

**EVALUACIÓN DE UNA FORMULACIÓN ATRACTICIDA PARA CONTROL DE *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) EN MANZANOS EN EL ESTADO DE WASHINGTON, EE.UU.<sup>1</sup>**

**Assessment of an attracticide formulation to control *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) in apple orchards in Washington State, USA<sup>1</sup>**

**Tomislav Curkovic S.<sup>2\*</sup> y Jay F. Brunner<sup>3</sup>**

**ABSTRACT**

*Cydia pomonella* control and male attraction of an attracticide (Sirene®CM: 0.16% codlemone + 6% permethrin) were evaluated. The attracticide had a long-lasting attraction (> 80 days) for males to regular traps. Only a small proportion of males (< 11%) approaching the attracticide (n = 64) was observed contacting the source. The attractant was significantly less attractive (cumulative captures in a 20 day field test) when compared with regular lures. Treatments with 3,000 drops (approximately 50 µL per drop) of attracticide per hectare and 1,200 emitters per hectare to disrupt mating, equally reduced the captures of *C. pomonella* in traps (92% suppression). The control had significantly greater captures (87% of the total), while in the attracticide treatment only 7% were captured. However, apple fruit (*Malus domestica* Borkh.) damaged by *C. pomonella* at harvest was not statistically different between the attracticide (29%), mating disruption (35%), or control treatments (41%), although it was significantly greater in the upper canopy (> 2.5 m).

**Key words:** pheromones, codlemone, insecticides, permethrin, baits, lures, *Malus domestica*.

**RESUMEN**

Se evaluó la actividad de un atracticida (Sirene®CM: 0,16% codlemone + 6% permetrina) en el control y atracción de machos de *Cydia pomonella*. Los machos fueron atraídos por un período prolongado (> 80 días) hacia las trampas con el atracticida. Sólo una pequeña proporción (< 11%) de machos aproximándose al atracticida (n = 64) fueron observados contactándolo. Su capacidad de atracción en el campo fue significativamente menor (en capturas acumuladas) que la de atrayentes estándar durante una evaluación de 20 días. Tratamientos con 3.000 gotas (aproximadamente 50 µL por gota) de atracticida por hectárea y 1.200 emisores para confusión de cópula por hectárea, redujeron similarmente las capturas de *C. pomonella* en trampas (92% de supresión). El control sin tratar presentó capturas significativamente mayores (87% del total), mientras que en el tratamiento atracticida se capturó sólo el 7%. El daño en manzanas (*Malus domestica* Borkh.) a cosecha, sin embargo, fue estadísticamente similar entre los tres tratamientos (attracticide = 29%, confusión de cópula = 35%, control = 41%), aunque resultó mayor en la canopia superior (> 2,5 m).

**Palabras clave:** feromonas, codlemone, insecticidas, permetrina, cebos, atrayentes, *Malus domestica*.

<sup>1</sup> Recepción de originales: 29 de julio de 2002.

<sup>2</sup> Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Casilla 1004, Santiago, Chile. E-mail: tcurkovi@uchile.cl

\* Autor para correspondencia.

<sup>3</sup> Washington State University, Tree Fruit Research and Extension Center, Wenatchee, 98801, Washington, USA.

## INTRODUCCIÓN

Los “atractividas” son cebos tóxicos que combinan feromonas sintéticas, u otros atrayentes, y un insecticida de acción de contacto (Krupke *et al.*, 2002). En los últimos años se han desarrollado atractividas para controlar diversas plagas (Wolfenbarger *et al.*, 1994; Phillips, 1997; Bostanian y Racette, 2001). En frutales se utilizan contra polilla de la manzana, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) (Charmillot *et al.*, 2000), atrayendo machos hacia fuentes cebadas con la feromona sintética específica en competencia con hembras (Krupke *et al.*, 2002). Es necesario el atrayente más competitivo para obtener el máximo control.

Downham *et al.* (1995) sugirieron que el atrayente debe contener los componentes feromonales emitidos por la hembra para maximizar el contacto. El atractivida usado contra la polilla de la manzana (*C. pomonella*) contiene sólo el análogo sintético (Codlemone) del componente mayor de su feromona sexual (Charmillot *et al.*, 1996), pero no componentes menores, cuya actividad no ha sido precisada (Ebbinghaus *et al.*, 1998).

