

Factores que influyen en la eficacia del trapeo masivo para el control de la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)

A. ALONSO MUÑOZ, F. GARCÍA MARÍ

En 31 parcelas de cítricos de la isla de Ibiza en las que se ha aplicado el control con trapeo masivo durante los años 2006 a 2008 se ha analizado la distribución espacial de las capturas de adultos de mosca de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) en las trampas a fin de conocer mejor el funcionamiento del método, los factores que lo condicionan y las posibles mejoras en su aplicación. Las trampas, de tipo tephri-trap con el atrayente Tripack, se han distribuido uniformemente por la parcela a razón de 50 por hectárea. En total se han realizado 110 muestreos a intervalos de 30 a 45 días, con 102 trampas en promedio para cada muestreo. La conclusión más importante de todas estas observaciones es que se observa casi siempre un efecto barrera, con reducción de las capturas, de forma gradual y relativamente constante, desde la periferia hacia el interior de las parcelas. La reducción es relativamente modesta ya que, en promedio, en el perímetro más externo de trampas se capturan algo más de 3,5 moscas por trampa y día (mtd), en la segunda capa de trampas 2,3 mtd, y en la sexta, situada a 70 metros del borde de la parcela, la captura media desciende a 0,7 mtd. El éxito del trapeo masivo puede medirse por la capacidad de conseguir niveles elevados de reducción desde las trampas exteriores a las interiores de la parcela. Se observan mayores reducciones poblacionales en parcelas de mayor tamaño y en aquellas de mínimo contorno para la misma superficie. La eficiencia del método es mayor en los meses de junio y julio. Según estos resultados, para mejorar la eficacia del trapeo masivo este debe realizarse en grandes superficies (varias decenas de hectáreas), en zonas con forma compacta a fin de minimizar el perímetro y reforzando la densidad de trampas en los bordes de la zona a proteger. Las trampas deben instalarse en el momento en que se aproxime la época de maduración del fruto pero no antes, puesto que no se observa más eficacia al aumentar el tiempo de permanencia del trapeo masivo.

ALONSO MUÑOZ, F. GARCÍA MARÍ. Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, 14. 46022-Valencia. fgarciam@eaf.upv.es

Palabras clave: Distribución espacial, cítricos, trampas.

INTRODUCCIÓN

La mosca de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) es la plaga que produce mayores pérdidas en la cosecha de cítricos y frutales en el área mediterránea (ENKERLIN y MUMFORD, 1997). La nueva reglamentación fitosanitaria europea va a suponer la retirada de la mayoría de

los plaguicidas que se vienen utilizando en su control. La prohibición de estos insecticidas facilitará la promoción de nuevas técnicas no tóxicas en la lucha contra la plaga, por lo que se hace necesaria la búsqueda urgente de métodos alternativos, que sean eficaces, viables económicamente y que además produzcan frutas conforme a la legislación vigente.

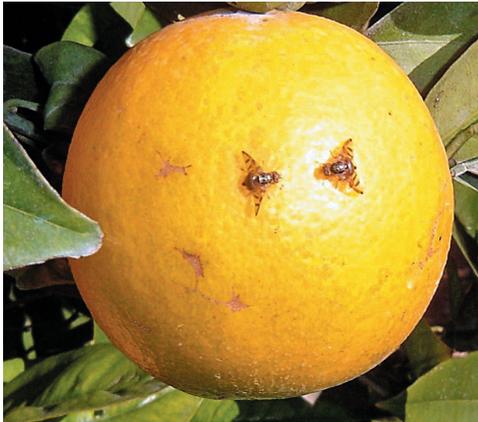


Figura 1. Adultos de *C. capitata* sobre una naranja madura.

El trapeo masivo es uno de los métodos de lucha propuestos para el control de las poblaciones de *C. capitata* como alternativa al control químico con plaguicidas. Esta técnica de captura masiva de adultos puede aplicarse de forma exclusiva o bien ser complementaria de otros métodos de lucha como los tratamientos con insecticidas (ROESSLER, 1989; SASTRE, 1993), la liberación de machos estériles (HENDRICHS *et al.*, 2002; DÍAZ *et al.*, 2008) o el control biológico (WONG *et al.*, 1991; HEADRICK y GOEDEN 1996; MONTOYA *et al.*, 2005; BEITIA *et al.*, 2006). El trapeo masivo consiste en la colocación de una red de trampas con atrayentes en las parcelas de cultivo a fin de capturar y eliminar la mayor parte de la población del insecto. Aunque los primeros intentos para aplicar este método se realizaron ya a mediados del pasado siglo (BODENHEIMER, 1951; GÓMEZ CLEMENTE y PLANES, 1952) no es hasta la aparición de un atrayente alimenticio de hembras mucho más eficaz que los anteriores, el Tripack (HEATH *et al.*, 1995; EPSKY *et al.*, 1999) cuando se inician de forma generalizada ensayos para su aplicación al control en plantaciones comerciales de diversos frutos.

En nuestro país se iniciaron desde mediados de los años 90 del siglo pasado diversos

ensayos en campo para comprobar la validez del trapeo masivo de *C. capitata* como método de control. Las primeras experiencias se realizaron en frutales como melocotonero (SASTRE, 1999), chirimoyo (ROS *et al.*, 2000) y cítricos (FÀBREGUES *et al.*, 1998; ALONSO MUÑOZ *et al.*, 1999; MIRANDA *et al.*, 2001). Más tarde se empleó la captura masiva de mosca de la fruta sobre higuera (LLORENS *et al.*, 2004), caqui y café (MCQUATE *et al.*, 2005), manzano (ESCUADERO *et al.*, 2005) y también contra *Bactrocera oleae* sobre olivo (BROUMAS *et al.*, 2002; OLIVERO *et al.*, 2004), con resultados esperanzadores. El trapeo masivo es una estrategia de lucha preventiva y selectiva, ya que los atrayentes utilizados capturan sobre todo mosca de la fruta, aunque también capturan algunos insectos beneficiosos como himenópteros parasitoides (BOLINCHES *et al.*, 2006; FALCÓ *et al.*, 2008). Además, se trata de un sistema de control con bajo impacto ambiental al evitar residuos, resistencias a plaguicidas y desequilibrios de otras plagas.

El cultivo de los cítricos es uno de los que presenta mayores problemas de mosca de la fruta (Figura 1), y los daños se han incrementado por causas climatológicas, agronómicas o comerciales, al generalizarse la plantación de variedades tempranas y la exportación a países donde *C. capitata* es una plaga de cuarentena. Por ello, ha sido donde posiblemente se ha probado el método de trapeo masivo con mayor intensidad. Desde principios del siglo XXI existen numerosos trabajos que prueban su buena eficacia (ALONSO MUÑOZ *et al.*, 2002; GARCÍA *et al.*, 2003; ALEMANY *et al.*, 2004; ALONSO MUÑOZ y GARCÍA MARÍ, 2004; ALFARO *et al.*, 2005; RAMONEDA *et al.*, 2006). En los últimos años ha continuado la aplicación cada vez mas extensiva del sistema, proporcionando casi siempre resultados favorables similares al menos al control tradicional con plaguicidas (FIBLA QUERALT *et al.*, 2007; LUCAS ESPADAS *et al.*, 2007; CAMPOS-RIVELA *et al.*, 2008; WONG *et al.*, 2008). En otros países mediterráneos también se han publicado experiencias sobre el trapeo

masivo con resultados positivos (ZERVAS *et al.*, 1996; ELTAZI *et al.*, 2008).

