

Aplicaciones mecanizadas de tratamientos cebo para la lucha contra la mosca de la fruta del Mediterráneo

Se ha demostrado que el uso de tratamientos cebo a bajo volumen tienen la misma efectividad que los convencionales

El método de lucha más utilizado contra esta plaga ha sido la aplicación de tratamientos fitosanitarios con plaguicidas de síntesis contra el adulto, mediante aplicaciones terrestres que se realizan de dos formas: como tratamiento cebo cuando los frutos están verdes y como tratamiento completo cuando comienza el viraje de color en los frutos. Para evitar los efectos del uso continuado de insecticidas se están desarrollando otros con menor impacto sobre organismos beneficiosos y el medio ambiente que, aplicados a bajos volúmenes y con los cebos adecuados, pueden ser una alternativa a los actuales tratamientos. En este artículo se resumen los resultados de los ensayos con un pulverizador automático que cumple los requerimientos de aplicación del producto a bajo volumen.

Enrique Moltó, Patricia Chueca y Abelardo Gutiérrez.

Centro de Agroingeniería.
Instituto Valenciano de
Investigaciones Agrarias (IVIA).

Las moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) se encuentran entre las plagas más importantes del mundo desde el punto de vista económico (White *et al.*, 1992). Producen tanto pérdidas directas, debidas a la oviposición de la hembra en los frutos, que da lugar posteriormente a podredumbres, como pérdidas indirectas, derivadas de la imposición de períodos de cuarentena por parte de los países importadores. En España está presente una de las especies más notorias, la mosca de la fruta del Mediterráneo, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann). Este insecto destaca por su polifagia, ya que ataca a más de trescientas especies de plantas, incluidos los cítricos (Liquido *et al.* 1991). También se caracteriza por una alta adaptabilidad a distintos medios y una elevada capacidad de dispersión, lo que dificulta su control.

El método de lucha más utilizado contra esta plaga ha sido la aplicación de tratamientos fitosanitarios con plaguicidas de síntesis contra el adulto, ya que es el único estado expuesto a la acción de los mismos. Los huevos y larvas viven protegidos en el interior del fruto, y cuando la larva se encuentra en el último estadio, sale del fruto para pupar, enterrándose en el suelo. Actualmente, en España, el producto más utilizado es el malatión, debido a su alta eficacia y bajo coste (Ressler, 1989).

En nuestro país, particularmente en cítricos, existen campañas estatales para combatir *C. capitata*, que consisten en la apli-



Foto 1. Equipo empleado en los ensayos.

cación de malatión mediante tratamientos aéreos con avioneta, que deben ser complementados con tratamientos terrestres (Primo *et al.*, 2003). Se recomienda que las aplicaciones terrestres se realicen de dos formas, como tratamiento cebo cuando los frutos están verdes y como tratamiento completo cuando comienza el viraje de color en los frutos. El primero consiste en la pulverización del insecticida junto a un atrayente alimenticio, de manera

que el macho y la hembra se sientan atraídos por el cebo y al ingerirlo se mueran. Este tipo de tratamiento se realiza sólo en la cara soleada del árbol y se emplea un volumen de caldo de 500 l/ha. En el tratamiento completo se distribuye insecticida por todo el árbol y se utiliza el doble de volumen de caldo por unidad de superficie. El uso continuado del insecticida genera una serie de inconvenientes, como la aparición de fenómenos de resistencia, la

reducción de la población de enemigos naturales, la presencia de residuos en la fruta y el incremento de la contaminación ambiental. Por este motivo, se están desarrollando insecticidas con menor impacto sobre los organismos beneficiosos y el medio ambiente que, aplicados a bajos volúmenes (con el consiguiente ahorro de agua) y con los cebos adecuados, pueden ser una alternativa adecuada a los actuales tratamientos.