La respuesta también depende de la especie y densidad de las fuentes atractividas (Krupke *et al.*, 2002), e.g., altas densidades pueden confundir al macho y reducir el control en *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae) (Downham *et al.*, 1995) o incrementarlo en *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera: Geleechidae) (Miller *et al.*, 1990). Estas diferencias sugieren que especies que responden a altas concentraciones o altas densidades de fuentes con feromona sintética pueden controlarse con atractividas. Los atractividas son una alternativa al manejo con plaguicidas convencionales (Hofer y Angst, 1995), tienen impacto reducido sobre especies benéficas, y son de bajo riesgo para trabajadores agrícolas, consumidores y el medio ambiente (Beasley y Henneberry, 1984; Suckling y Brockerhoff, 1999). En manzanos (*Malus pumila* Mill.), para el control de *C. pomonella*, se aplican gotas de una formulación grasosa sobre las ramas, sin contaminar frutos (Krupke *et al.*, 2002), en

bajo número y con una dosis activa reducida de piretroides, los que son preferidos por su rápido efecto de volteo y no causan repelencia (De Souza *et al.*, 1992).

La confusión de cópula es otra estrategia de control que utiliza feromonas sintéticas para controlar *C. pomonella*. Consiste en distribuir emisores o formulaciones asperjables que contienen feromona en el campo para que esta sea emitida desde las fuentes y alcance una concentración que permita desorientar al macho en su búsqueda por la hembra a través de mecanismos como habituación, adaptación u otros (Jones, 1998).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la capacidad de un atractivida comercial (Sirene®CM) para atraer machos de *C. pomonella* y comparar su efectividad con la técnica de confusión de cópula en el control de la plaga en huertos de manzanos en el Estado de Washington, EE.UU.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Productos químicos

En el tratamiento atractivida se utilizó una formulación grasosa (Sirene®CM, 0,16% de codlemone, 6% de permetrina e ingredientes inertes) proporcionada por IPM Technologies, Oregon, EE.UU. El sistema de aplicación consistió en una botella con una válvula para dosificar gotas ~ 50 µL de producto comercial. En el campo se utilizó una dosis de 3.000 gotas ha<sup>-1</sup>, i.e., 5 gotas árbol<sup>-1</sup>. Para el tratamiento estándar (confusión de cópula) se emplearon emisores de feromona tipo Isomate (205 mg Codlemone emisor<sup>-1</sup>) proporcionados por Pacific Biocontrol Corp., Ridgefield, Washington, EE.UU. Se dispusieron 1.200 emisores ha<sup>-1</sup>, i.e., 2 emisores árbol<sup>-1</sup>. Para evaluar la población de machos en el campo se utilizaron emisores estándar tipo septa (Trécé, Salinas, California, EE.UU.) 1 mg codlemone emisor<sup>-1</sup>. Los productos se almacenaron a 0-1°C antes de ser usados en el campo.

### Parcelas experimentales

Los estudios se llevaron a cabo en un huerto de manzanos (*Malus domestica* Borkh.) cv. Red Delicious, pertenecientes al Centro de Investigación y Extensión de Frutales de la Universidad del Estado de Washington, ubicados en la ciudad de Wenatchee (47°36' lat. Norte; 120° 34' long. Este), en el Estado de Washington, EE.UU. Se utilizaron árboles de 15-20 años, plantados a 5 x 3 m, con alta presión de *C. pomonella*. La evaluación de daño y captura de machos se realizó en un huerto de 2,2 ha dividido en nueve parcelas experimentales (~ 0,25 ha parcela<sup>-1</sup>) ubicado 17 km al norte (Columbia View Plots) de la ciudad de Wenatchee. No se aplicaron plaguicidas en los sectores utilizados.

### Evaluación de atracción

Se usaron trampas tipo Delta (Phero Tech Inc., British Columbia, Canadá) para capturas de machos de *C. pomonella* en el campo, empleando septa o una gota de Sirene®CM como atrayente. El atracticida se aplicó sobre un trozo de cartón cubierto con papel aluminio el cual se introdujo en un cilindro de malla mosquitera (~ 6 cm de largo, 2 cm de diámetro) fijado al interior de la trampa. Las trampas se ubicaron individualmente en árboles a ~ 1,8 m de altura y > 30 m de distancia entre ellas. Se usó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones.

En el ensayo 1 (Figura 1) se comparó producto fresco, i.e., gota de atracticida aplicada cada semana, versus producto no fresco, i.e., gota no reemplazada en todo el período (mayo a agosto, 1997). En el ensayo 2 (Figura 2) se comparó el atracticida no fresco versus atrayente estándar (septa) (mayo a junio, 1999). Las trampas se revisaron dos veces por semana, durante ~ 80 días (ensayo 1), o diariamente durante ~ 20 días (ensayo 2) y rotaron en el sentido de las manecillas del reloj en cada oportunidad. Las capturas acumuladas se analizaron con prueba t,  $\leq 0,05$  (Zar, 1999).