En los últimos años se ha convertido en práctica estándar en la mayoría de estos trabajos el empleo de trampas tipo tephri-trap de disposición espacial homogénea o regular en las parcelas a densidades de alrededor de 50 trampas por hectárea, cebadas con el atrayente sintético TriPack o derivados. Se sabe que los adultos son muy móviles y se desplazan de unas parcelas a otras en busca de fruta susceptible. Además, árboles aislados que suelen estar dispersos por los alrededores de las plantaciones regulares de cítricos y que son especies huéspedes, como higueras (*Ficus carica* L.), caquis (*Diospyros kaki* L.f.) y azufaifos (*Ziziphus jujuba* Mill.), tienen un efecto potenciador de la plaga. Ello implica que en general las invasiones proceden de parcelas o zonas vecinas y suelen iniciarse por los bordes (ALUJA, 1996; ALEMANY *et al.*, 2004; PEÑARRUBIA-MARÍA *et al.*, 2008). Por ello, algunos autores han planteado el empleo del denominado trampeo perimetral, consistente en la disposición de las trampas solamente en el perímetro de la superficie a proteger, como otra posible disposición espacial de las trampas en el control por trampeo masivo. Esta disposición perimetral se ha probado con éxito para *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (PROKOPY, 1993) y la mosca de la papaya *Toxotrypana curvicauda* (Gerstaecker) (ALUJA *et al.*, 1997) y fue empleado en cítricos con *C. capitata* por COHEN y YUVAL (2000) con eficacias satisfactorias.

Aunque la aplicación del trampeo masivo está bastante generalizada en la actualidad, no se conoce bien la forma en que afecta a las poblaciones de mosca de la fruta en el campo ni se han determinado las condiciones que pueden influir en su eficacia. En este trabajo se ha examinado la distribución espacial y temporal de las capturas de poblaciones de mosca de la fruta en numerosas parcelas de cítricos de la isla de Ibiza donde se ha aplicado el control con trampeo masivo a lo largo de tres años, siguiendo la metodología estándar de disposición espacial y densi-

dad de trampas por hectárea habitualmente empleada, a fin de conocer mejor cómo funciona el método, identificar los factores que condicionan su influencia sobre las poblaciones de *C. capitata* y determinar posibles modificaciones o mejoras en su aplicación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las superficies y años en que se aplicó la técnica de captura masiva de adultos contra *C. capitata* en Ibiza fueron 50 ha en 2006, 15 ha en 2007 y 30 ha en 2008. En total, se han utilizado 31 parcelas agrícolas comerciales repartidas por toda la isla y con una superficie entre 0,5 y 4 ha/parcela. La mayoría de ellas estaban incluidas en fincas agrícolas de hasta 10 ha, separadas unas de otras por varios kilómetros. El cultivo principal de las parcelas donde se ha realizado el trampeo masivo ha sido la naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), con 12 parcelas de la variedad Valencia late y siete del grupo Navel; se han incluido también seis parcelas de clementino (*Citrus reticulata* (Blanco)) de las variedades Marisol y Nules, y cinco parcelas de melocotón (*Prunus persica* (L.) Batsch), variedad Spring Crest.

La colocación de los mosqueros para el trampeo masivo se hizo normalmente en abril, manteniéndose en el árbol hasta noviembre. Se instalaron en todos los casos trampas tipo tephri-trap (Probodelt, Maxi-trap MU9901125) cebadas con un atrayente tipo Tripack (Ferag CC D TM Compacto), a lo que se adicionaba el insecticida diclorvos (Ferag ID TM) (Figura 2A). Esta combinación de mosquero resultó la más adecuada en experiencias comparativas realizadas en la zona (ALONSO MUÑOZ y GARCÍA MARÍ, 2007). La renovación de los difusores se realizó siguiendo las recomendaciones del producto comercial.

La disposición de trampas ha sido regular o uniforme dentro de la parcela, colocándose cada 2-3 filas y cada 4-6 árboles dentro de una fila, según el marco de plantación de la parcela, a fin de conseguir una densidad de 50 trampas por hectárea, dispuestas en tres-



Figura 2A. Montaje y preparación de los mosqueros.



Figura 2B. Vista general de las trampas instaladas en una de las parcelas de trampeo masivo.

bolillo para mejor solape del área protegida suponiendo una difusión del atrayente de cada trampa en forma radial. Según ello, la distancia media entre trampas en las parcelas estudiadas fue de 14 metros (Figura 2B).

En cada parcela se realizaron conteos periódicos de las moscas capturadas en todas

las trampas que formaban el sistema de trampeo masivo con periodicidad aproximada de 30 a 45 días. Durante 2006 se realizó el seguimiento en 18 parcelas, con un número total de 49 muestreos, en 2007 en tres parcelas, con 13 muestreos, y en 2008 en 11 parcelas con 48 muestreos. En consecuencia,



Figura 3. Distribución espacial de las capturas de adultos de mosca de la fruta *C. capitata* en una parcela de naranjos (variedad Valencia late) con trampeo masivo en Ibiza. Cada círculo indica una trampa (cada trampa abarca 8-9 árboles aproximadamente) y la abundancia de capturas en el periodo considerado se representa por el color y tamaño según la escala que figura en la parte superior. Se incluye el mapa SIGPAC de la parcela.

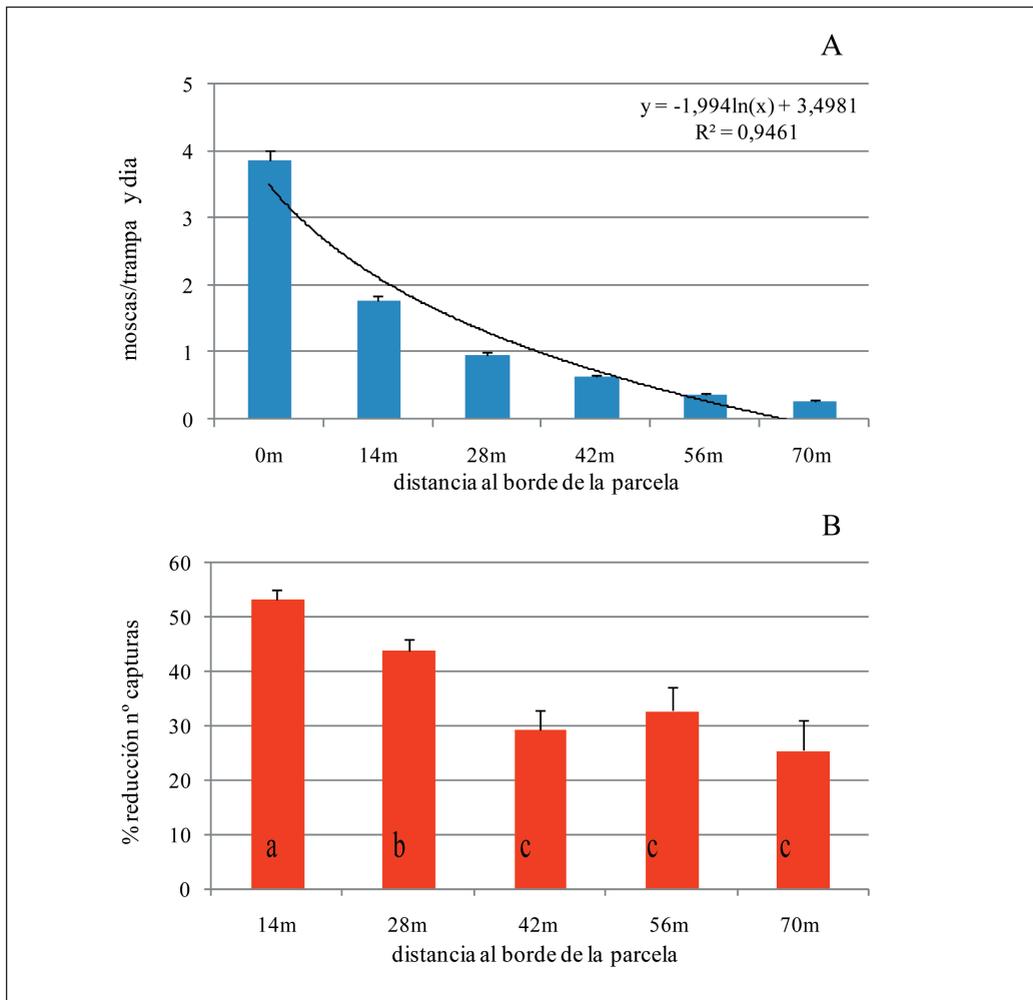


Figura 4. Nivel de capturas en trampas (A) y porcentaje reducción de capturas entre trampas contiguas (B) según distancia de la trampa al borde exterior de la parcela. Datos medios de 41 muestreos realizados en parcelas de Ibiza donde se aplicó trampeo masivo de *C. capitata* (Valores con letra común no difieren; ANOVA simple; $F = 11,9$; $P = 0,000$; test MDS al 95% de nivel de probabilidad).

