), endoparasitoide del áfido *Brevicoryne brassicae* (L.), plaga primaria en cultivos de crucíferas. Fenvalerato fue aplicado en concentración de 35 ml/Hl y metamidofos a 750 ml/Hl, sobre momias del áfido con el parasitoide en su interior y sobre adultos emergidos. Las momias de las cuales no hubo emergencia en 25 d, se disectaron para verificar la mortalidad.

El tratamiento de fenvalerato no inhibió la emergencia desde las momias tratadas ni afectó la sobrevivencia de los individuos emergidos de *D. rapae* o de aquellos no emergidos de las momias. Sin embargo, disminuyó la longevidad de los adultos que estuvieron expuestos al contacto con el insecticida y fue tóxico para algunos parasitoides cuando éstos abrían un orificio con sus mandíbulas en la momia para emerger. El tratamiento de metamidofos afectó severamente la longevidad y sobrevivencia de los individuos emergidos y no emergidos de las momias, aunque no inhibió la emergencia de adultos desde las momias tratadas.

**Palabras clave:** *Brevicoryne brassicae*, *Diaeretiella rapae*, fenvalerato, metamidofos, repollo.

### INTRODUCCIÓN

*Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae), es una plaga primaria en cultivos de crucíferas en Chile (ARRETZ, 1964; COLOMPIL, 1960; GONZÁLEZ, 1989), donde se distribuye desde la I a la XII regiones (PRADO, 1991), y es controlado periódicamente con insecticidas (APABLAZA, 1984), a menudo no selectivos y aplicados sin evaluar la densidad de la plaga y sus enemigos naturales (FLINT, 1985). Muchos insecticidas son más tóxicos para los enemigos naturales que para las plagas (CROFT y BROWN, 1975). Numerosos estudios indican que además de su acción letal (LIOTTA, 1978; MANIGLIA, 1978), los insecticidas tienen efectos subletales en microhimenópteros, afectando su fecundidad, tiempo de desarrollo, tasa de parasitismo, longevidad, fertilidad, oviposición, reproducción y locomoción,

además de causar deformaciones (THEILING y CROFT, 1987), repelencia (JIU y WAAGE, 1990) y alterar la capacidad de búsqueda de huéspedes o refugios contra depredadores (HOY y DAHLSTEN, 1984).

Una de las especies entomófagas mundialmente más importantes en el control natural de *B. brassicae* es el parasitoide *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Aphididae), debido a su ciclo de vida, hábitos reproductivos y alta especificidad. Todos los Aphididae son endoparasitoides de áfidos, lo que les confiere gran importancia económica, contribuyendo en Chile a que los áfidos tengan incidencia reducida. *D. rapae* parasita además a *Diuraphis noxia* (Mordvilko), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Rhopalosiphum padi* (L.) (PRADO, 1991), *Myzus persicae* (Sulzer) (SCHLINGER y HALL, 1960), *Lipaphis erisimi* (Kaltenbach) (BOYD y LENTZ, 1994) y *Schizaphis graminum* (Rondani) (GILS-

TRAP *et al.*, 1984). El parasitismo por *D. rapae* no logra erradicar a *B. brassicae*, pero puede reducir sus colonias notablemente (STARY, 1988).

Cada vez que se usa un insecticida contra *B. brassicae*, se afecta a sus enemigos naturales, entre ellos *D. rapae* (SEMTNER, 1979). La mortalidad de *D. rapae* puede deberse al contacto directo con el insecticida o a la absorción de residuos desde sustratos tratados. Por ser un endoparasitoide, sus estados inmaduros están protegidos por la cutícula del espécimen parasitado que los contiene, aunque pueden ser afectados por el insecticida, transmitido vía cadena alimentaria desde su huésped (CROFT, 1989). El parasitoide adulto puede también contactar el plaguicida al alimentarse de polen o néctar de flores, o al limpiar su cuerpo con sus patas, contaminando con residuos de insecticidas sus tarsos (GRATWICK, 1957).

Entre los insecticidas más usados contra *B. brassicae* en Chile están fenvalerato y metamidofos (1). Al no ser específicos (BARBERÁ, 1989), estos compuestos son también muy utilizados para controlar otros insectos, como larvas de lepidópteros, mosquitas blancas, etc.

En un estudio en dos temporadas, APABLAZA (1984) determinó que metamidofos,

dimetoato y paratión fueron los insecticidas más utilizados contra *B. brassicae* en repollo en Chile central. Los insecticidas actualmente más utilizados en Chile para controlar áfidos, en orden decreciente son, pirimicarb, seguido por un grupo integrado por dimetoato, metamidofos y fenvalerato, y en tercer lugar por metil-oxi-demetón, endosulfán, deltametrina, metomilo y monocrotofos. Sin embargo, pirimicarb no es tan utilizado en hortalizas como otros insecticidas de amplio espectro, como metamidofos y fenvalerato (2).

El uso sostenido de insecticidas de amplio espectro ha afectado severamente los agroecosistemas, causando reaparición de especies plaga antes controladas, brotes de plagas secundarias y resistencia en los insectos controlados, fenómenos todos estrechamente relacionados con la escasez o inexistencia de enemigos naturales (SMITH y VAN DEN BOSCH, 1967; LUCK *et al.*, 1977). El cuadro 1 resume diversos estudios sobre el efecto de plaguicidas en *D. rapae*.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la susceptibilidad de *D. rapae* en laboratorio a concentraciones comerciales de fenvalerato y metamidofos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el Laboratorio de Entomología de Cultivos del Departamento de Sanidad Vegetal, y en invernaderos de la Facultad de Ciencias Agrarias y Fo-

(1) y (2) Claudio Reyes de la Maza, Ciba-Geigy; Hugo Rosenda, BASF; Rubén Santa María, Bayer; Allan Lüer, Hoechst; Ramón Valdés, Shell (Comunicaciones personales, 1995).

Cuadro 1.—Algunas referencias de literatura sobre efecto de plaguicidas en *D. rapae*

|                              |   |
|------------------------------|---|
| DELORME, 1976                | Benomilo, clorfenamidina, dicofol, formetanato, fosalone, isolane, mancozeb, pirimicarb, tetradifón, vamidothion. |
| HSIEH y ALLEN, 1986          | Acefato, diazinon, malation, metomilo, permetrina.  |
| ABO EL-GHAR y EL-SAYED, 1989 | Cipermetrina, fenvalerato y metomilo.   |
| ABO EL-GHAR y EL-SAYED, 1992 | Cipermetrina, isoxation, metomilo, protiofos, tralometrina.   |
| SHOREY, 1963                 | DDT, diazinon, dimetoato, demetón, endosulfán, ethion, fosfamidón, mevinfos, paratión, zectrán.                   |
| KUHNER <i>et al.</i> , 1985  | Propachlor.   |

restales de la Universidad de Chile, en La Pintana, Santiago, Chile.

En la parte experimental de este trabajo se distinguieron dos etapas:

– Etapa 1. Crianza de *B. brassicae* y *D. rapae*. Se hicieron dos crianzas separadas en invernadero desde abril de 1995 hasta abril de 1996, siguiendo la metodología descrita por LANKIN *et al.*, (1997). Una crianza permitió un aprovisionamiento permanente de áfidos y parasitoides, y la otra proporcionó los especímenes vivos para los ensayos.