El comportamiento de los machos de *C. pomonella* durante la aproximación al atracticida, se observó

con un visor nocturno dotado con una iluminación infrarroja. Se colocó una gota de atracticida fresco en una lámina de plástico (plataforma de 10 x 10 cm) atado a una cañería plástica que se instaló paralela al eje de los árboles. La plataforma quedó a ~ 2 m desde el nivel del suelo entre el follaje del árbol. El comportamiento se observó y registró diariamente entre 8:30 y 10:00 h, el período de mayor actividad de machos en campo, durante dos semanas.

### Efecto de tratamientos de campo sobre captura de machos y daño en frutos

El diseño experimental fue en bloques al azar (3 x 3) con tres tratamientos. En el tratamiento atracticida se aplicaron 3.000 gotas ha<sup>-1</sup>, en el tratamiento con confusión de cópula se instalaron 1.200 emisores ha<sup>-1</sup>, y el tratamiento testigo sin tratar. La primera aplicación de estos tratamientos se hizo entre el 30 de mayo y el 2 de junio de 1998, mientras que la segunda se aplicó entre el 10-12 de julio de 1998. El 60% del atracticida y todos los emisores de feromona se aplicaron en el follaje superior (> 2,5 m) y el resto del atracticida en el follaje inferior (< 2,5 m). En el centro de cada parcela experimental se colocó una trampa Delta con atrayente estándar (septa) el 21 de mayo. Los resultados de capturas de machos se transformaron a arcsin  $\sqrt{x}$  (x = proporción de capturas por tratamiento dentro del bloque), y se analizaron por ANDEVA y test de Tukey para separación de medias, P = 0,05 (Zar, 1999). Las capturas acumuladas en los períodos pre-(21/mayo a 1/junio) y post-tratamiento (4/junio a 12/septiembre) se analizaron por separado. El 2 de junio se marcaron 20 frutos sin daño de *C. pomonella* por árbol en 10 árboles por parcela (600 frutos por tratamiento); 10 en la canopia superior y 10 en la parte inferior (2 niveles dentro del tratamiento). Los frutos se revisaron periódicamente por daño de *C. pomonella* (Cuadro 1). El porcentaje de daño acumulado se analizó por ANDEVA para parcelas divididas ( $\alpha = 0,05$ ) (Dr. R. Alldredge, Programa de Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad del Estado de Washington, 2002, comunicación personal).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de atracción

La formulación atráctica mostró prolongada actividad hacia machos de *C. pomonella* en el campo (Figura 1), similar a la observada por Brockerhoff y Suckling (1999) empleando una formulación semejante para *Epiphyas postvittana* (Walter) (Lepidoptera: Tortricidae). En el ensayo

1 no hubo diferencias ( $p > 0,5$ ) en el total de machos capturados entre tratamientos, i.e. atráctica fresco (1.221 machos [promedio  $\pm$  error estándar:  $407 \pm 33$  machos] y no fresco (1.230 [ $410 \pm 9,1$ ]) durante 82 días. La frecuente superposición de las curvas (Figura 1) sugiere que la atracción fue similar entre los tratamientos durante todo el período.