el número total de muestreos analizados ha sido de 110. La mayoría de estos muestreos (87) se realizaron sobre la variedad de naranjo Valencia Late, ya que fue en algunas parcelas de esta variedad donde se repitieron con más frecuencia los muestreos. El número de trampas contadas en cada muestreo oscilaba lógicamente según la superficie de la parcela, variando desde 25 hasta 231, con

una media de 102 trampas. En total se han contado 1.351.810 moscas adultas de *C. capitata*, siendo un 73% de ellas hembras.

El análisis de la variación espacial de las capturas se ha realizado de dos formas, considerando las capturas en trampas individuales y considerando las capturas medias en todo un perímetro de trampas alrededor de la parcela. En el caso de trampas individuales,

se ha analizado la variación de capturas de cada trampa situada en el exterior de la parcela comparando sucesivamente con las trampas contiguas situadas en filas interiores, en línea recta hacia el centro de la parcela. Para este análisis se han escogido solo 41 muestreos de los 110 realizados, correspondientes a aquellos en los cuales se observaba con claridad un gradiente decreciente de capturas desde el exterior al interior de la parcela, a fin de cuantificar la forma en que se produce la reducción de capturas desde el exterior al interior de las parcelas en los casos más favorables. En el caso del perímetro de trampas, se ha considerado las capturas medias de todas las trampas situadas en el perímetro de trampas exterior de la parcela, lo que denominamos la capa externa, comparándolos con los sucesivos perímetros o capas contiguas de trampas hacia el interior de la parcela. En este caso se han analizado el total de los 110 muestreos, ya que hemos aplicado este análisis para comprobar los factores que pueden afectar a la mayor o menor eficacia en la reducción de capturas desde el exterior al interior de las parcelas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución espacial y temporal de las capturas es útil para entender el comportamiento del insecto y la forma de actuar del método de trapeo masivo. Al representar los conteos, individualizados por trampa, de todas las trampas de una de las parcelas en que hemos realizado trapeo masivo en los sucesivos muestreos realizados a lo largo de tres años (Figura 3) se aprecia a simple vista en muchos muestreos áreas interiores con capturas menores que en la periferia. En al menos 9 de los 14 muestreos se evidencia un efecto borde, con mayores capturas en áreas exteriores o bordes de la parcela. Se observa además que el nivel de capturas puede ser muy irregular al comparar los diversos muestreos, apreciándose también diferencias entre años. Observaciones similares realizadas en las restantes parcelas nos han llevado a plantear el análisis de la distribución espa-

cial de capturas de dos formas, como la variación entre trampas individuales y entre capturas medias de perímetros o capas de trampas alrededor de la parcela.

El nivel de capturas obtenido en las trampas individuales en aquellos casos con mejores resultados aparentes (41 muestreos sobre un total de 110 realizados) pone de manifiesto una notable reducción de las capturas desde las trampas exteriores, donde se capturan de media casi 4 moscas por trampa y día (mtd), hacia las interiores (Figura 4A). El promedio de capturas desciende por debajo del nivel de 1 mtd en trampas situadas a 42 metros del borde exterior, lo que representa la cuarta fila de trampas. Las trampas situadas en posición contigua a las más externas capturan, en promedio, casi un 54% menos que éstas y las siguientes un 44% menos que las anteriores. En las siguientes trampas hacia el interior continúa la reducción de capturas, aunque en niveles algo inferiores, del 25 al 33% (Figura 4B). Como consecuencia de esta continua y gradual reducción de capturas a medida que nos adentramos en las parcelas, en las trampas situadas a 70 metros hacia el interior de las parcelas el nivel medio de capturas es un 91% inferior al de las situadas en la periferia. Éstos son por tanto los niveles medios esperables de reducción de capturas en los casos más favorables.

El análisis de los datos de distribución espacial de capturas del total de los 110 muestreos realizados se ha llevado a cabo comparando las capturas medias de las sucesivas capas perimetrales de trampas, desde la más externa hacia el interior, siempre comparando cada capa con la contigua. Se evidencia que el promedio de las capturas se reduce siempre a medida que nos desplazamos hacia el interior de las parcelas, de manera que si en el perímetro más externo de trampas se capturan algo más de 3,5 mtd, en la segunda capa de trampas las capturas desciende a 2,3 mtd, y en la sexta capa de trampas, situada a 70 metros del borde de la parcela, la captura media desciende a 0,7 mtd (Figura 5A) lo que representa un 72% de reducción respecto a la capa de trampas