Los tratamientos cebo a bajo volumen (decenas de litros por hectárea) requieren tamaños de gota grandes (del orden de varios milímetros) para aumentar la persistencia del cebo sobre la planta. En estos tratamientos se intenta que sea el insecto el que se acerque al insecticida debido a un gran poder de atracción del cebo, lo que difiere del objetivo de los tratamientos convencionales, en los que se emplean volúmenes mayores de caldo y pequeños tamaños de impactos (200-500 mm) para distribuir con eficacia el producto, de manera que aumente la probabilidad de contacto con la plaga. El uso de volúmenes reducidos con tamaños de gota grandes y el empleo de un insecticida junto a un cebo presentan una serie de ventajas: apenas se produce deriva, el caldo se distribuye únicamente sobre zonas puntuales y además no tiene que penetrar en el interior de los árboles, por lo que no afecta a la población de fitoseidos. Por ello, estos tratamientos suelen tener un menor impacto am-

biental que los convencionales.

Sin embargo, los sistemas de distribución convencionales, como los pulverizadores hidráulicos asistidos por aire (turboatomizadores) o los pulverizadores simplemente hidráulicos (equipos de mangueras y pistolas) se diseñan para los tratamientos de mucho volumen de caldo y el reparto de producto en forma de gotas finas, por lo que muchas veces no se utilizan para distribuir tratamientos cebos a bajo volumen y se necesita recurrir a aplicaciones con pulverizadores manuales de mochila, lo que incrementa el coste de estos tratamientos.

Por este motivo, el Centro de Agroingeniería del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias desarrolló un pulverizador automático que cumpliera con los requerimientos de los tratamientos cebo a bajo volumen y ha comparado en ensayos de campo la eficacia de estos tratamientos con la de los convencionales.

Equipo para la distribución de tratamientos cebo a bajo volumen

La máquina es capaz de pulverizar de manera intermitente, permitiendo ajustar el volumen de caldo y siendo capaz de adaptarse a diferentes características



Foto 2. Panel de control.

realiza tres acciones distintas: adquisición de datos, procesamiento de datos y actuación.

El microcontrolador utiliza un puerto E/S como salida digital para actuar sobre la electroválvula. Además, posee un contador de tiempo (timer) que permite contabilizar tiempos de forma sencilla. El circuito se completa con un teclado para el manejo del programa y una pantalla

LCD para ver las opciones del programa. La corriente eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema se toma de la batería del tractor. La unidad de control se encuentra integrada en una caja de control (foto 2) que se coloca en el tractor, en la zona próxima al volante, adonde el tractorista puede acceder fácilmente. A través de un teclado, el usuario puede indicar las condiciones de trabajo (marco de plantación, velocidad de avance y modo de pulverización: todos los árboles-cada dos árboles-cada tres árboles, etc.).

El sensor de ultrasonidos aporta información sobre la vegetación a pulverizar (presencia o ausencia de huecos y principio o final de un árbol).

Debido a que no se encuentra en la misma posición que la boquilla, sino adelantado, existe un retraso entre el momento en que se adquiere la señal y el paso de la boquilla por

de la vegetación (continuidad o discontinuidad del follaje, tipos de seto, etc.). Está formada por un tanque suspendido convencional de 500 l de capacidad sobre el que se han instalado los siguientes elementos (foto 1):

- Una electroválvula que regula el caudal pulverizado.

- Un sensor de ultrasonidos que aporta información sobre la vegetación a pulverizar (presencia o ausencia de huecos y principio o final de un árbol).

- Una unidad de control.

La unidad de control se basa en una placa electrónica propia cuyo elemento principal es un microcontrolador que se comporta, básicamente, como una unidad de control que adquiere la información a través de los distintos sensores del sistema, la procesa y, finalmente, actúa sobre el sistema de pulverización en función de la información procesada. De esta forma, el microcontrolador

SOHISCERT CERTIFICACIÓN AGROALIMENTARIA

AGRICULTURA Y GANADERÍA ECOLÓGICA

- Certificación de Agricultura y Ganadería Ecológica conforme al Reglamento CE 2092/91
- Certificación de insumos conforme al Anexo II del Reglamento CE 2092/91
- Certificación NOP del USDA de Estados Unidos
- Certificación JAS para Japón
- Certificación BIOSUISSE



OTRAS CERTIFICACIONES

- Producción integrada
- Vinos de la Tierra
- EUREPGAP



ese punto. Sin embargo, como se conoce la distancia fija que existe entre el sensor y las boquillas, para una velocidad de avance del tractor, el microcontrolador calcula el tiempo de retraso entre la lectura del sensor y la apertura de la electroválvula.