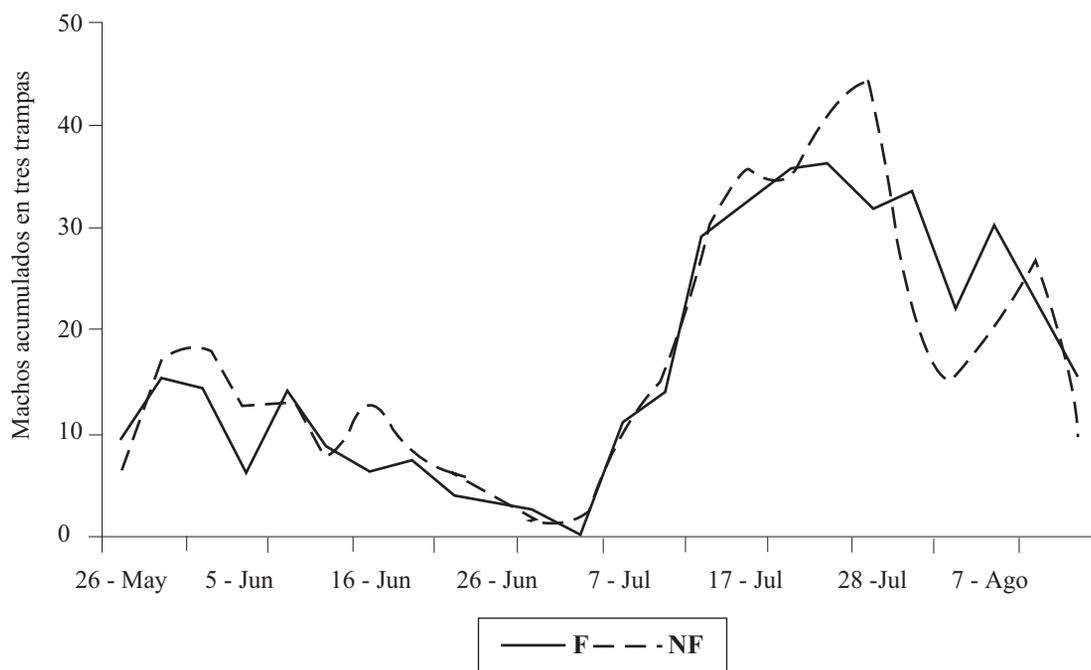


Figura 1. Capturas de machos de *Cydia pomonella* en trampas cebadas con atráctica fresco (F) y no fresco (NF) en manzanos. Wenatchee, Washington, EE.UU., 1997.

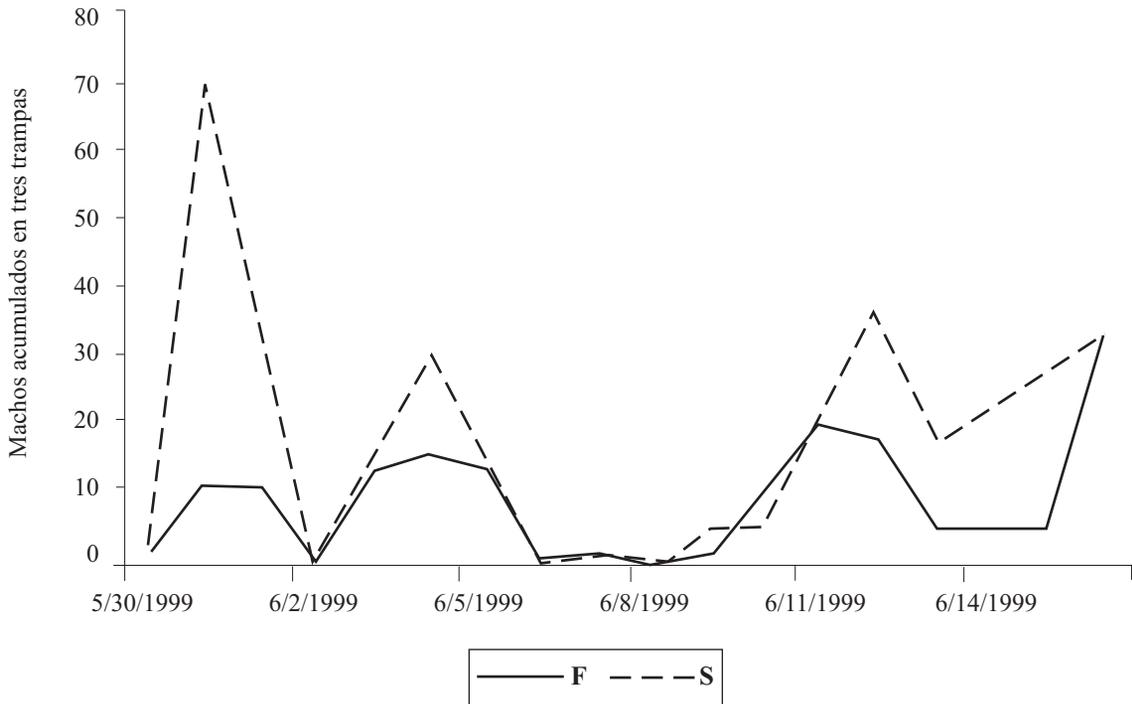
Figure 1. *Cydia pomonella* male captures using fresh (F) or non replaced attracticide (NF) baited traps in apple orchards. Wenatchee, Washington, USA, 1997.