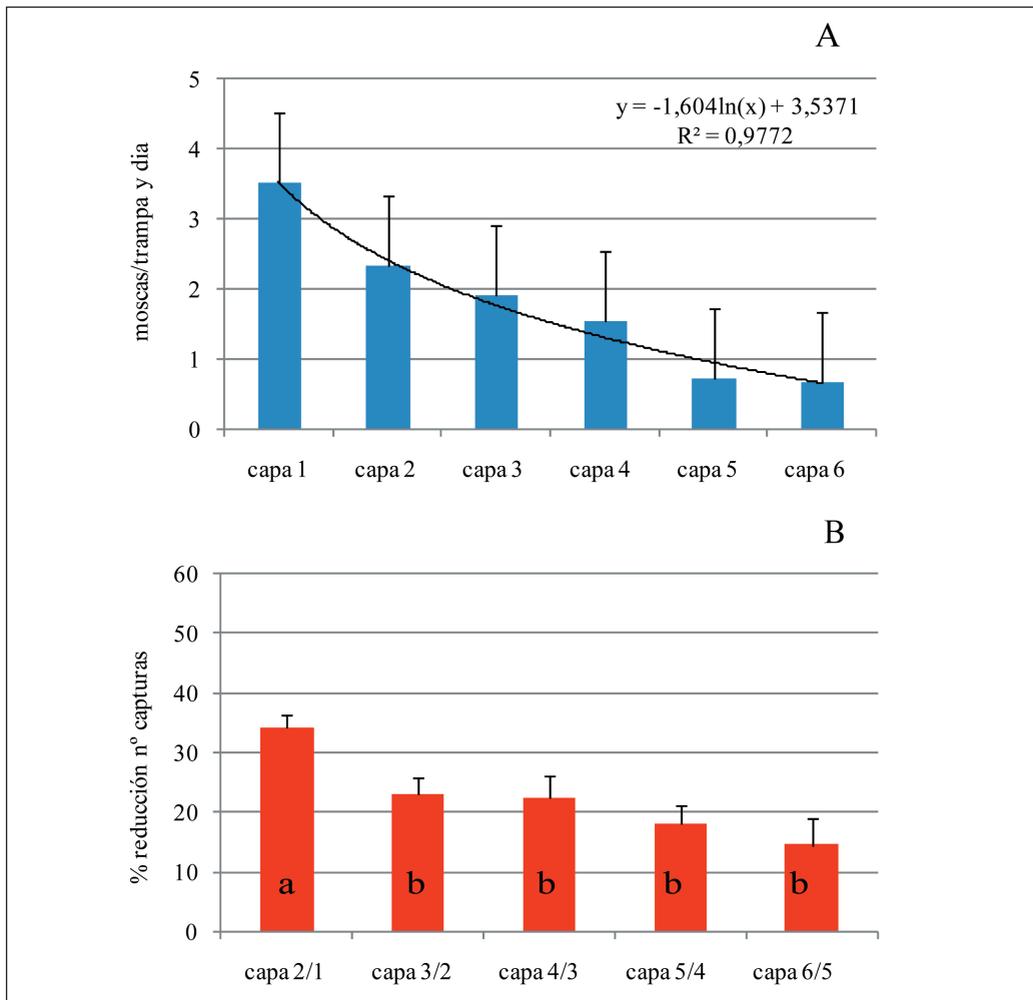


Figura 5. Nivel de capturas en capas perimetrales de trampas (A) y porcentaje reducción de capturas entre capas perimetrales contiguas (B) según distancia de la capa perimetral de trampas al borde exterior de la parcela. Datos medios de 110 muestreos realizados en parcelas de Ibiza donde se aplicó el trapeo masivo de *C. capitata* (Valores con letra común no difieren; ANOVA simple; $F = 11,9$; $P = 0,000$; test MDS al 95% de nivel de probabilidad).

externa. Los porcentajes medios de reducción en cada capa de trampas son mayores entre las dos filas exteriores, de algo más del 34%, mientras que en las restantes capas se observa siempre reducción de valor similar, de alrededor del 20% (Figura 5B).

La reducción de capturas que se observa en las trampas a medida que nos adentramos en las parcelas donde se realiza trapeo

masivo tiene lugar por tanto a un ritmo relativamente constante cuando se analizan los valores promedio del conjunto de los muestreos realizados. Los datos citados son valores medios y cada muestreo concreto puede estar por encima o por debajo de dicha media. Para analizar la variabilidad que se obtiene en todos los muestreos, se ha representado la frecuencia de variación de captu-

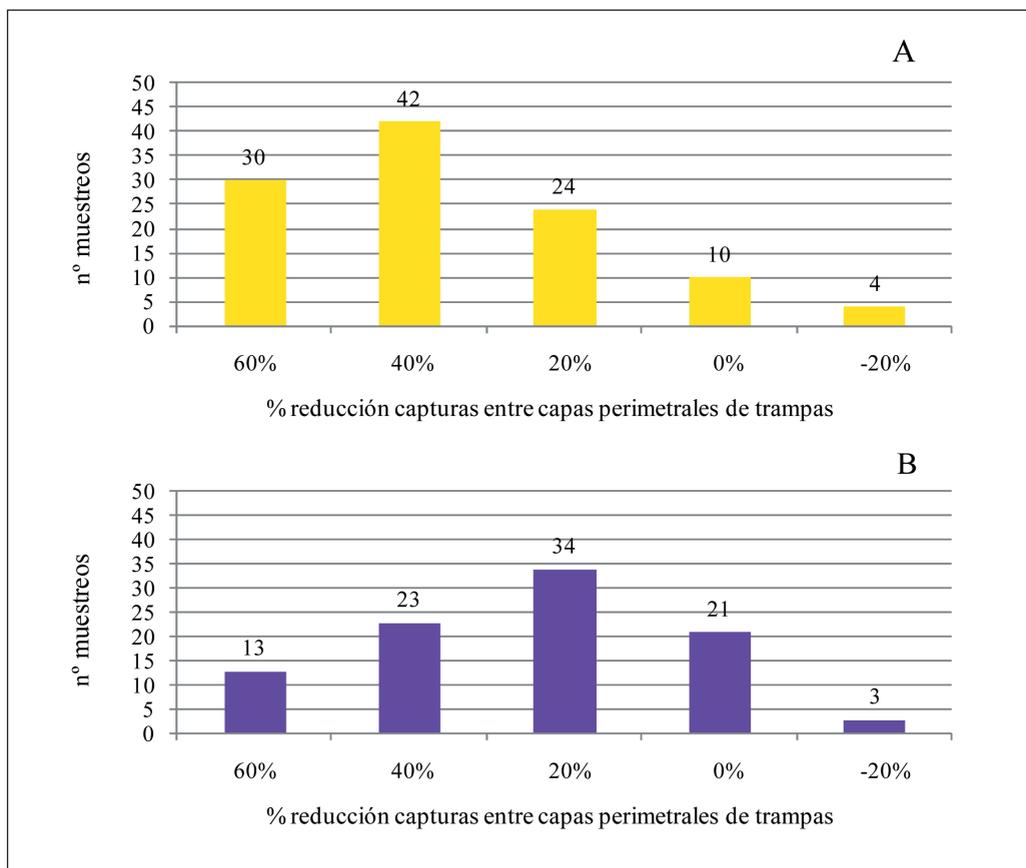


Figura 6. Variabilidad en la reducción de capturas entre las dos capas perimetrales externas de trampas (A) y entre las restantes capas perimetrales internas (B). Valores medios de 110 muestreos realizados en parcelas de Ibiza donde se aplicó el trampeo masivo de *C. capitata*.

ras, es decir, el número de casos en que se obtienen determinados valores de reducción de capturas entre capas contiguas. Dicha variación se ha representado por separado para la capa externa y para las restantes capas interiores. En relación con la variación de capturas de la capa externa de trampas respecto a la segunda capa, en 96 de los 110 muestreos realizados se observa reducción de capturas, mientras que en los 14 casos restantes el nivel no varía o se incrementa ligeramente (Figura 6A). Un análisis similar en las capas interiores indica que en 70 de las 94 comparaciones el nivel de capturas se

reduce (Figura 6B). Por tanto, el fenómeno de reducción de capturas a medida que nos desplazamos hacia el interior de las parcelas puede considerarse general, tanto en valores medios como en los casos individuales de parcelas en que se realiza trampeo masivo.

Podemos concluir, en consecuencia, que el efecto de la instalación de una red de trampas para control por captura masiva es usualmente una reducción de las capturas, de forma gradual y relativamente constante, desde el exterior hacia el interior de la parcela. Previamente otros autores habían observado mayores capturas en las trampas

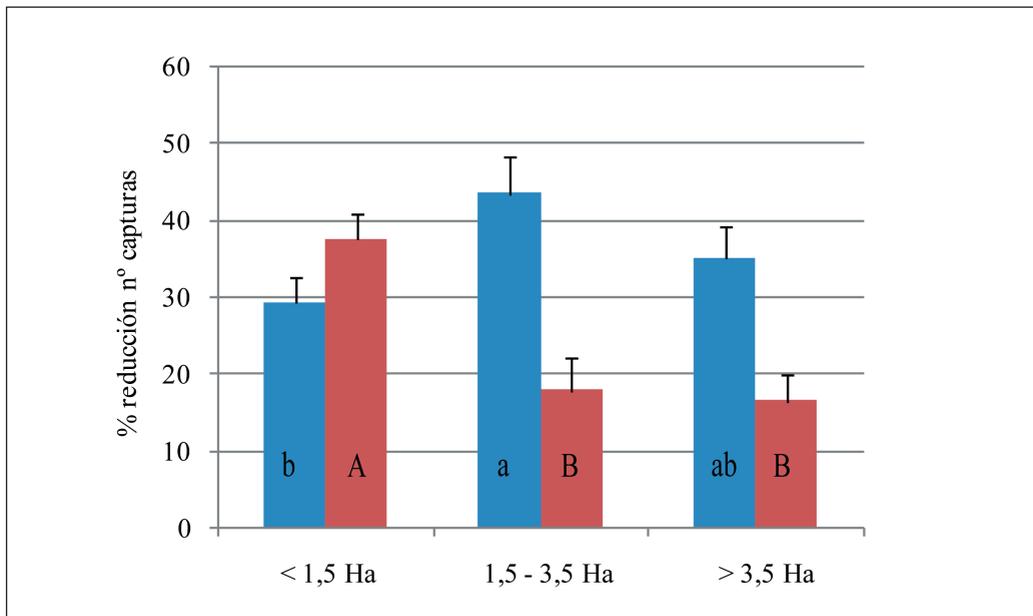


Figura 7. Variación poblacional entre capas perimetrales de trampas contiguas (en azul, entre las dos exteriores, y en rojo entre las restantes del interior) en función del tamaño de las parcelas, en parcelas de Ibiza donde se aplicó el trapeo masivo de *C. capitata* (Valores con letra minúscula (dos capas exteriores) o mayúscula (restantes capas interiores) común no difieren; ver Cuadro 1).