– Etapa 2. Aplicación de insecticidas. Esta etapa se efectuó en laboratorio entre marzo y mayo de 1996. El fenvalerato se aplicó a una concentración comercial media de 35 ml de Belmark 30 EC®/HI; metamidofos se aplicó a 750 ml de Monitor 600®/HI, una concentración alta en el rango recomendado por los fabricantes. En cada repetición se aplicaron 0,5 ml de mezcla insecticida con una torre de aspersión Potter ST-4 a 15 psi, con un gasto equivalente a 300 l/ha.

Los tratamientos se hicieron sobre individuos de *D. rapae* en distintos estados de desarrollo: a) adultos emergidos, y b) momias con el parasitoide en su interior. En el primer caso se midió el efecto residual de los insecticidas por acción de contacto sobre *D. rapae* adultos, asperjando las mezclas insecticidas a las concentraciones indicadas en la torre Potter sobre placas Petri (con visillo en la tapa para ventilación, de modo de evitar una cámara letal) con trozos de hojas de repollo sobre la base de las placas. Una vez secas las superficies tratadas (a temperatura ambiente), se colocaron 20 parasitoides recién emergidos (1-24 h de emergidos) en cada placa durante 1 h a aprox. 20°C. Se observó que las avispidas tendían a posarse y caminar sobre superficies no tratadas cuando podían elegir, por lo que se repitió el tratamiento asperjando también 0,5 ml en la parte interna de la mitad superior de la placa (sin hoja de repollo), de manera de asegurar el contacto de los insectos con superficies tratadas (el cálculo de cantidad de insecticida y mezcla se hizo según superficie).

Se usaron placas sin insecticida para el testigo y ocho repeticiones de 20 individuos por tratamiento. Después de 1 h se contaron los individuos muertos, sexándolos por el número de antenitos (BOTTO y HERNÁNDEZ, 1989). Los sobrevivientes a la exposición al insecticida se contaron y llevaron a frascos ventilados con alimento (solución de miel al 5%); la sobrevivencia se anotó por frasco a diario, retirando y sexando los individuos muertos. El examen de sexos se hizo sólo en cuatro repeticiones al azar, por la dificultad y tiempo consumido en retirar cada día los individuos muertos de los frascos, evitando la fuga de aquellos vivos.

Con este experimento se evaluó la sobrevivencia y longevidad de las avispidas después de 1-24 h de exposición al contacto con el insecticida sobre una superficie tratada y se determinaron eventuales diferencias entre machos y hembras.

En el segundo experimento, con los tratamientos sobre momias conteniendo parasitoides, el material a tratar se obtuvo de las jaulas de crianza cerradas y sin contaminación por hiperparásitos u otros insectos, procediéndose como sigue: 15 d después de haber estado las avispidas en las jaulas, cuando los áfidos parasitados presentaban signos de momificación (aspecto globoso, color dorado, sequedad e inmovilidad total) se colocaron 20 momias, seleccionadas al azar, sobre hojas de repollo en placas Petri. Para facilitar la aspersión de los insecticidas y las observaciones posteriores, las momias se pegaron a la hoja con clara de huevo. Con la torre Potter se aplicaron 0,5 ml de la mezcla insecticida a la concentración ya indicada sobre cada hoja con momias, las que se dejaron secar a temperatura ambiente. Estas placas se mantuvieron tapadas con visillo (para evitar una cámara letal) a aprox. 20°C, con placas con momias sin insecticidas para el testigo, y ocho repeticiones de 20 momias por tratamiento. Las placas se observaron diariamente para verificar la emergencia de parasitoides, los que fueron contados y llevados a frascos (ventilados y con alimento) diferentes por día y

placa. Los frascos se revisaron diariamente para sacar, contar y sexar los individuos muertos.

En este experimento se midió la emergencia de *D. rapae* desde momias tratadas, la sobrevivencia de los parasitoides expuestos al contacto con el insecticida durante las primeras 24 h después de la emergencia, su longevidad y las eventuales diferencias entre machos y hembras.

Las momias sin emergencia se disecaron a los 25 d de la aplicación de los insecticidas para examinar su contenido, pues según DELORME (1976), el desarrollo de *D. rapae* dentro de la momia dura 11-25 d dependiendo de la temperatura. Sin embargo, se verificó cierta sobrevivencia, por lo que se anotó el número de individuos vivos y muertos dentro de las momias y su estado de desarrollo.

Los resultados de cada tratamiento insecticida se compararon por separado con el testigo, debido a la utilización de dosis no comparables, mediante pruebas t-Student ( $P \leq 0,05$ ), luego de normalizar los porcentajes de emergencia, sobrevivencia y número de individuos mediante transformación a grados Bliss [ $\text{Arcosen} (\%/100)^{1/2}$ ; OESTLE, 1965].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados de tratamientos con fenvalerato

*Tratamientos a adultos.*— La sobrevivencia de *D. rapae* a 1 h de exposición a residuos de fenvalerato no fue diferente significativamente del testigo (cuadro 2). Estos resultados son similares a los de PLAPP y VINSON (1977), quienes determinaron que, de un grupo de 15 insecticidas estudiados que incluía piretroides y organofosforados, este compuesto fue el menos tóxico contra adultos del parasitoide de nóctuidos *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae).

La longevidad de los *D. rapae* adultos después de 1 h sobre una superficie tratada con fenvalerato tendió a disminuir, aunque no se diferenció estadísticamente del testigo (cuadro 3).

*Emergencia de parasitoides desde momias tratadas con fenvalerato.*— La emergencia de adultos desde las momias ocurrió durante los primeros 8 d después de la aplicación de fenvalerato y en el testigo. En ambos tratamientos los individuos emergidos aumentaron gradualmente hasta el día 5,

Cuadro 2.—Promedios de adultos de *D. rapae* sobrevivientes a 1 h de exposición a residuos de fenvalerato sobre hojas de repollo.

| Tratamientos | Promedios de sobrevivientes (n = 2) |                     |
|--------------|-------------------------------------|---------------------|
|              | Números                             | Totales $\pm$ E.S.  |
| Fenvalerato  | 19,75 a                             | 98,75 $\pm$ 2,11 a  |
| Testigo      | 20,00 a                             | 100,00 $\pm$ 0,00 a |

Cuadro 3.—Promedios (d) por sexos y total, de adultos emergidos de *D. rapae* después de 1 h de exposición al contacto con residuos de fenvalerato sobre hojas de repollo

| Tratamientos | Longevidad promedio (d) |         |                    |
|--------------|-------------------------|---------|--------------------|
|              | Machos                  | Hembras | Totales $\pm$ E.S. |
| Fenvalerato  | 4,54 a                  | 4,27 a  | 4,10 $\pm$ 0,28 a  |
| Testigo      | 5,41 a                  | 6,08 a  | 5,29 $\pm$ 0,57 a  |

el que tuvo la emergencia máxima, para luego disminuir paulatinamente, hasta cesar la emergencia de individuos.