La respuesta prolongada de machos de *C. pomonella* al atráctica se debió, probablemente, a la persistencia de la feromona protegida por un filtro UV incorporado a la formulación, como ocurre en otros casos (Quisumbing y Kydonieus, 1989) y/o una tasa de emisión apropiada, como se indica en Kydonieus y Beroza (1982). Sin embargo, en este ensayo la formulación atráctica estuvo protegida de la luz solar dentro de la trampa, de modo que su actividad debió ser diferente a la de un atráctica expuesto directamente al sol, como ocurriría en tratamientos de campo.

En el ensayo 2 el atráctica fue estadísticamente menos atractivo ( $p < 0,05$ ) que el atrayente estándar durante 20 días, con frecuente ausencia de traslape entre las curvas respectivas (Figura 2). Suckling y Brockerhoff (1999), por el contrario, comparando septa con atráctica específico, pero con mayor contenido de feromona, reportaron capturas de machos (*E. postvittana*) similares. Las capturas acumuladas en el ensayo 2 fueron: septa, 340 ( $113,3 \pm 15,5$ ), y atráctica, 164 ( $54,7 \pm 7,5$ ). Las diferencias se atribuyen a una mayor emisión de feromona y/o mayor concentración

del atrayente estándar, que contenía 12 veces la cantidad de feromona que inicialmente contenía una gota del atracticida. Sin embargo, este ensayo

fue breve y la atracción en períodos más largos dependerá de la cinética de emisión de la feromona desde cada formulación (Zeoli *et al.*, 1982).



**Figura 2. Capturas de machos de *Cydia pomonella* en trampas cebadas con atracticida fresco (F) vs. septa (S) en manzanos. Wenatchee, Washington, EE.UU., 1999.**

**Figure 2. *Cydia pomonella* male captures using fresh attracticide (F) or rubber septa (S) baited traps in apple orchards. Wenatchee, Washington, USA, 1999.**

Se debe enfatizar, sin embargo, que las capturas en trampas no indican necesariamente que hubo contacto entre el atrayente y los machos (Campion *et al.*, 1980), condición necesaria para controlar plagas con atracticidas (Krupke *et al.*, 2002), por lo que es necesario confirmar este aspecto en investigaciones para evaluar el efecto de un atracticida particular. Los resultados de observaciones nocturnas del presente trabajo revelaron que menos de 11% de los machos aterrizando en la plataforma ( $n = 64$ ) contactaron la gota de atracticida empleada como atrayente. Usando bajas densidades de atracticida fluorescente por hectárea, Krupke *et al.* (2002) detectaron una proporción reducida de machos capturados en trampas con marcas fluorescentes,

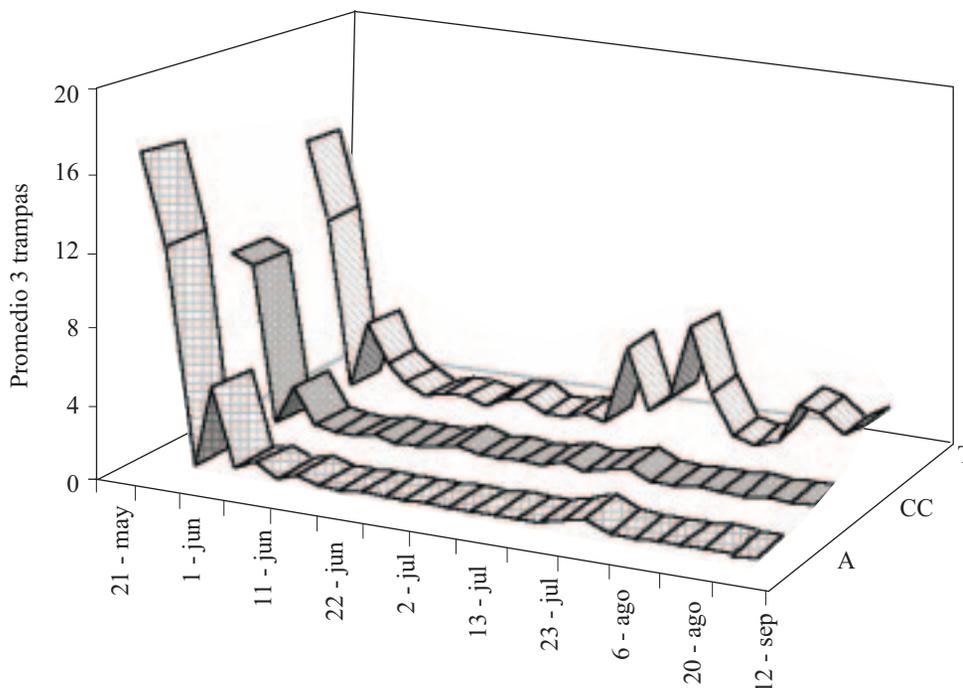
lo que sugiere que sólo una parte de los machos contactó antes el atracticida. La ausencia de contacto físico entre machos atraídos a una fuente atracticida puede deberse al uso de una mezcla incompleta de la feromona específica, tasa de emisión de feromona inadecuada, ausencia de un modelo físico y/o repelencia al insecticida contenido en el atracticida (Castroville y Carde, 1980; Kamm *et al.*, 1989; Rieth y Levin, 1989; Sans *et al.*, 1997).