Para trabajar con el sistema electrónico se conecta la caja de control a la toma de corriente del tractor. Cuando comienza el tratamiento, en la pantalla de la caja de control aparece una nota informativa que recuerda la velocidad de avance y el modo de pulverización seleccionados para realizar la aplicación.

En cuanto al dispositivo de pulverización, se emplearon boquillas de aire inducido de la marca Teejet, modelo AI11003VS, que habían sido caracterizadas en laboratorio y aseguraban tamaños de gota elevados. Se usaron dos boquillas para el tratamiento de 80 l/ha y una boquilla en el tratamiento de 30 l/ha.

Ensayos de eficiencia del equipo en campo

Descripción de los tratamientos

Se eligieron dos parcelas contiguas (parcela A y parcela B) con las mismas características agronómicas, situadas en el término de Sagunto (Valencia). Ambas están plantadas con mandarinos de la variedad Marisol sobre metasetas a tresbolillo. El marco de plantación es de 3 x 3 m y los árboles tienen ocho años de edad.

Para las aplicaciones convencionales se empleó un pulverizador hidráulico asistido por aire de 2.000 l de capacidad. La presión de trabajo fue de 18 bar y la velocidad de 3 km/h. Estaba dotado de boquillas de cerámica cónicas de 1,8 mm de diámetro.

Se realizaron dos ensayos, uno en 2004 y otro en 2005. En el año 2004 la parcela A fue tratada con la aplicación a bajo volumen y la parcela B se trató de manera convencional, mientras que en el año 2005 los tratamientos en las parcelas se intercambiaron, la aplicación a bajo volumen se realizó en la parcela

CARACTERÍSTICAS DE LOS TRATAMIENTOS REALIZADOS.					
Año	Tipo de tratamiento	Producto comercial	Concentración	Volumen de caldo	Dosis de i.a
2004-2005	Tratamiento 1A: cebo convencional	Malafin 50 * + Nulure *	0,5% 0,5%	500 l/ha	1.250 g/ha
2004-2005	Tratamiento 1B: cebo completo convencional	Malafin 50 *	0,2%	1.000 l/ha	1.000 g/ha
2004	Tratamiento 2: cebo a bajo volumen	Spintor Cebo *	1 l/ha	30 l/ha	0,24 g/ha
2005	Tratamiento 3: cebo a bajo volumen	Spintor 480 SC * + 0,5 % Nulure *	0,1%	80 l/ha	3,84 g/ha

B y el tratamiento convencional en la parcela A.

En 2004 se realizaron un total de seis aplicaciones desde mediados de agosto hasta finales de septiembre, recolectándose la fruta a principios de octubre (**cuadro I**). Hay que indicar que, por inclemencias meteorológicas, el 5 de septiembre se perdió cerca del 50% de la producción. En 2005 se realizaron nueve tratamientos. Las tres primeras aplicaciones del tratamiento convencional fueron en forma de cebo y el resto, como tratamiento completo, con el mismo equipo y condiciones de trabajo.

En el tratamiento convencional de 2004, las dos primeras aplicaciones se realizaron en forma de cebo y el resto, como tratamiento completo. La aplica-

ción en forma de cebo consistió en pulverizar un volumen de caldo de 500 l/ha con un 0,5% de malatión y 0,5% de proteína hidrolizada, únicamente sobre la cara soleada de los árboles. En el tratamiento completo se trató con un volumen de caldo de 1.000 l/ha a una concentración del 0,2% de malatión sobre toda la superficie del árbol.