Fenvalerato no inhibió la emergencia de los parasitoides (cuadro 4). El promedio de adultos emergidos en el testigo (77,63%) fue similar al 75,5% de emergencia de *D. rapae* desde *B. brassicae* obtenido por GODFREY y ROOT (1968) en el tratamiento sin insecticida. En un trabajo de ABO EL-GHAR y EL-SAYED (1989) para medir la emergencia de *D. rapae* desde momias tratadas con fenvalerato, la emergencia acumulada al cuarto día después de la aplicación fue diferente a la del testigo. Sin embargo, a los 21 d este promedio igualó al del tratamiento sin insecticida.

La exposición a fenvalerato durante las primeras 24 h después de la emergencia desde momias tratadas (cuadro 5) no disminuyó significativamente la sobrevivencia de adultos de *D. rapae*, lo que podría deberse a su tolerancia al insecticida, o a que la cantidad aplicada fue subletal. Trabajos de laboratorio de ABO EL-GHAR y EL-SAYED (1992) sugieren esta selección, o dosis subletales. Dosis mayores, como las aplicadas a veces en el campo podrían ser más tóxicas. Esta posibilidad surge en nuestro estudio, pues la concentración de fenvalerato aplicada fue menor a la máxima recomendada, y

porque a menudo las cantidades asperjadas en el campo son dosis máximas, o incluso superiores. Por otra parte, se ha observado que el fenvalerato no afecta la sobrevivencia de diversos microhimenópteros parasitoides. Por ejemplo, la sobrevivencia de adultos de *Pteromalus puparum* (L.) (Pteromalidae) expuestos a fenvalerato por LASOTA y KOK (1986) no fue diferente de la del testigo. Así mismo, PLAPP y VINSON (1977) determinaron que fenvalerato fue el menos activo de 15 insecticidas contra adultos de *Campoletis sonorensis*. Para resolver si hay un problema de dosis o tolerancia se debería continuar con trabajos de laboratorio y campo. Si existe tolerancia se debería preferir este insecticida para controlar plagas de crucíferas, de manera de mantener a *B. brassicae* bajo su nivel de daño económico, afectando al mismo tiempo relativamente poco a *D. rapae*.

También, sería importante verificar si los resultados con fenvalerato sobre *D. rapae* se deben a un fenómeno de tolerancia o resistencia adquirida. Si hubiera resistencia, se podrían criar insectos seleccionados para implementar con ellos programas de control biológico del áfido.

Machos y hembras presentaron el mismo comportamiento frente al tratamiento con fenvalerato, ya que no hubo diferencias sig-

Cuadro 4.-Promedios de adultos de *D. rapae* emergidos de momias tratadas con fenvalerato

| Tratamientos | Individuos emergidos (n = 20) |         |                |
|--------------|-------------------------------|---------|----------------|
|              | Machos                        | Hembras | Totales ± E.S. |
| Fenvalerato  | 6,13 a                        | 7,13 a  | 66,30 ± 2,06 a |
| Testigo      | 5,88 a                        | 8,25 a  | 77,63 ± 3,04 a |

Cuadro 5.-Sobrevivencia por sexo y totales de adultos de *D. rapae* a la exposición a fenvalerato en las primeras 24 h después de la emergencia desde momias tratadas

| Tratamientos | Promedios de sobrevivientes (n = 20) |          |                 |
|--------------|--------------------------------------|----------|-----------------|
|              | Número                               |          | Totales ± E.S.  |
| Fenvalerato  | 97,87 a                              | 91,16 a  | 94,33 ± 3,75 a  |
| Testigo      | 100,00 a                             | 100,00 a | 100,00 ± 0,00 a |

nificativas entre sexos. Además, al comparar la sobrevivencia de los adultos emergidos del primer experimento (cuadro 2) con los emergidos de momias tratadas, no hubo diferencias entre tratamientos. Esto indica que el tiempo de exposición al insecticida (1 h para el tratamiento a adultos; 1-24 h para el tratamiento sobre momias) no influyó en su efecto sobre *D. rapae* a las concentraciones usadas.

La longevidad de los machos y hembras de *D. rapae* emergidos desde momias tratadas con fenvalerato fueron iguales a los del testigo (cuadro 6), aunque menores que las de ABO EL-GHAR y EL-SAYED (1989), quienes encontraron una longevidad de los parasitoides emergidos desde momias tratadas con fenvalerato de 6,3 y 10 d para machos y hembras, respectivamente. Sin embargo, nuestros resultados difieren de los de ABO EL-GHAR y EL-SAYED (1989), en los cuales la longevidad de adultos de *D. rapae* emergidos de momias tratadas con cipermetrina, fenvalerato y metomilo fue más afectada en machos que en hembras en todos los tratamientos. Estas diferencias pueden deberse a una metodología distinta, a la dieta de los adultos en los frascos o simplemente a diferencias entre poblaciones provenientes de hábitats diferentes.

La disección verificó una tendencia a más individuos muertos que vivos en las momias tratadas con fenvalerato que en el testigo (cuadro 7), pero la diferencia no fue significativa.

HSIEH y ALLEN (1986) indican que *D. rapae* puede ser afectado en las momias por los insecticidas en los siguientes estados de desarrollo: (1) estado larvario tardío, prepupal o pupal; (2) estado adulto, sin desarrollo alar completo; (3) adultos con desarrollo alar completo, los que mueren al perforar el dorso de las momias con sus mandíbulas al iniciar la emergencia.

En este trabajo, al disectar las momias se encontraron larvas y pupas, vivas y muertas, y adultos muertos. Los porcentajes, del total de no emergidos, de especímenes vivos y muertos en dichos estados de desarrollo en las momias de cada tratamiento se presentan en la figura 1. Estos resultados verifican que fenvalerato no afectó a los estados inmaduros de *D. rapae* dentro del huésped momificado.

El 40% de los individuos muertos como adultos dentro de las momias tratadas con fenvalerato (11,11% del total de parasitoides no emergidos) asomaba la cabeza por el orificio de salida de la momia, demostrando que murieron al perforar el tegumento con

Cuadro 6.—Longevidad promedio por sexo y total, de adultos de *D. rapae* emergidos desde momias tratadas con fenvalerato

| Tratamientos | Longevidad promedio (d) |         |                    |
|--------------|-------------------------|---------|--------------------|
|              | Machos                  | Hembras | Totales $\pm$ E.S. |
| Fenvalerato  | 4,48 a                  | 4,01 a  | 4,14 $\pm$ 0,21 a  |
| Testigo      | 4,85 a                  | 4,72 a  | 4,77 $\pm$ 0,21 a  |

Cuadro 7.—Promedios de individuos de *D. rapae* vivos y muertos en las momias tratadas con fenvalerato al momento de la disección

| Tratamientos | Número de individuos no emergidos (n=20) | Porcentajes $\pm$ E.S. |                    |
|--------------|--|------------------------|--------------------|
|              |  | Vivos                  | Muertos            |
| Fenvalerato  | 6,74 a                                   | 38,94 $\pm$ 3,36 a     | 61,20 $\pm$ 3,36 a |
| Testigo      | 5,87 a                                   | 55,36 $\pm$ 6,65 a     | 44,71 $\pm$ 6,65 a |