#### **Efecto de los tratamientos sobre captura de machos y daño de frutos en el campo**

Las capturas acumuladas antes de la aplicación de los tratamientos (21 de mayo a 1 de junio, Figura 3) en las parcelas experimentales fueron: atracticida,

85; confusión de cópula, 93; y control, 78, sin diferencias estadísticas entre ellas ( $p > 0,1$ ). Después de los tratamientos, el total acumulado (4 de junio al 12 de septiembre) evidenció diferencias ( $p < 0,05$ ), con más capturas en el control (91 machos, i.e. 86,6% del total capturado) y sin diferencias entre el tratamiento atraccicida y

el de confusión de cópula (7 machos capturados en cada tratamiento, i.e., 6,7% en cada tratamiento). La supresión de capturas (porcentaje de supresión =  $\{100 - [100 * \text{capturas atraccicida} / \text{capturas en control}]\}$ ) atribuida al atraccicida fue 92%.



**Figura 3.** Capturas de machos de *Cydia pomonella* en trampas utilizando cebos convencionales (septa) en tratamiento atraccicida (A), confusión de cópula (CC) y testigo sin tratar (T) en manzanos, Wenatchee, Washington, EE.UU., 1998.

**Figure 3.** *Cydia pomonella* male captures in regular lure (rubber septa) baited traps in plots treated with attracticide (A), mating disruption (CC) and control (T) in an apple orchard. Wenatchee, Washington, USA, 1998.

Suckling y Brockerhoff (1999) obtuvieron también capturas de machos de *E. postvittana* superiores en el control respecto de un tratamiento atraccicida, con supresión de 88-96%. En la Figura 3 se observa que las diferencias entre tratamientos ocurrieron en julio y agosto, durante el segundo vuelo de *C. pomonella*, con bajas capturas totales en este período. La reducción de capturas en los tratamientos atraccicida y confusión de cópula fue similar, pero, teóricamente, debido a mecanismos diferentes. Mientras el tratamiento de confusión de cópula evita que los machos encuentren a la hembra (o trampa) debido a adaptación,

habitación, etc. (Jones, 1998), los tratamientos con atraccicida eliminan machos reduciendo su densidad (Krupke *et al.*, 2002). Sin embargo, Suckling y Brockerhoff (1999) estimaron que un tratamiento atraccicida puede reducir capturas en trampas por intoxicación y competencia entre fuentes (i.e. atraccicida vs. trampas).

Las reducidas capturas de machos en tratamientos atraccicidas (Figura 3) no se reflejaron en el porcentaje de daño por *C. pomonella* (Cuadro 1). Excepto en la primera evaluación (11 de junio, no se encontraron frutos dañados), éste se incrementó

constantemente entre el 26 de junio y el 30 de agosto y fue similar entre tratamientos a cosecha ( $p > 0,2$ ), i.e. ~29% en tratamiento atracticida, ~35% en confusión de cópula, y ~41% en el control. Es posible que el alto daño en el tratamiento atracticida se deba a las densidades de fuentes utilizadas, un aspecto que ha sido mencionado como determinante en el control de polilla de la manzana empleando esta estrategia (Krupke *et al.*, 2002); no obstante, se empleó una recomendación del fabricante. Sin embargo, esta hipótesis se opone al hecho que los tratamientos mostraron diferencias en capturas con respecto al testigo, sugiriendo que efectivamente hubo control y/o disrupción de machos. Una explicación

alternativa es que la densidad empleada permita sólo control y/o disrupción parcial de machos (i.e., la concentración es apropiada pero algunos individuos no sufren los efectos del tratamiento), sin impedir 100% de los encuentros con hembras en las áreas tratadas. El daño también se puede deber a la descendencia de hembras fertilizadas en áreas aledañas que migraron e infestaron los sectores tratados con atracticida o con confusión de cópula, donde los frutos se encontraban sin protección por tratamientos insecticidas. El análisis factorial indicó que el daño acumulado en la canopia superior (Cuadro 1) fue mayor que en la parte inferior ( $p < 0,002$ ).