de la periferia de las parcelas de trapeo masivo (COHEN y YUVAL, 2000; ALEMANY *et al.*, 2004; PEÑARRUBIA-MARÍA *et al.*, 2008). Sin embargo, FIBLA QUERALT *et al.* (2007) no encuentran diferencias significativas en el nivel de capturas y daños cuando comparan el borde y el centro de parcelas de trapeo masivo en Tarragona. Ello podría deberse, como ellos mismos manifiestan, al hecho de que trabajan con superficies relativamente reducidas, de alrededor de 1ha. Por otra parte, evalúan la población de mosca en un número reducido de trampas, lo que dificultaría encontrar diferencias significativas. De hecho, en las dos parcelas donde realizan la comparación, las capturas son mayores en la periferia. En cualquier caso su experiencia, al igual que la nuestra, pone de manifiesto una elevada permeabilidad de las redes de captura masiva.

En este trabajo hemos cuantificado además cómo afecta la captura masiva de adultos

a las poblaciones de mosca de la fruta en las diversas zonas de la parcela. El trapeo masivo actúa en realidad como un efecto “barrera” respecto a las poblaciones que provienen del exterior, y su mayor o menor éxito podría medirse por la capacidad de conseguir niveles elevados de reducción desde las trampas exteriores a las interiores de la parcela. La reducción no se limita a las trampas exteriores sino que continúa de forma gradual hacia el interior. Aunque no es el método óptimo de medida de eficacia del trapeo masivo, ya que éste debería ser la evaluación del porcentaje de frutos atacados, es evidente que si las capturas en el interior de las parcelas son muy bajas, el número de frutos picados también será bajo. De hecho, se reconocen en todo el mundo umbrales de riesgo medidos por el número de moscas capturadas en trampas para evaluar la posibilidad de que las poblaciones de mosca de la fruta causen daños a los frutos. Por ejemplo, en nuestro

país se ha considerado que los niveles son aceptables y no existe riesgo de ataque cuando no se supera el umbral de tolerancia de plaga de 0,5-1 moscas por trampa y día (MAPA, 2004; CAPA-GV, 2008).

Dado el gran número de muestreos realizados, nos planteamos determinar la influencia de varios factores en las reducciones de capturas contabilizadas en las trampas desde el exterior al interior de las parcelas, a fin de determinar las circunstancias que pueden facilitar el éxito del trapeo masivo, es decir, determinar aquello que tienen en común los muestreos con mayor nivel de reducción y aquello que los diferencia de los muestreos menos favorables. Entre los factores estudiados hemos considerado el tamaño de las parcelas, la forma de las parcelas, el mes del año, la presencia de fruta madura en la parcela, la especie de frutal cultivada, el tiempo de permanencia de las trampas de trapeo masivo en la parcela y la abundancia poblacional de *C. capitata*. Para cada uno de estos factores se han establecido una serie de niveles y se ha realizado un análisis de varianza (ANOVA simple, con los valores F y P; comparación de medias por el test MDS al 95% de nivel de probabilidad) a fin de comprobar su significación estadística, considerando por separado la reducción poblacional de la segunda capa de trampas respecto de la primera (Capa 2/1), y las reducciones entre las restantes capas interiores (Capa n/n-1). De estos siete factores, los tres primeros han resultado significativos (Cuadro 1).

El tamaño de las parcelas influye en la reducción de población de *C. capitata* capturadas en las trampas del trapeo masivo, de manera que si la superficie protegida supera 1,5 ha, la reducción de capturas entre la capa externa de trampas y la segunda capa es mayor (del 35 al 43% de reducción, frente al 28% observado en áreas menores). Sin embargo, la reducción de capturas entre capas interiores de trampas es menor en las parcelas grandes (Figura 7). Consideramos que esto es debido a que existe un efecto de compensación y las parcelas pequeñas reducen con mayor intensidad las capturas interiores al no ser capaces de causar reducciones elevadas en las trampas externas de la parcela.

Respecto a la forma de la parcela, hemos considerado parcelas regulares a aquellas con longitud y anchura similar, lo que resulta en una forma aproximadamente cuadrada, mientras que el resto de parcelas han sido consideradas intermedias o irregulares. En las dos primeras capas de trampas exteriores se consigue una reducción de capturas de casi el 50% en las parcelas regulares, frente a reducciones bastante menores, que no alcanzan el 30%, en las restantes parcelas (Figura 8). Este es quizás el factor más importante de todos los que hemos estudiado. La reducción de capturas entre trampas sucesivas en el interior de las parcelas es sin embargo menor en las regulares, debido posiblemente al efecto compensatorio ya mencionado en el caso del tamaño.

Cuadro 1. Resultados de los análisis de la varianza de los siete factores considerados en el estudio de reducción de capturas de adultos de mosca de la fruta *C. capitata* entre capas perimetrales de trampas contiguas, en parcelas de Ibiza donde se aplicó el trapeo masivo.

Factor	Dos capas exteriores		Restantes capas interiores	
	F	P	F	P
tamaño de la parcela	2,89	0,06	10,5	0,0001
forma de la parcela	7,62	0,0008	6,94	0,0016
presencia de fruta madura	0,94	0,5	1,05	0,41
especie cultivada	0,58	0,56	0,17	0,84
mes del año	0,99	0,44	2,18	0,05
tiempo de permanencia de trampas	0,65	0,69	0,6	0,73
abundancia poblacional de <i>C. capitata</i>	0,39	0,68	0,66	0,52