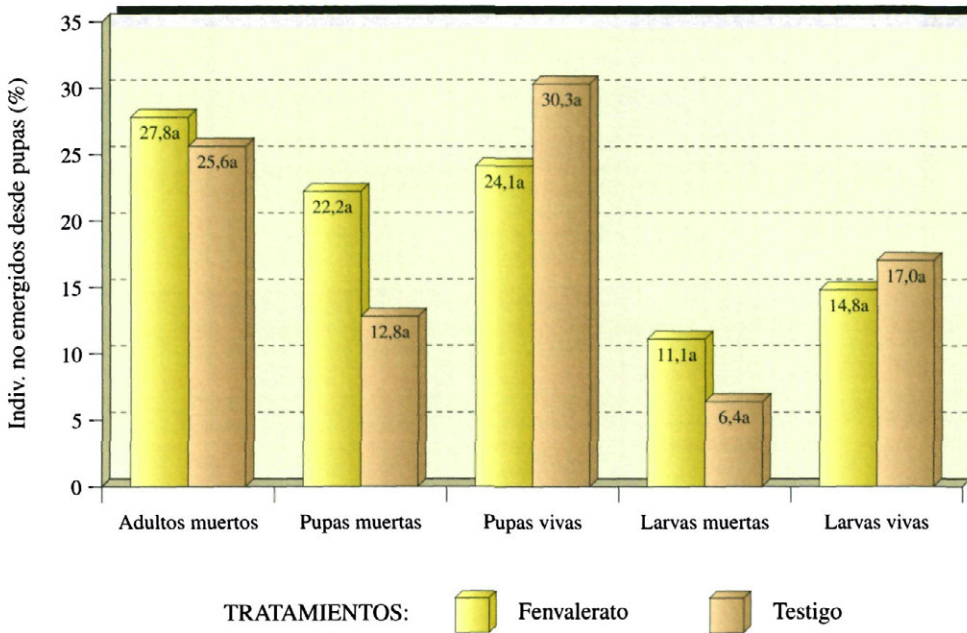


Fig. 1.—Promedios (%) de los diversos estados de desarrollo de los individuos de *D. rapae* vivos y muertos en las momias de *B. brassicae*, respecto del total de no emergidos, en la disección de las momias tratadas y no tratadas con fenvalerato; los porcentajes en las columnas correspondientes a individuos del mismo estado de desarrollo con letras diferentes son distintos significativamente ( $P \leq 0,05$ ) según pruebas t-Student.

sus mandíbulas e iniciar la emergencia, lo que concuerda con las observaciones de HSEIH y ALLEN (1986).

El desarrollo temprano de algunos de los individuos que no murieron dentro de las momias, a pesar de la incubación (3 semanas desde la aplicación de insecticidas), puede corresponder a diapausa (STARY, 1988) o simplemente a desarrollo muy lento en algunos individuos.

Se puede considerar que los individuos sobrevivientes a las primeras 24 h después de la emergencia a la exposición a fenvalerato (cuadro 5), más aquellos que permanecieron vivos en las momias hasta la disección (cuadro 7), como el grupo que logró sobrevivir al tratamiento. Estos individuos pueden continuar parasitando a los áfidos que colonizan el cultivo desde otros sectores o que sobreviven a las aplicaciones. La so-

breviencia total (individuos emergidos y no emergidos) con fenvalerato no fue significativamente diferente del testigo (fig. 2).

Los resultados en la figura 2, preparada con los porcentajes en cada tratamiento, del total de individuos de *D. rapae* sobrevivientes y muertos en las momias, y los sobrevivientes y muertos en las primeras 24 h luego de la emergencia desde momias tratadas, evidencian que fenvalerato eliminó sólo el 24,37% del total de parasitoides. Estos resultados no fueron significativamente diferentes de los del testigo (86,89% de sobrevivencia total), pudiendo considerarse normal el nivel de mortalidad ocurrido en el tratamiento con fenvalerato.

Es necesario estudiar el efecto de aplicaciones sucesivas de fenvalerato en los parasitoides; el porcentaje de mortalidad podría aumentar si la presión del insecticida sobre los

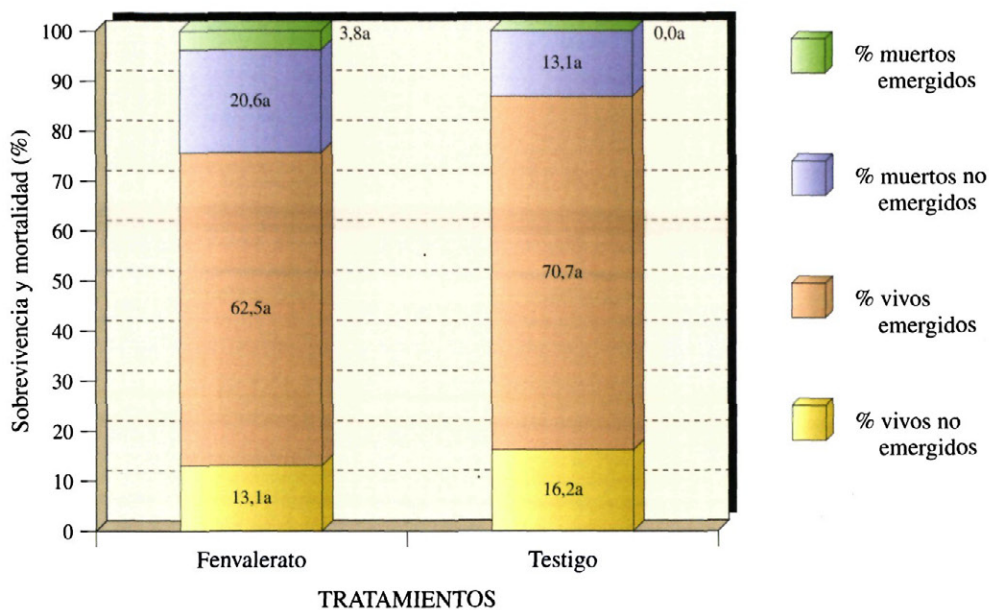


Fig. 2.—Sobrevivencia y mortalidad (%) de *D. rapae* luego de tratar momias de *B. brassicae* con fenvalerato, respecto del total del parasitoides. Los porcentajes en sectores correspondientes en ambas columnas con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P \leq 0,05$ ), según pruebas t-Student.

individuos (emergidos o dentro de las momias) fuera mayor, ya que los piretroides tienen actividad residual de 2-3 semanas (ABO EL-GHAR y EL-SAYED, 1989) y en el campo muchas veces las aplicaciones se repiten después de algunos días si es necesario.

Si bien los piretroides son muy tóxicos en peces y abejas, la mayoría de los utilizados hoy día causan cierta repelencia que reduce su toxicidad y permite su uso cuando los polinizadores están inactivos (SHIRES y MURRAY, 1983).