El tratamiento cebo a bajo volumen de 2004 consistió en la pulverización de un volumen de caldo de 30 l/ha, compuesto por 29 l de agua y 1 l de Spintor Cebo® (concentración del 3,33%). El tratamiento cebo a bajo volumen en 2005 consistió en la pulverización de 80 l/ha compuesto por 0,5% de proteína hidrolizada y 0,1% de Spintor 480 SC®.

Estudio de la eficacia

Para estudiar la evolución de la población de plaga se colocaron en cada parcela seis trampas Tephri repartidas uniformemente con atrayentes alimenticios tri-pack (acetato amónico, putrescina y trimetilamina), que atraen a machos y hembras, y una vapon insecticida (DDVP). La reposición de los atrayentes y del insecticida en las trampas se realizó de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes. Los atrayentes de cada trampa tienen un radio de acción en torno a los 16,5 m, abarcando una superficie de aproximadamente 850 m², por lo que se separaron entre sí como mínimo la distancia del radio para evitar interferencias en la atracción (**figura 1**). Semanalmente se realizaron conteos de moscas capturadas, diferenciándose entre machos y hembras.

Evaluación de daños

Una semana después de la última aplicación y antes de la cosecha, se evaluó el daño producido por *Ceratitis capitata* mediante el conteo de frutos con y sin presencia de larvas en su interior. En el año 2004 se revisaron aleatoriamente el 8% de los frutos recolectados en cada parcela. En el 2005 se realizó un muestreo bietápico, que consistió en escoger al azar treinta árboles de cada parcela distribuidos homogéneamente y examinar aleatoriamente diez frutos por árbol, repartidos por todo el perímetro de la copa. Así pues, se revisaron un total de trescientos frutos por parcela.

Análisis de residuos

Con el fin de analizar el caso más desfavorable, se realizó un análisis sobre frutos seleccionados solamente de la parte del árbol que había sido pulverizada. El muestreo se realizó de la siguiente manera: de cada unidad de ensayo, se seleccionaron al azar 24 árboles y se cogieron 3 frutos del carosol, que hacen un total de 72 frutos, que posteriormente, se dividieron en tres muestras de 24 frutos de 2 kg

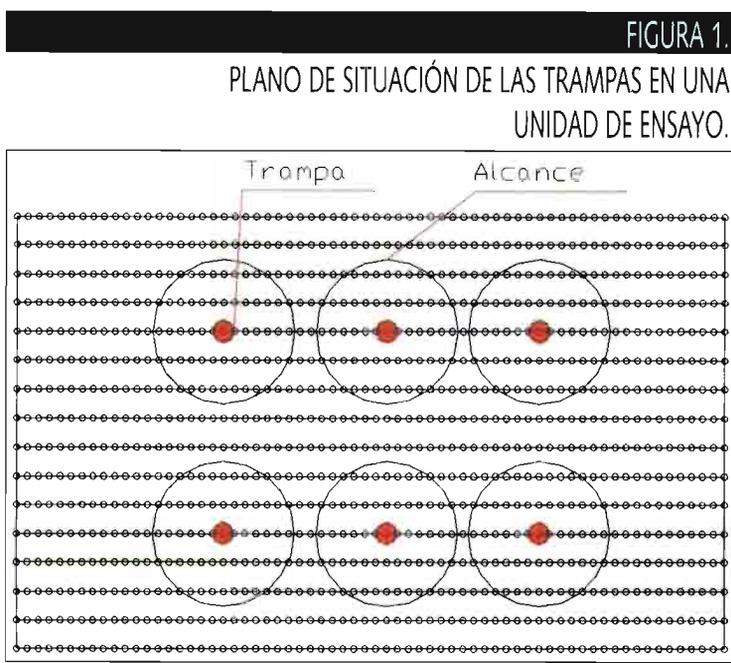
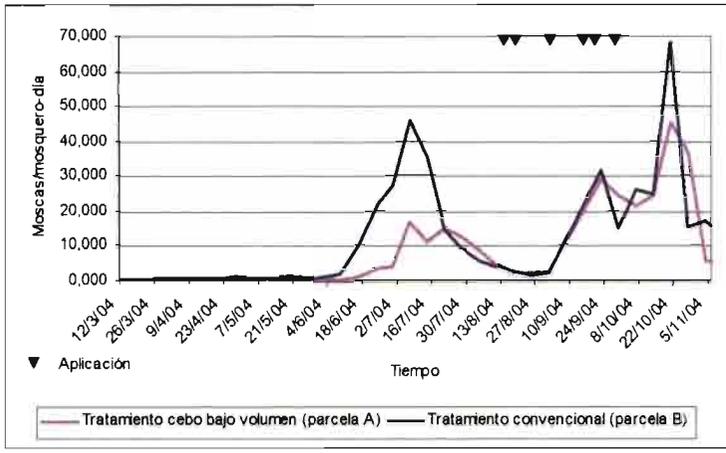