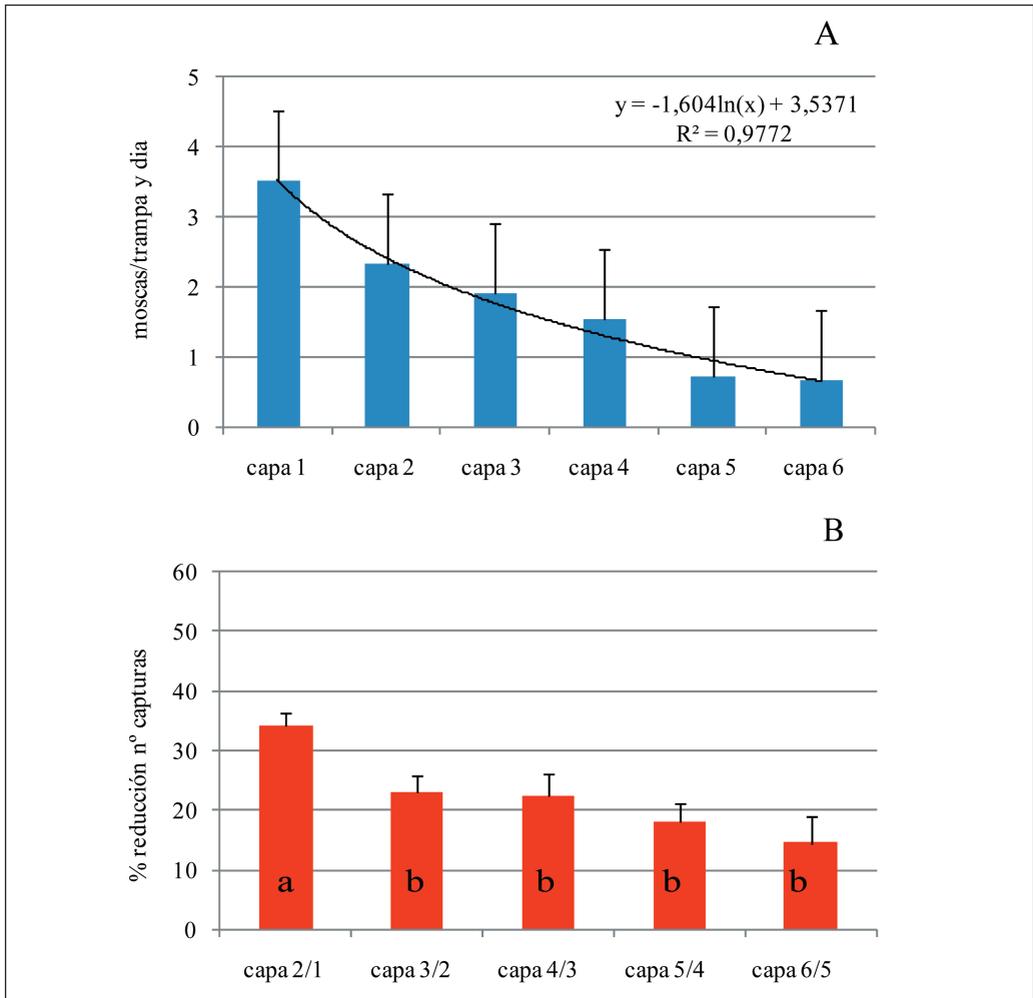


Figura 8. Variación poblacional entre capas perimetrales de trampas contiguas (en azul, entre las dos exteriores, y en rojo entre las restantes del interior) en función de la forma de las parcelas, en parcelas de Ibiza donde se aplicó el trapeo masivo de *C. capitata* (Valores con letra minúscula (dos capas exteriores) o mayúscula (restantes capas interiores) común no difieren; ver Cuadro 1).

Otro factor significativo ha sido el mes del año en que se realiza el muestreo del trapeo masivo. Hemos considerado los meses de mayo a noviembre, que es la época en que se encuentra población de *C. capitata* en campo. En la figura 9A podemos comprobar que las poblaciones más elevadas en la capa primera de trampas exteriores de la parcela, se detectan en octubre, seguidas de septiem-

bre, mientras que el mes con menos capturas es mayo. El porcentaje de reducción de capturas de la capa segunda respecto a la capa primera oscila del 30 al 40% sin diferencias significativas entre meses, aunque parece mayor en los meses cálidos entre junio y octubre (Figura 9B). Sin embargo, sí existen diferencias significativas entre trampas interiores, observándose mayores reducciones en

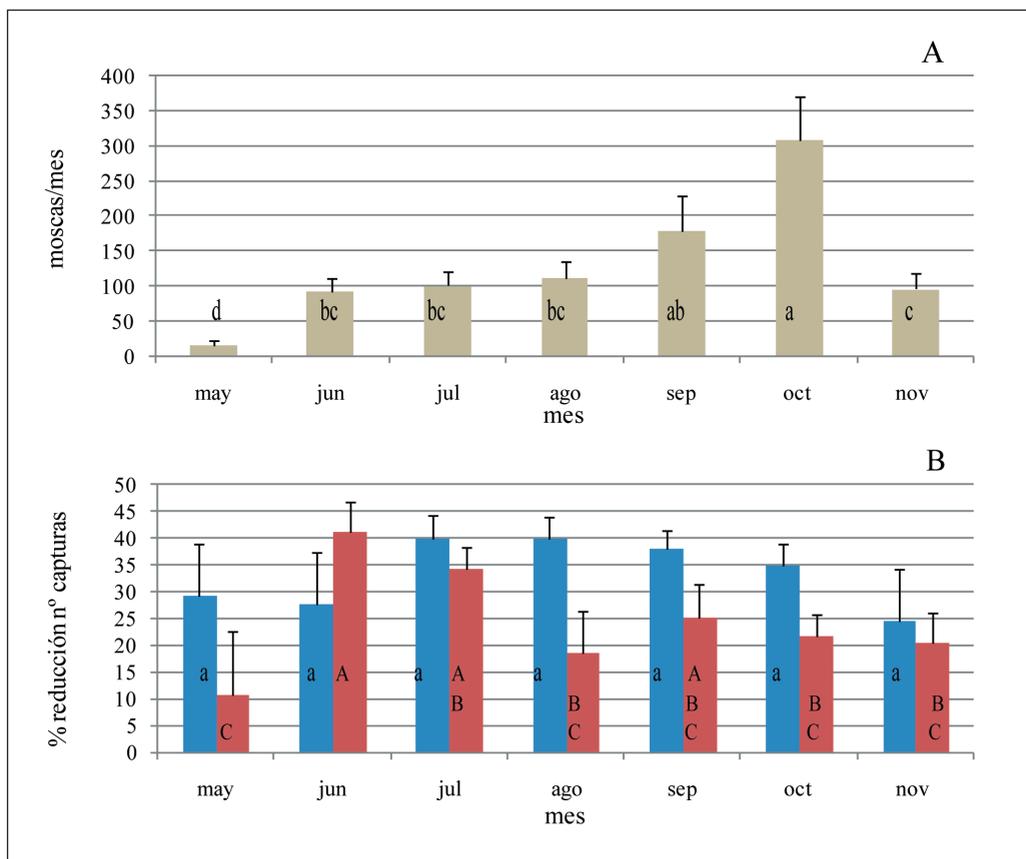


Figura 9. Influencia del mes del año en el nivel poblacional de capturas en la capa externa de trampas (A) (ANOVA simple; comparación de medias por el test MDS al 95% de nivel de probabilidad ($F = 8,32$ y $P = 0,000$)), y en el porcentaje de reducción de capturas entre capas perimetrales contiguas (en azul, entre las dos exteriores, y en rojo entre las restantes del interior) (B) en parcelas de Ibiza donde se aplicó el trapeo masivo de *C. capitata*. (Valores con letra minúscula (dos capas exteriores) o mayúscula (restantes capas interiores) común no difieren; ver Cuadro 1).

los meses de junio y julio, siendo mínima la reducción entre capas en mayo (por ser la población aún muy baja) y máxima en junio (posiblemente por tener menos eficacia la primera capa de trampas). La mayoría de meses se cumple que la capa exterior de trampas reduce más que las interiores.

La presencia de fruta madura en las parcelas tampoco parece influir de forma significativa en el gradiente de reducción de las capturas en las parcelas. Ello puede ser debido a que los frutos maduros sin recolectar pueden estar ejerciendo un doble efecto a

favor y en contra del gradiente de capturas. Por un lado su presencia en los árboles hace que las parcelas sean especialmente atractivas para las moscas del exterior, que acudirán en mayor número y por tanto incrementarían el gradiente de reducción de capturas. Por otra parte, la presencia de frutas picadas, sobre todo en el suelo pero también en el árbol, es una fuente de moscas que se distribuyen por toda la parcela y que por tanto reducirían el gradiente de capturas.