### Resultados de tratamientos con metamidofos

*Tratamientos a adultos.*— Los adultos de *D. rapae* no sobrevivieron a 1 h de exposición al contacto con metamidofos (cuadro 8), lo que puede deberse a su alta toxicidad a la concentración utilizada.

Al morir los adultos durante la hora de exposición al contacto con metamidofos se anotó una longevidad nula de machos y hembras en este tratamiento (cuadro 9).

Cuadro 8.—Promedios de adultos de *D. rapae* sobrevivientes a 1 h de exposición a residuos de metamidofos sobre hojas de repollo

| Tratamientos | Promedios de sobrevivientes (n = 20) |                     |
|--------------|--------------------------------------|---------------------|
|              | Números                              | Totales $\pm$ E.S.  |
| Metamidofos  | 0,00 a                               | 0,00 $\pm$ 0,00 a   |
| Testigo      | 20,00 b                              | 100,00 $\pm$ 0,00 b |



Cuadro 9.—Promedios (d) por sexos y total, de adultos emergidos de *D. rapae* después de 11 h de exposición al contacto con residuos de metamidofos sobre hojas de repollo.

| Tratamientos | Longevidad promedio (d) |         |                |
|--------------|-------------------------|---------|----------------|
|              | Machos                  | Hembras | Totales ± E.S. |
| Metamidofos  | 0,00 a                  | 0,00 a  | 0,00 ± 0,00 a  |
| Testigo      | 5,41 b                  | 6,08 b  | 5,29 ± 0,57 b  |

*Emergencia de parasitoides desde momias tratadas con metamidofos.*— Los adultos fueron afectados por la exposición al contacto con metamidofos (cuadro 8), pero este tratamiento no afectó la emergencia (cuadro 10), por lo que, al igual que en el tratamiento con fenvalerato, el tegumento del áfido momificado y la edad de las momias al ser asperjadas protegieron adecuadamente al parasitoides en su interior, lo que concuerda con las observaciones de KATO y SHIGA (1964).

La emergencia de parasitoides adultos desde las momias, al igual que con fenvalerato y en el testigo, ocurrió durante los primeros 8 d después de la aplicación de metamidofos, y fue máxima el día 5, para luego disminuir paulatinamente, hasta cesar de emerger nuevos individuos.

La longevidad casi nula obtenida con metamidofos se debió a que la mayoría de las avispitas murieron antes de las primeras 24 h

después de emergidas, sobreviviendo sólo un 6,48% (cuadro 10). Metamidofos afectó significativamente la sobrevivencia de los parasitoides adultos, los que murieron después de emerger, por haber contactado residuos del insecticida sobre la momia o la hoja de repollo (cuadro 11). OBRTTEL (1961) indica que al emerger, los parasitoides pueden ser muertos por los residuos de insecticidas en la momia o la planta hospedante. Por otra parte, si el insecticida no penetró en cantidad suficiente para matar directamente los parasitoides, tal vez hubo efectos subletales que se manifestaron posteriormente, como lo sugieren ASKARI *et al.*, (1984), quienes indican que la mortalidad postemergente de adultos de parasitoides provenientes de momias tratadas podría deberse a una exposición tardía a los residuos, o a efectos latentes de la adquisición del insecticida dentro de la momia. Es importante considerar que siendo metamidofos un

Cuadro 10.—Promedios de adultos de *D. rapae* emergidos de momias tratadas con metamidofos

| Tratamientos | Individuos emergidos (n=20) |         |                |
|--------------|-----------------------------|---------|----------------|
|              | Machos                      | Hembras | Totales ± E.S. |
| Metamidofos  | 5,75 a                      | 7,75 a  | 67,50 ± 1,29 a |
| Testigo      | 5,88 a                      | 8,25 a  | 77,63 ± 3,04 a |

Cuadro 11.—Sobrevivencia por sexo y totales de adultos de *D. rapae* a la exposición a metamidofos en las primeras 24 h después de la emergencia desde momias tratadas

| Tratamientos | Promedios de sobrevivientes (n=20) |          |                 |
|--------------|------------------------------------|----------|-----------------|
|              | Machos                             | Hembras  | Totales ± E.S.  |
| Metamidofos  | 4,34 a                             | 8,10 a   | 6,48 ± 4,20 a   |
| Testigo      | 100,00 b                           | 100,00 b | 100,00 ± 0,00 b |

compuesto tóxico de amplio espectro, la dosis aplicada correspondió a aquella utilizada contra plagas de hortalizas en general (mosquita blanca, trips, cuncunillas, gusanos del follaje, arañas, áfidos, etc.; BARBERA, 1989), aunque no a aquella recomendada para controlar áfidos específicamente. Para el complejo *B. brassicae*-*D. rapae* sería necesario determinar la cantidad del insecticida que, eliminando parte importante de los áfidos, no afecte a toda la población del parasitoide, de manera de contar con una reserva de agentes benéficos que permita mantener un control natural adecuado de la plaga.

Machos y hembras presentaron resultados similares frente a metamidofos (cuadro 11). La sobrevivencia de los adultos emergidos en el primer experimento (cuadro 8) fue similar a la de aquellos emergidos de momias tratadas, lo que indica que el tiempo de exposición al insecticida (1 h para el tratamiento a adultos; entre 1 y 24 h para el tratamiento sobre momias) no influyó en su efecto sobre el microhimenóptero a la concentración utilizada. Tampoco hubo diferencias en la sobrevivencia de los parasitoides emergidos los primeros días después de la aplicación y aquellos que emergieron una semana después, lo que puede deberse a que la velocidad de disipación de los residuos de

metamidofos no fue suficientemente rápida para atenuar el efecto sobre los parasitoides.

La longevidad fue severamente reducida por metamidofos (cuadro 12), sin variación de la susceptibilidad entre ambos sexos, resultados similares a los de los tratamientos directos a los adultos (cuadro 8), lo que corrobora efectivamente que este insecticida es muy tóxico para esta especie a la concentración utilizada. Otros insecticidas de efecto similar sobre *D. rapae* parasitando a *B. brassicae* son protiofos, isoxation, metomilo, cipermetrina y tralometrina (ABO EL-GHAR y EL-SAYED, 1992).

Al igual que con la sobrevivencia, tampoco hubo diferencias en la longevidad de los adultos emergidos los primeros días después de la aplicación de metamidofos y aquellos que emergieron últimos. Se debería continuar estos estudios, para obtener información útil para planificar tratamientos de campo selectivos en relación al momento y frecuencia de las aplicaciones.

A diferencia del testigo, en los tratamientos con metamidofos se encontró una proporción mayor de individuos muertos que vivos dentro de las momias (cuadro 13). Así, la mortalidad dentro de las momias en este tratamiento se debería al efecto del insecticida y no a un fenómeno natural.