**Cuadro 1. Daño acumulado (%) de *Cydia pomonella* en frutos de manzano en dos alturas del follaje; superior (> 2,5 m) e inferior (< 2,5 m). Washington, EE.UU., 1998.**

**Table 1. Accumulative *Cydia pomonella* fruit damage (%) in two apple tree canopy levels; upper (> 2.5 m) and lower (< 2.5 m). Washington, USA, 1998.**

Tratamiento y altura del follaje	26 Junio	9 Julio	22 Julio	6 Agosto	30 Agosto
A < 2,5 m	0,00	0,66	2,00	9,00	16,33
A > 2,5 m	1,33	1,33	4,33	27,99	40,66
CC < 2,5 m	0,66	1,33	2,33	18,00	30,66
CC > 2,5 m	5,33	6,66	10,00	30,00	39,00
C < 2,5 m	0,66	0,66	2,33	12,99	30,33
C > 2,5 m	4,66	6,66	10,66	35,33	51,99

Tratamientos: A: atracticida, CC: confusión de cópula, C: control.

Se ha señalado que los atracticidas podrían emplearse en superficies pequeñas (Charmillot *et al.*, 1996). Sin embargo, los resultados presentados aquí sugieren que la alta presión de plaga inicial y/o el uso de parcelas pequeñas para este tipo de experimentos de campo (rodeadas de hospederos de *C. pomonella*) son inadecuadas para el empleo de atracticidas o confusión de cópula. Losel *et al.* (2000) encontraron bajo nivel de daño por *C. pomonella* en frutos en tratamientos atracticida vs. tratamientos con insecticidas convencionales en parcelas pequeñas, pero con baja presión de plaga, similar a Charmillot *et al.* (1996, 2000), Kirsch (2000) y Reding y Alston (1999). Por el contrario, Charmillot *et al.* (2000) y el Dr. Mark Reding, (Utah State University, comunicación personal), encontraron alto daño en parcelas

pequeñas tratadas con atracticidas con alta presión inicial de plaga.

## CONCLUSIONES

- 1) La formulación atracticida (Sirene®CM) tuvo una actividad prolongada hacia los machos de *Cydia pomonella* cuando fue utilizada como atrayente en condiciones de campo. Pero la atracción fue menor que el atrayente estándar (septa) durante los 20 días de evaluación.
- 2) Los tratamientos con atracticidas en el campo redujeron significativamente las capturas de machos en las trampas. El porcentaje de capturas por tratamiento fue; atracticida, 6,7%, confusión de cópula, 6,7% y control, 86,6%.

## AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Dieter Hofer (Novartis, Basilea, Suiza), al Sr. Phillip Kirsch (IPM Technologies, Portland, Oregon, EE.UU.) por su contribución al

proporcionar Sirene®CM, y al Dr. Richard Alldredge (Programa de Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad del Estado de Washington, Pullman, Washington, EE.UU.) por su asesoría estadística.