La mayoría de los muestreos se han realizado en naranjos, pero también disponemos

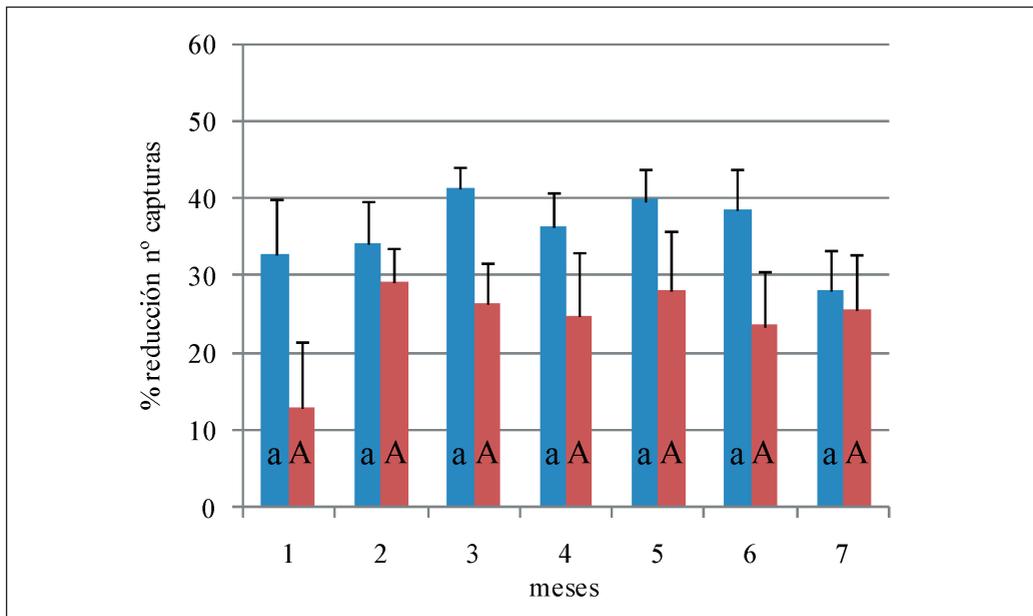


Figura 10. Variación poblacional entre capas perimetrales de trampas contiguas (en azul, entre las dos exteriores, y en rojo entre las restantes del interior) en función del tiempo que han permanecido las trampas en la parcela, en parcelas de Ibiza donde se aplicó el trampeo masivo de *C. capitata* (Valores con letra minúscula (dos capas exteriores) o mayúscula (restantes capas interiores) común no difieren; ver Cuadro 1).

de datos de nueve muestreos en clementinos y cinco en melocotoneros. La comparación estadística entre los tres grupos, naranjos, clementinos y melocotoneros, demuestra que no hay diferencias significativas en las reducciones de capturas, lo que sugiere que la red de trampas funciona de forma similar con independencia del tipo de fruto presente en la parcela.

Se ha estudiado también como un posible factor que pudiera influir en la eficacia del trampeo masivo, medida por la reducción de capturas entre capas sucesivas de trampas, el tiempo que la red de trampas de captura masiva había permanecido en la parcela. Los muestreos se han agrupado en siete grupos correspondientes a entre uno y siete meses desde la colocación de las trampas. En la figura 10 observamos que la eficacia del trampeo masivo no se incrementa al aumentar el tiempo de instalación de las trampas sino que se mantiene en niveles similares,

sin diferencias significativas, ni entre las capas exteriores ni entre las interiores, aunque siempre la reducción entre las dos capas externas es mayor que entre las internas.

Por último, se midió la abundancia poblacional de la mosca de la fruta en la época del muestreo, como un posible factor que influyera en la eficacia de la captura masiva. La presión de plaga se ha medido a través de la media de las capturas en las trampas de la capa externa de trampas. Si clasificamos los muestreos en tres escalas según el nivel poblacional en la capa más externa de trampas (baja, 0-2 mtd, media, 2-4 mtd y alta, más de 4 mtd) y comparamos entre los tres grupos la reducción de población de *C. capitata* en las diversas capas de los muestreos, comprobamos que no existen diferencias significativas. El nivel de reducción, por tanto, es similar haya mucha o poca población de plaga y este factor no parece influir en el efecto reductor de capturas del trampeo masivo.

En resumen, dado que la disposición estándar de 50 trampas por hectárea repartidas de manera uniforme que se recomienda habitualmente para el trampeo masivo y que hemos analizado en este trabajo produce una reducción de capturas hacia el interior de la red de trampas, que esta reducción se mantiene en capas sucesivas de forma aparentemente indefinida y que es una reducción relativamente modesta para los elevados niveles poblacionales de mosca de la fruta que pueden llegar a alcanzarse en el exterior de las parcelas, la manera ideal recomendable para la disposición de redes de trampeo masivo sería en grandes superficies y con forma aproximadamente cuadrada, tratando de conseguir el mayor número posible de capas concéntricas de trampas para proteger la máxima área del centro de la parcela y dificultar que los adultos de *C. capitata* puedan atravesar la barrera de trampas. Nuestros resultados demuestran que se produce una reducción media del 72% de población de mosca en la zona distante 70 metros del borde de la superficie a proteger. La zona con dicho nivel de reducción representa más del 50% de la superficie total de la parcela cuando dicha parcela supera las 20 hectáreas. En trampeo masivo no cabe pensar por tanto en parcelas individuales relativamente pequeñas, sino que debe plantearse en grandes superficies, de decenas a centenares de hectáreas, con una forma compacta que haga mínimo el perímetro de la zona a proteger. La red de trampas del trampeo masivo debería instalarse desde el momento en que pueda existir población de riesgo de plaga y cuando se aproxime la época de maduración

del fruto, pero no antes, puesto que no observamos efecto acumulativo de la eficacia del trampeo masivo con el tiempo de permanencia de las trampas en la parcela. La red de captura masiva deberá mantenerse todo el tiempo en que exista fruta susceptible en la parcela, hasta el final de su recolección.

El modo de actuación del trampeo masivo que se ha puesto de manifiesto en este trabajo permite también sugerir modificaciones en la distribución espacial de las trampas basadas en incrementar la densidad de trampas en la periferia. En grandes superficies, se podría pensar también en reducir la densidad de trampas en el interior de la zona a proteger. En superficies de tamaño suficientemente grande se podría llegar a una reducción global del número de trampas, y por tanto del coste del método. En parcelas pequeñas sería interesante comprobar si es posible conseguir mejores resultados del trampeo masivo incrementando el número de las trampas para reforzar la periferia y así alcanzar reducciones poblacionales que deben ser mucho más elevadas que las obtenidas con la densidad de trampas convencional si queremos tener éxito en estas pequeñas superficies.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Matilde Cardeñoso, Laura Fernández, Esther, Julia y Fernando por su colaboración en los conteos. También damos las gracias a los payeses de Ibiza y propietarios que cedieron amablemente sus parcelas para nuestros experimentos, en especial a Sordibiza y Lojara.

ABSTRACT

ALONSO MUÑOZ, A., F. GARCÍA MARL. 2009. Factors which influence the efficacy of mass-trapping to control the medfly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 35: 401-418.