Cuadro 12.—Longevidad promedio por sexo y total, de adultos de *D. rapae* emergidos desde momias tratadas con metamidofos

| Tratamientos | Longevidad promedio (d) |         |                    |
|--------------|-------------------------|---------|--------------------|
|              | Machos                  | Hembras | Totales $\pm$ E.S. |
| Metamidofos  | 0,06 a                  | 0,11 a  | 0,09 $\pm$ 0,05 a  |
| Testigo      | 4,85 b                  | 4,72 b  | 4,77 $\pm$ 0,21 b  |

Cuadro 13.—Promedios de individuos de *D. rapae* vivos y muertos en las momias tratadas con metamidofos al momento de la disección

| Tratamientos | Número de individuos no emergidos (n=20) | Porcentajes $\pm$ E.S. |                    |
|--------------|--|------------------------|--------------------|
|              |  | Vivos                  | Muertos            |
| Metamidofos  | 6,50 a                                   | 23,07 $\pm$ 5,76 a     | 76,92 $\pm$ 5,76 a |
| Testigo      | 5,87 b                                   | 55,36 $\pm$ 6,65 a     | 44,71 $\pm$ 6,65 a |

La actividad de un insecto y la exposición a productos tóxicos están muy relacionados (HORN y WADLEIGH,1988), lo que explica la mayor susceptibilidad de los adultos que los estados inmaduros de parasitoides de áfidos, los que están protegidos en las momias. La baja sobrevivencia en las momias en nuestro estudio indica alguna de esta protección en el tratamiento con metamidofos.

Los porcentajes, del total de no emergidos, de individuos vivos y muertos en diversos estados de desarrollo dentro de las momias en el tratamiento con metamidofos se presentan en la figura 3. Aún cuando en este tratamiento hubo numéricamente una mayor proporción de larvas y pupas muertas que vivas y un gran porcentaje de adultos muertos, éste no fue significativamente diferente del testigo.

La sobrevivencia total de *D. rapae* (individuos emergidos y no emergidos) con me-

tamidofos fue muy baja, según se aprecia en la figura 4, la que se preparó al igual que la figura 2, calculando los porcentajes del total de *D. rapae* de sobrevivientes y muertos en las momias, y sobrevivientes y muertos en las primeras 24 h luego de la emergencia desde las momias tratadas con metamidofos.

Metamidofos eliminó una gran proporción de individuos emergidos desde las momias durante las primeras 24 h después de la emergencia, sobreviviendo sólo el 11,87% del total de parasitoides (fig. 4). La sobrevivencia de *D. rapae* en estados inmaduros dentro de las momias en el tratamiento con metamidofos permitiría que una pequeña reserva de parasitoides emergiera y parasitara a los áfidos después de algún tiempo, lo que dificultaría una reinfestación de áfidos en el cultivo (SHOREY, 1963). Sería importante, como sugieren HSIEH y ALLEN (1980), favo-

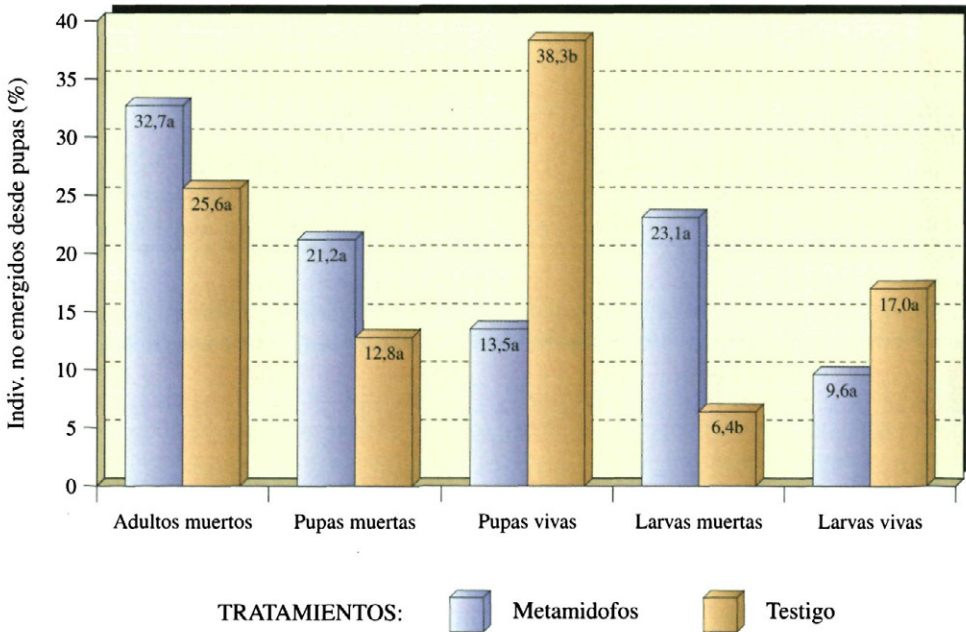


Fig. 3.-Promedios (%) de los diversos estados de desarrollo de los individuos de *D. rapae* vivos y muertos en las momias de *B. brassicae*, respecto del total de no emergidos, en la disección de las momias tratadas y no tratadas con metamidofos; los porcentajes en las columnas correspondientes a individuos del mismo estado de desarrollo con letras diferentes son distintos significativamente ( $P \leq 0,05$ ) según pruebas t-Student.

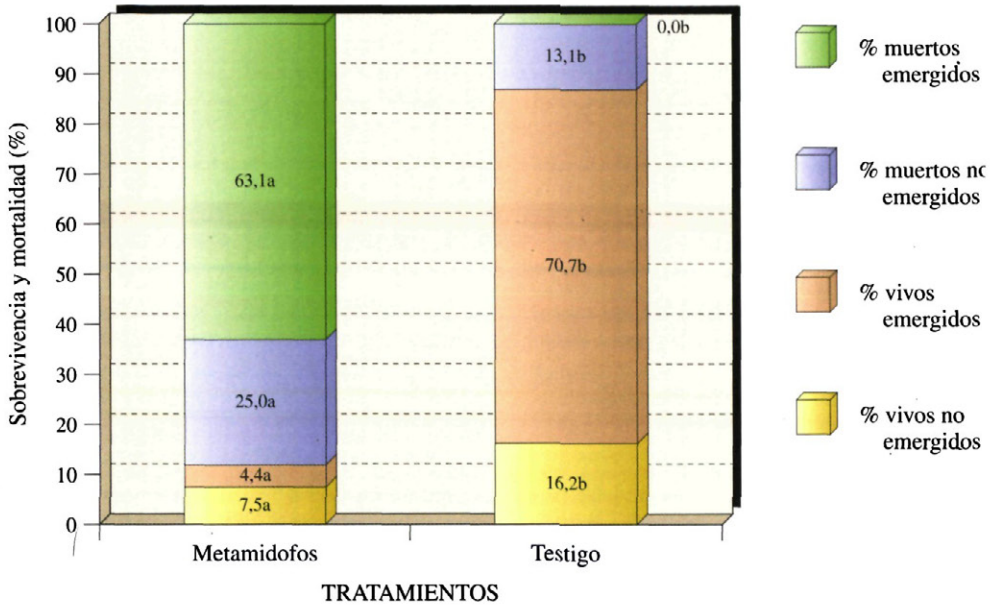


Fig. 4.—Sobrevivencia y mortalidad (%) de *D. rapae* luego de tratar momias de *B. brassicae* con metamidofos, respecto del total de parasitoides. Los porcentajes en sectores correspondientes en ambas columnas con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P \leq 0,05$ ) según pruebas t-Student.

recer a los enemigos naturales con tratamientos insecticidas selectivos en cuanto al momento y frecuencia de aplicación. Las recomendaciones comerciales de repetir las aplicaciones cada 7-10 d, si fuera necesario, reducirían esta reserva, pues los individuos emergentes contactarían el insecticida. NEWSOM *et al.*, (1976) recomiendan que cuando haya un número máximo de parasitoides dentro de las momias las aplicaciones deben hacerse con productos de baja residualidad.