FIGURA 2.

EVOLUCIÓN DE CAPTURAS DE CERATITIS CAPITATA EN EL AÑO 2004.



de peso aproximadamente. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Agroalimentario de Burjassot (Valencia), perteneciente a la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana.

Análisis de los datos

Para comparar la eficacia de los diferentes tratamientos, normalmente se cuenta la cantidad de moscas capturadas en las trampas. Sin embargo, las poblaciones iniciales en cada parcela son diferentes y la distribución de moscas depende de otros factores no controlables (por ejemplo: viento, presencia de enemigos naturales, etc.), por lo que analizar los valores absolutos de moscas capturadas en las trampas puede dar lugar a conclusiones inconsistentes.

Con el fin de estudiar el efec-

to de los tratamientos sin considerar la población existente en un principio, se estandarizaron los datos de cada parcela, restando la media correspondiente del tratamiento y dividiendo el resultado entre la misma media, obteniéndose un porcentaje de incremento/descenso del número de capturas. En el análisis se compararon únicamente los datos correspondientes a las fechas de los tratamientos. La comparación entre los tratamientos se basó en un análisis de regresión lineal de los porcentajes mencionados anteriormente, asumiendo que los tratamientos eran igual de eficaces si los coeficientes de regresión no eran significativamente diferentes a 1 y la ordenada en el origen no era significativamente diferente de 0, en ambos casos con un nivel de significación menor de 0,01.

Resultados

Evolución de la población de *Ceratitidis capitata*

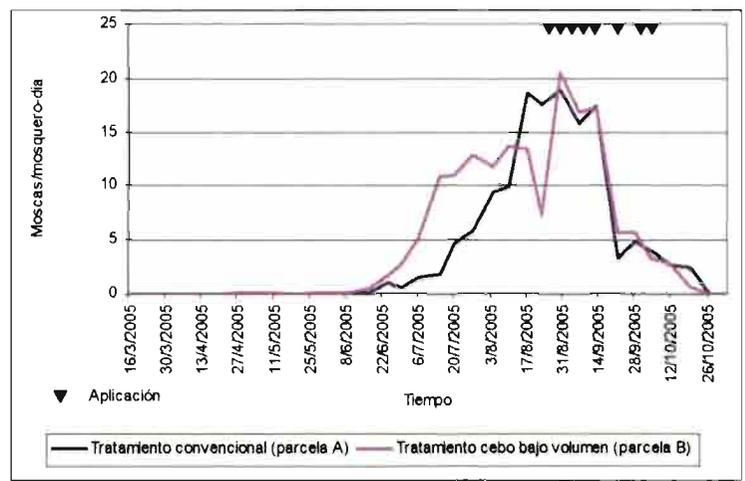
En la figura 2 se muestra la evolución de la población de *Ceratitidis capitata* desde mediados de marzo hasta finales de octubre para cada uno de los tratamientos realizados en la parcela en el año 2004. En la figura 3 se representa la evolución de la población en el año 2005 en fechas similares. Las flechas indican la fecha en que se realizaron los tratamientos. Es importante observar que en el año 2004 el nivel de capturas de moscas por trampa y día varía entre 0 y 70 antes y durante las aplicaciones. Sin embargo, en el año 2005 el nivel de capturas es mucho menor, oscilando entre 0-25. En los dos años de estudio se observa que la parcela B pre-

senta niveles de capturas superiores a la parcela A y que existen desfases en los máximos de capturas entre los dos años. Sin embargo, la tendencia general es similar.