## LITERATURA CITADA

- Beasley, C.A., and T.J. Henneberry. 1984. Combining gossypure and insecticides in pink bollworm control. *Calif. Agric.* 38:22-4.
- Bostanian, N.J., and G. Racette. 2001. Attract and kill, an affective technique to manage apple maggot, *Rhagoletis pomonella* [Diptera: Tephritidae] in high density Quebec apple orchard. *Phytoprotection* 82:25-34.
- Brockerhoff, E.G., and D.M. Suckling. 1999. Development of an attracticide against light brown apple moth (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.* 92:853-9.
- Campion, D.G., P. Hunter-Jones, L.J. McVeigh, D.R. Hall, R. Lester, and B.F. Nesbitt. 1980. Modification of attractiveness of the primary pheromone component of the Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae), by secondary pheromone components and related chemicals. *Bull. Entomol. Res.* 70:417-34.
- Castrovillo, P.J., and R.T. Carde. 1980. Male codling moth (*Laspeyresia pomonella*) orientation to visual cues in the presence of pheromones and sequences of courtship behaviors. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 72:173-88.
- Charmillot, P.J., D. Hofer, and D. Pasquier. 2000. Attract and kill: a new method for control of the codling moth *Cydia pomonella*. *Entomol. Exp. Appl.* 94:211-6.
- Charmillot, P.J., D. Pasquier, A. Salco, et D. Hofer. 1996. Essais de lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. par un procédé attracticide. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 69:431-9.
- De Souza, K.R., L.J. McVeigh, and D.J. Wright. 1992. Selection of insecticides for lure and kill studies against *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 85:2100-6.
- Downham, M.C., L.J. McVeigh, and G.M. Moawad. 1995. Field investigations of an attracticide control technique using the sex pheromone of the Egyptian cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. Entomol. Res.* 85:463-72.
- Ebbinghaus, D., P.M. Losel, M. Lindemann, J. Sherkenbeck, and C.P. Zebitz. 1998. Detection of major and minor sex pheromone components by the male codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Insect Physiol.* 44:49-58.
- Hofer, D. and M. Angst. 1995. Control of pink bollworm in cotton with Sirene, a novel sprayable attract & kill formulation. *Proc. Nat. Cotton Am. Council* 2:68-9.
- Jones, O.T. 1998. Practical applications of pheromones and other semiochemicals p. 263-355. *In* Howse, P., I. Stevens, and O. Jones (eds.) *Insects pheromones and their use in pest management*. Chapman and Hall, London, UK.
- Kamm, J.A., L.M. McDonough, and K.E. Rowe. 1989. Effect of dosage and ratio of sex pheromone components on behavior of *Chrysoteuchia topiaria* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *Environ. Entomol.* 18:368-72.
- Kirsch, P. 2000. Results of 1999 season long demonstration trials to control codling moth on apples and pears using Last Call CM pheromone + insecticide bait matrix in the Western United States and British Columbia, p. 95. 74th Annual Western Orchard Pest & Disease Management Conference Research Report, January 5-7. Oregon State University, Portland, Oregon, USA.
- Krupke, C.H., B.D. Roitberg, and G.J.R. Judd. 2002. Field and laboratory responses of male codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) to a pheromone-based attract-and-kill strategy. *Environ. Entomol.* 31:189-97.
- Kydonieus, A.F., and M. Beroza. 1982. Pheromones and their use p. 3-12. *In* Kydonieus, A., M. Beroza, and G. Zweig (eds.) *Insect suppression with controlled release pheromone systems*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Losel, P.M., G. Penners, R.P.J. Potting, D. Ebbinghaus, A. Elbert, and J. Scherkenbeck. 2000. Laboratory and field experiments toward the development of an attract and kill strategy for the control of the codling moth, *Cydia pomonella*. *Entomol. Exp. Appl.* 95:39-46.

- Miller, E., R.T. Staten, C. Nowell, and J. Gour. 1990. Pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae): point source density and its relationship to efficacy in attracticide formulations of gossyplure. *J. Econ. Entomol.* 82:1321-5.
- Phillips, T.W. 1997. Semiochemicals of stored-product insects: Research and applications. *J. Stored Prod. Res.* 33:17-30.
- Quisumbing, A.R., and A.F. Kydonieus. 1989. Plastic laminate dispensers. p.149-71. *In* Jutsum, A. and R. Gordon (eds.) *Insect pheromones in plant protection.* John Wiley & Sons, Guildford, Surrey, Great Britain.
- Reding, M.E., and D.G. Alston. 1999. Efficacy of Sirene-CM against codling moth in Utah. p. 51-2. 73<sup>rd</sup> Annual Western Orchard Pest & Disease Management Conference Research Report, January 6-8. Oregon State University. Portland, Oregon, USA.
- Rieth, J.P., and M.D. Levin. 1989. Repellency of two phenylacetate-ester pyrethroids to the honeybee. *J. Api. Res.* 28:175-9.
- Sans, A., M. Riba, M. Eizaguirre, and C. Lopez. 1997. Electroantennogram, wind tunnel and field responses of male Mediterranean corn borer, *Sesamia nonagrioides*, to several blends of its sex pheromone components. *Entomol. Exp. Appl.* 82:121-7.
- Suckling, D.M., and E.G. Brockerhoff. 1999. Control of light brown apple moth (Lepidoptera: Tortricidae) using an attracticide. *J. Econ. Entomol.* 92:367-72.
- Wolfenbarger, D.A., P.K. MacLean, A.R. Quisumbing, W.N. Starner, and J.A. Houghtaling. 1994. Laboratory and field test with boll weevil killing station in lower Rio Grande Valley of Texas. *Proc. National Cotton Am. Council* 2:1217-25.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical analysis*, 663 p. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Zeoli, L.T., A.F. Kydonieus, and A.R. Quisumbing. 1982. Controlled release technologies. p. 131-44. *In* Kydonieus, A., M. Beroza, and G. Zweig (eds.) *Insect suppression with controlled release pheromone systems.* CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.