Los resultados obtenidos concuerdan con las características de los insecticidas evaluados. El fenvalerato ( $\alpha$ -ciano-3-fenoxibencil-2-(4-clorofenil)3-metil-butirato) actúa por contacto e ingestión, y tiene una presión de vapor a 25°C de  $2,8 \times 10^{-7}$ ; de toxicidad II, las DL50 dermal y oral del producto comercial son  $>5.000$  mg/kg y 451 mg/kg, respectivamente. El metamidofos (O,S-dimetil-fosforamidotoato), con acción sistémica y de

contacto, tiene una presión de vapor a 23 °C de  $2,3 \times 10^{-5}$ ; de toxicidad I, las DL50 dermal y oral del producto comercial son 130 mg/kg y 20 mg/kg, respectivamente (SINE, 1993).

Al alterar la densidad y distribución espacial de la plaga, los insecticidas afectan la capacidad de búsqueda de huéspedes o presas por sus enemigos naturales (JIU y WAAGE, 1990). Asimismo, no se debe perder de vista que en el campo, las momias se ubican a menudo en lugares inaccesibles, por lo que algunos adultos podrían escapar a los insecticidas. Sin embargo, al moverse los áfidos parasitados por un área extensa antes de morir (STARY, 1970; LÓPEZ *et al.*, 1990), es más probable que contacten algún insecticida que los áfidos no parasitados (HORN y WADLEIGH, 1988). Por otra parte, dosis subletales aumentan el movimiento y desplazamiento de los enemigos naturales, y con ello su exposición al tóxico, el que ge-

neralmente no está distribuido uniformemente en el cultivo (HOY y DAHLSTEN, 1984). Ensayos de campo con los insecticidas estudiados aumentarían el conocimiento de la sobrevivencia de *D. rapae*.

## CONCLUSIONES

A la concentración utilizada de fenvalerato (35 ml de Belmark 30 EC/HI), la longevidad de los adultos de *D. rapae* expuestos 1 h al contacto con residuos de este insecticida no disminuyó estadísticamente respecto al testigo. Sin embargo, en el tratamiento sobre momias hubo cierto efecto tóxico del residuo depositado, sobre los parasitoides adultos al emerger de la momia. Metamidofos fue muy tóxico hacia *D. rapae* a la dosis utilizada (750 ml de Monitor 600/HI), afectando severamente su sobrevivencia a la exposición al contacto con este producto y consecuentemente su longevidad. La sobrevivencia de *D. rapae* (individuos emergidos y no emergidos) permite recomendar al fenvalerato para controlar plagas de crucíferas, y serviría para desarrollar programas de manejo integrado de *B. brassicae*, al afectar escasamente las poblaciones de *D. rapae*. La sobrevivencia del parasitoide fue muy baja con metamidofos, lo que descarta a este insecticida a la concentración utilizada para uso en programas de manejo integrado de *B. brassicae*.

Es necesario complementar este estudio con otras dosis y con ensayos de campo para evaluar el efecto de éstos y otros insecticidas sobre *D. rapae* en condiciones climáticas y físicas reales, considerando refugios, sustratos, alimentación de los adultos, etc.

Es necesario complementar este estudio con otras dosis y con ensayos de campo para evaluar el efecto de éstos y otros insecticidas sobre *D. rapae* en condiciones climáticas y físicas reales, considerando refugios, sustratos, alimentación de los adultos, etc.

## ABSTRACT

Lankin, G., J. E. Araya y L. Lamborot, 1997: Efectos de fenvalerato y metamidofos sobre *Diaeretiella rapae* (McIntosh), parasitoide de *Brevicoryne brassicae* (L.). *Bol. San. Veg. Plagas*, 23(3): 457-471.

This work evaluated the effects of fenvalerate and metamidophos on the emergence, survival and longevity of *Diaeretiella rapae* (McIntosh), endoparasitoid of the aphid *Brevicoryne brassicae* (L.), a primary pest of cole crops. Fenvalerate was applied at 35 ml/HI, and metamidophos at 750 ml/HI, onto mummies of the aphid containing the parasitoid, and onto emerged *D. rapae*. Mummies from which no emergence occurred within 25 were dissected to verify mortality.

Fenvalerate did not affect the emergence from treated mummies nor the survival of *D. rapae* emerged adults or those individuals still inside the mummies. However, it reduced longevity of some adults exposed to contact with the insecticide while opening an escape with their mandibles to emerge from the mummy. Methamidophos severely affected longevity and survival of emerged individuals and of those within the mummified aphids, but it did not inhibit emergence of adults from treated mummies.

**Key words:** *Brevicoryne brassicae*, cabbage, *Diaeretiella rapae*, fenvalerate, metamidophos.

## REFERENCIAS

- ABO EL-GHAR, G. and EL-SAYED, A., 1989: Impact of two synthetic pyrethroids and methomyl on management of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) and its associated parasitoid, *Diaeretiella rapae* (McIntosh). *Pesticide Science*, 25: 35-41.
- ABO EL-GHAR, G. and EL-SAYED, A., 1992: Long-term effects of insecticides on *Diaeretiella rapae* (McIntosh), a parasite of the cabbage aphid. *Pesticide Science*, 36: 109-114.
- APABLAZA, J. U., 1984: Incidencia de insectos y moluscos plagas en siete hortalizas cultivadas en las regiones V y Metropolitana en Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, 11: 27-34.
- ARRETZ, P., 1964: El pulgón del raps (*Brevicoryne brassicae*) y su control con insecticidas sistémicos. *Memoria de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago, Chile*: 120 p.
- ASKARI, A., ABIVARDI, C. and ALISHAH, A., 1984: Effects of camphor on cabbage aphid and its primary parasitoid. *Annals of applied Biology*, 104 (supplement): 24-25.