Los resultados de los análisis de regresión realizados, una vez estandarizados los datos, demuestran, en cada año, una elevada correlación entre las capturas en ambas parcelas. En todos los casos el coeficiente de determinación es similar a 1 y el término independiente es aproximadamente 0, lo que indica un elevado grado de similitud entre los tratamientos, cuando se descuenta el efecto producido por una mayor población inicial de moscas, por lo que no se encuentran diferencias de eficacia entre ellos. En la figura 3 se muestra, a modo de ejemplo, la representación gráfica de la re-

FIGURA 3.

EVOLUCIÓN DE CAPTURAS DE CERATITIS CAPITATA EN EL AÑO 2005.



Nudos fabricados en forja, para las más exigentes necesidades de la maquinaria agrícola

Recambios y accesorios para Tractores y Maquinaria Agrícola

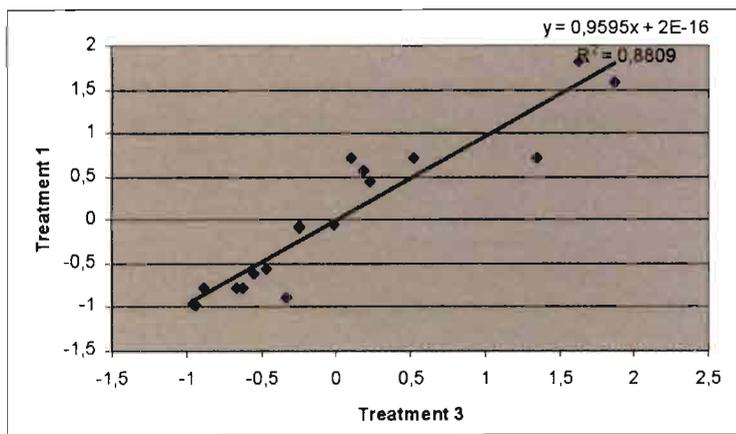
AGRINAVA

Pol. Industrial Agustinos, C/ A, Nave D-13
31013 PAMPLONA (Navarra - España)
Teléfonos: 902 312318 - 948 312318
Fax: 948 312341
e-mail: agrinava@agrinava.com
www.agrinava.com

CARDANS, REDUCTORES, MULTIPLICADORES

FIGURA 4.

REPRESENTACIÓN DE LA REGRESIÓN ENTRE NIVELES DE CAPTURAS ESTANDARIZADO, ES DECIR, UNA VEZ DESCONTANDO EL EFECTO DE LOS NIVELES ANTERIORES.



CUADRO II.

PORCENTAJE DE FRUTOS PICADOS POR *CERATITIS CAPITATA**

Tratamiento	2004	2005
Convencional (1A +1B)	0,014% (Parcela B)	4% (Parcela A)
Cebo (2)	0,019% (Parcela A)	-
Cebo (3)	-	1% (Parcela B)

* Los porcentajes se calculan de manera distinta en los dos años.

gresión lineal mencionada. En las abscisas se representa el nivel estandarizado de capturas producido por un tratamiento y en las ordenadas el producido por otro.

Como indicamos, el nivel estandarizado de capturas no es más que una representación de los incrementos/decrementos de capturas respecto al nivel observado antes de realizar los tratamientos. El gran paralelismo entre los niveles estandarizados en ambas parcelas produce:

- Un elevado coeficiente de determinación ($R^2 = 0,88$) de la regresión.

- Un coeficiente de regresión próximo a 1 (0,9595), que no difiere significativamente de 1 (dato no mostrado).

- Un término independiente ($2 \cdot 10^{-16}$) prácticamente nulo y que no difiere significativamente de 0 (dato no mostrado).