- BARBERÁ, C., 1989: *Pesticidas agrícolas*, 4a ed., Ediciones Omega, Barcelona: 603 p.
- BOTTO, E. N. y HERNÁNDEZ, M. C., 1989: Contribución al conocimiento de los enemigos naturales de los áfidos plaga de los cereales en la República Argentina. I. Claves para la identificación de los áfidos momificados y los parasitoides primarios, *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, **46**: 75-85.
- BOYD, M. and LENTZ, G., 1994: Seasonal incidence of aphids and the aphid parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Aphidiidae) on rapeseed in Tennessee, *Environmental Entomology*, **23**: 349-353.
- COLOMPIL, D., 1960: Control químico del pulgón del raps, *Memoria de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile, Santiago, Chile*: 92 p.
- CROFT, B. A., 1989: *Arthropod biological control agents and pesticides*, John Wiley, New York: 723 p.
- CROFT, B. A. and STRICKLER, K., 1983: Natural enemy resistance to pesticides: Documentation, characterization, theory and application: 669-702, in: GEORGIOU, G. P. and SAITO, T. (Eds.), *Pest resistance to pesticides*, Plenum, New York.
- CROFT, B. A. and BROWN, A. W., 1975: Responses of arthropod natural enemies to insecticides, *Annual review of Entomology*, **20**: 285-336.
- DELORME, R., 1976: Evaluation en laboratoire de la toxicité pour *Diaeretiella rapae* (Hym.: Aphidiidae) des pesticides utilisés en traitement des parties aériennes des plantes, *Entomophaga*, **21**: 19-29.
- FLINT, M. L. (Ed.), 1985: *Integrated pest management for cole crops and lettuce*, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3307: 111 p.
- GILSTRAP, F., KRING, T. and BROOKS, G., 1984: Parasitism of aphids (Homoptera: Aphididae) associated with Texas sorghum, *Environmental Entomology*, **13**: 1.613-1.617.
- GODFREY, G. L. and ROOT, R. B., 1968: Emergence of parasites associated with the cabbage aphid during a chemical control program, *Journal of economic Entomology*, **61**: 1.762-1.763.
- GONZÁLEZ, R., 1989: *Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile*, Ograma, Santiago, Chile: 310p.
- GRATWICK, M., 1957: The contamination of insects of different species exposed to dust deposits, *Bulletin of entomological Research*, **48**: 741-753.
- HORN, D. J. and WADLEIGH, R. W., 1988: Resistance of natural enemies to insecticides: 337-347, in: MINKS, A. K. and HARREWIJN, P. (Eds.), *World crop pests*, Elsevier, The Netherlands: 364 p.
- HOY, J. B. and DAHLSTEN, D. L., 1984: Effects of malathion and Staley's Bait on the behavior and survival of parasitic hymenoptera, *Environmental Entomology*, **13**: 1483-1486.
- HSIEH, C. and ALLEN, W., 1986: Effects of insecticides on emergence, survival, longevity and fecundity of the parasitoid *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) from mummified *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae), *Journal of economic Entomology*, **79**: 1.599-1.602.
- JIU, G. D. and WAAGE, J. K., 1990: The effect of insecticides on the distribution of foraging parasitoids, *Diaeretiella rapae* (Hym.: Braconidae) on plants, *Entomophaga*, **35**: 49-56.
- KATO, T. and SHIGA, M., 1964: Effect of some insecticides on the hymenopterus parasites within the mummified *Macrosiphum avenae* F., *Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu* (Japan), **10**: 23-26.
- KUHNER, C., KLINGAU, F. and HASSAN, S. A., 1985: Development of laboratory and semifield methods to test the side effects of pesticides on *Diaeretiella rapae* (Hym.: Aphidiidae), *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent*, **50**: 531-538.
- LANKIN, G., LAMBOROT, L. y APAYA, J. E., 1997: Método de crianza de *Diaeretiella rapae* (McIntosh), parasitoide de *Brevicoryne brassicae* (L.), *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, **23**(1): 57-62.
- LASOTA, J. A. and KOK, L. T., 1986: Residual effects of methomyl, permethrin and fenvalerate on *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae) adult parasites, *Journal of economic Entomology*, **7**(9): 651-653.
- LIOTTA, G., 1978: Effets secondaires des appats protéiques empoisonnés sur *Opisus concolor* Szépl. (Hym. Braconidae) au laboratoire, *Ciencia e Cultura*, **3**(0) 7, Supplement: 481-486.
- LÓPEZ, E. R., VAN DRIESCHE, R. G. and ELKINTON, J. S., 1990: Rates of parasitism by *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) for cabbage aphids (Homoptera: Aphididae) in and outside of colonies: Why do they differ?, *Journal of the Kansas Entomological Society*, **63**: 158-165.
- LUCK, R. F., VAN DEN BOSCH, R. and GARCÍA, R. R., 1977: Chemical insect control-a troubled management strategy, *BioScience*, **27**: 606-611.
- MANIGLIA, G., 1978: Effets secondaires du carbaryl et de diméthoate sur *Opisus concolor* Szépl. (Hym. Braconidae) au laboratoire, *Ciencia e Cultura*, **30** (7, Supplement): 487-491.
- NEWSOM, L. D., SMITH, R. F. and WHITCOMB, W. H., 1976: Selective pesticides and selective use of pesticides: 565- 591, in: HUEFAKER, C. B. and MESSENGER, P. S. (Eds.), *Theory and practice of biological control*, Academic Press, New York.
- OBTEL, R., 1961: Effects of two insecticides on *Aphidius ervi* Hal. (Hymenoptera: Braconidae), an internal parasite of *Acyrtosiphon onobrychis* (Boyer), *Folia Zoologica, Bmo*, **10**: 1-8.
- OSTLE, B., 1965: Estadística aplicada, Limusa-Wiley, México: 629 p.
- PLAPP, F. W. and VINSON, S. B., 1977: Comparative toxicities of some insecticides to the tobacco budworm and its ichneumonid parasite *Camponotus sonorensis*, *Environmental Entomology*, **6**: 381-384.
- PRADO, E., 1991: Artrópodos y enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile, *Santiago, INIA, Boletín Técnico*, **169**: 207 p.
- SCHLINGER, E. I. and HALL, J. C., 1960: Biological notes on Pacific coast aphid parasites, and lists of California parasites (Aphidiinae) and their aphid hosts (Hymenoptera: Braconidae), *Annals of the entomological Society of America*, **53**: 404-415.
- SEMNER, P. J., 1979: Insect predators and pests on tobacco following applications of systemic insecticides, *Environmental Entomology*, **8**: 1.095-1.098.
- SHIRES, S. W. and MURRAY, A., 1983: *Proceedings of the 10th International Congress on Plant Protection*, Brighton, England: 716 p.

- SHOREY, H. H., 1963: Differential toxicity of insecticides to the cabbage aphid and two associated entomophagous insect species, *Journal of economic Entomology*, **56**: 844-847.
- SINE, C. (Ed.), 1993: Insecticide dictionary, p. c1-c390, in: *Farm chemicals handbook*, Meister Publishing Company, Willoughby, Ohio: 834 p.
- SMITH, R. F. and VAN DEN BOSCH, R., 1967: Integrated control: 295-340, in: KILGORE, W. W. and DOUTT, R. L. (Eds.), *Pest control: biological, physical, and selected chemical methods*, Academic Press, New York.
- STARY, P., 1970: *Biology of aphids parasites (Hymenoptera: Aphidiidae) with respect to integrated control*, Dr. W. Junk, The Hague: 643 p.
- STARY, P., 1988: Aphids natural enemies: 181-174, in: MINKS, A. K. and HARREWIJN, P. (Eds.), *World crop pests*, Elsevier, The Netherlands: 364 p.
- THEILING, K. M. and CROFT, B. A., 1987: Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: A data base summary, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **21**: 191-218.

(Aceptado para su publicación: 27 de julio de 1997)