Todo ello sirve para, de forma cuantitativa, indicar que la

evolución de las curvas de captura es muy similar, por lo que podemos suponer que los efectos de los tratamientos han sido muy parecidos.

Número de frutos picados por *Ceratitidis capitata*

En el **cuadro II** se muestra el porcentaje de frutos picados por la mosca de la fruta del Mediterráneo. Como se puede apreciar, los valores obtenidos son muy bajos en el año 2004 y no llegan al 0,02%. El porcentaje más alto se obtiene en la parcela A, que es la que mayor número de capturas presenta.

Pese a haber observado una reducción en el número de capturas, en el año 2005 se aprecia un aumento del porcentaje de frutos picados que puede ser debido a la diferente manera de escoger los frutos. El porcentaje de picados es mayor en la parcela en la que se ha realizado el tratamiento convencional, que

es la que ese año presentaba un mayor número de capturas.

Nivel de residuos

En ningún caso se observó presencia de residuos por encima de los LMR vigentes.

Conclusiones

Se ha diseñado una máquina que permite la automatización de los tratamientos cebo a bajo volumen mediante la aplicación del producto de manera intermitente. Además, también posibilita, a través de los parámetros establecidos, la adaptación del prototipo a plantaciones de cítricos con diferentes características. El prototipo ha funcionado correctamente en campo durante más de 100 horas trabajando con diferentes configuraciones.

A través de la estandarización de los niveles de captura respecto a los niveles encontrados antes de los tratamientos, se ha evitado el efecto de que en una de las parcelas se aprecie consistentemente un mayor número de capturas. A través del análisis de la regresión entre los niveles estandarizados de capturas entre cada par de tratamientos, se ha llegado a la conclusión de que los efectos de los mismos sobre la población de *Ceratitidis capitata* fueron similares. En cualquier caso, importa reseñar que fueron suficientes para los propósitos comerciales.

Así pues, se ha demostrado que el prototipo diseñado, usando insecticidas asociados a cebos y muy bajos volúmenes de caldo, tiene la misma efectividad en el control de la plaga que los tratamientos convencionales de alto volumen. Dado que los tratamientos cebo en parches producen un muy bajo impacto ambiental, podemos llegar a la conclusión de que los tratamientos realizados con esta máquina son una alternativa, mucho más respetuosa con el equilibrio del medio ambiente, a las actuales prácticas de control de plagas. ■

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a Copuzol (Cooperativa Agrícola de Puzol CV) su colaboración en la cesión de parcelas y en la realización de los ensayos de campo y a la empresa Pulverizadores Fede SL la cesión de una de sus máquinas para realizar los experimentos. También agradecen al Laboratorio Agroalimentario la realización de las determinaciones de residuos. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el INIA y FEDER a través del proyecto de investigación con referencia RTA03-103 y la beca de investigación concedida a Dña. Patricia Chueca.

Notas importantes

Los productos y marcas que aparecen citados en este trabajo no implican una recomendación del uso de los mismos por parte del Centro de Agroingeniería. Se mencionan en aras de la comprensión del texto y como modelo para demostrar el adecuado funcionamiento de la máquina diseñada. Asimismo, se hace constar que algunos de los productos o mezclas mencionados no tienen autorización definitiva para utilización en cítricos y que, cuando se realizó el trabajo, solamente se permitía su utilización en experimentación.

Bibliografía

Liquido, N. J.; Shinoda, L. A.; Cunningham, R.T. 1991. Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): an annotated world review. Miscellaneous Publication 77. Entomological Society of America, Lanham, MD.

Primo, E.; Alfaro, F.; Argilés, R. 2003. Plan de actuación contra la mosca de las frutas (*Ceratitidis capitata*) en la Comunidad Valenciana. Phytoma España. 153: 127-130.

Roesler, Y. 1989. Insecticidal bait and cover sprays. A. S. Robinson and G. Hooper (eds.), World crop pest, vol.3B. Fruit flies, their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. 329-336.

White, I. M.; Elson-Harris, M. M. 1992. Fruit Flies of Economic Significance: their Identification and Bionomics. CAB International, Wallingford, UK.