The spatial distribution of adult Medflies *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) captured in traps has been analyzed in 31 citrus orchards in which mass trapping has been applied to control this pest, in Ibiza island from 2006 to 2008. The objectives were to understand how the method works, to determine the factors which influence it and to suggest changes which could improve its efficacy. The traps, of the tephri-trap

type and baited with Tripack as attractant, were uniformly distributed at a density of 50 per hectare following the standard recommendations. In all, 110 samplings at intervals of 30 to 45 days, and with 102 traps per sample on average, were carried out. The establishment of the network of traps results usually in a barrier effect, with reduction in trap captures, in a gradual and rather constant rate, from the periphery to the interior of the orchards. The reduction observed is low because on the external perimeter the captures were of 3,5 flies per trap and day (ftd), on the second layer of traps it was of 2,3 ftd and on the sixth layer, located 70 meters inside the orchard, it was of 0,7 ftd. The success of mass trapping can be measured by the capacity to get high levels of reduction between the external and the internal traps in the plots. Larger plots and plots with minimum periphery showed higher capacity in reduction of captures. The efficiency of this system of control increases in June and July. According to these results, the mass trapping technique must be applied in large areas, of several tens hectares, in surfaces with a compact shape in order to minimize the perimeter, and increasing the density of traps in the periphery of the protected area. The traps should be installed when fruit ripening approaches but not before, as no improvement was observed when the period of establishment of the mass trapping in the orchards increases.

Key words: Spatial distribution, citrus, traps.

REFERENCIAS

- ALEMANY, A., MIRANDA, M.A., ALONSO, R., MARTÍN ESCORZA, C. 2004. Efficacy of *C. capitata* (Wied) (Diptera: Tephritidae) female mass trapping. Edge-effect and pest multiplier role of unmanaged fruit host. *Bol. San. Veg. Plagas*, **30**: 255-264.
- ALFARO, F., PIÑEIRO, F., CUENCA, F.J. 2005. Métodos alternativos para el control de *Ceratitis capitata* Wiedermann desarrollados en los últimos años en la Comunidad Valenciana. *Fruticultura Profesional*, **153**: 11-16.
- ALONSO MUÑOZ, D., SOLER, J.M^a., GARCÍA MARÍ, F., BLAS CORREAS, M. 1999. Fructect ®: control de la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* Wied. en el cultivo de los cítricos. *Levante Agrícola*, **347**: 204-211.
- ALONSO MUÑOZ, D., SOLER, J.M^a., GARCÍA MARÍ, F., BORREANI, R. 2002. Un nuevo método de control de la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* Wied. en el cultivo de los cítricos: Fructect ®. *Levante Agrícola*, **360**: 195-203.
- ALONSO MUÑOZ, A., GARCÍA MARÍ, F. 2004. Control de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en cítricos utilizando trampeo masivo. *Phytoma España*, **157**: 28-37.
- ALONSO MUÑOZ, A., GARCÍA MARÍ, F. 2007. Comparación de cuatro tipos de mosqueros comerciales de capturas de hembras y machos de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **33** (3): 399-407.
- ALUJA, M. 1993. Manejo integrado de la mosca de la fruta. *Ed. Trillas*. 251.
- ALUJA, M., JIMÉNEZ, A., CAMINO, M., ALDANA, L., CASTREJÓN, V., VALDÉS, M.E. 1997. Habitat manipulation to reduce papaya fruit fly (Diptera: Tephritidae) damage: orchard design, use of trap crops and border trapping. *J. Econ. Entomol.*, **90**: 1567-1576.
- BETIA, F.J., PÉREZ-HINAREJOS, M., GARZÓN, E., SANTIAGO, S., TARAZONA, I., FALCÓ, J.V. 2006. Lucha biológica contra *Ceratitis capitata*. Himenópteros parasitoides exóticos". *Terralia*, **56**: 56-63.
- BODENHEIMER, F.S. 1951. Citrus entomology in the middle East. *W. Junk. The Hage*, Netherlands. 87-160.
- BOLINCHES, J.V., ALFARO, F., CUENCA, F., FRANCH, J.J., SERRANO, R., VERDÚ, M.J., FALCÓ, J.V. 2006. Fauna auxiliar capturada con diferentes trampas y atrayentes de *Ceratitis capitata* (Wied). *Levante Agrícola*, **380**: 160-164.
- BROUMAS, T., HANIOTAKIS, G., LIARPOULUS, C., TOMAZOU, C., RAGOSSIS, N. 2002. The efficacy of an improved form of de mass-trapping method for the control of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae): pilot-scale feasibility studies. *Journal of Applied Entomology*, **126** (5): 217-223.
- CAMPOS RIVELA, J.M., MARTÍNEZ FERRER, M.T., FIBLA QUERALT, J.M. 2008. Improvement of *Ceratitis capitata* mass trapping strategies on citrus in north-eastern Spain. *Control in Citrus Fruits Crops*. IOBC/wprs Bulletin. **38**: 144-149.
- CAPA-GV (Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació - Generalitat Valenciana). 2008. *Norma técnica para la producción integrada de cítricos en la Comunidad Valenciana*. Resolución del 27 de octubre. D.O.G.V., **5901**: 88055-88096.
- COHEN, H., YUVAL, B. 2000. Perimeter trapping strategy to reduce mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) damage on different host species in Israel. *J. Econ. Entomol.* **93** (3):721-725.
- DÍAZ, L.M., MURÚA, F.A., ACOSTA, J.C, ESCOBAR, J.M. 2008. Capacidad dispersiva de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) entre valles agrícolas en San Juan, Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Argentina*, **67** (1-2): 155-161.
- ELTAZI, S., MAZH, A., SRAIRI, I., BOURACHIDI, Y. 2008. Evaluation of mass trapping using M- bait-station to control Medfly in citrus orchard. *Control in Citrus Fruits Crops*. IOBC/wprs Bulletin. **38**: 143.
- ENKERLIN, W., MUMFORD, J. 1997. Economic evaluation of three alternative methods for control of the

- Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Israel, Palestinian Territories, and Jordan. *J. Econ. Entomol.* **90** (5): 1066-1072.
- EPSKY, N.D., HENDRICH, J., KATSIOYANNOS, B.I., VÁSQUEZ, L.A., ROS, J.P., ZÚMREOGLU, A., PEREIRA, R., BAKRI, A., SEEWORUTHUN, S.I., HEATH, R.R. 1999. Field evaluation of female-targeted trapping systems for *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in seven countries. *J. Econ. Entomol.* **92** (1): 156-164.
- ESCUADERO, A., VILAJELIU, M., BATLLORI, L. 2005. Captura masiva para el control de a mosca mediterránea de la fruta (*Ceratitidis capitata* Wied.) en manzano. *Phytoma España*, **171**: 26-31.
- FÀBREGUES, C., MARCO, V., JUAN, F., SERDÀ, J.R. 1998. Posibilidad de control de *Ceratitidis capitata* W., en el cultivo de cítricos con trampas tephri-trap y nuevos atrayentes empleados en la captura masiva de adultos. *Nutri-fitos*, **98**: 116-120.
- FALCÓ, J.V., VERDÚ, M.J., BOLINCHES, J.V., CUENCA, F., ALFARO, F. 2008. Incidencia del trapeo masivo de *Ceratitidis capitata* sobre *Cryptolaemus montrouzieri* y otros depredadores y parasitoides en una parcela de navelina en cultivo ecológico-Valencia 2006. *Levante Agrícola*, **390**: 152-157.
- FIBLA QUERALT, J.M., MARTÍNEZ, M.T., CAMPOS, J.M., MONFORT, R., COLELL, R. 2007. Control de *Ceratitidis capitata* Wied en variedades tempranas de cítricos y pequeñas superficies, mediante diferentes estrategias de trapeo masivo. *Levante Agrícola*, **385**: 126-134.
- GARCÍA, E., WONG, E., MÁRQUEZ, A.L., GARCÍA, S., OLIVERO, J. 2003. Evaluation and comparison of mass trapping methods for the control of *Ceratitidis capitata* Wied. in citrus orchards. *Integrated control in citrus fruit crops*. IOBC wprs Bulletin, **26** (6): 85.
- HEADRICK, D.H., GOEDEN, R.D. 1996. Issues concerning the eradication or establishment and biological control of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedmann) (Diptera: Tephritidae), in California. *Biological Control*, **6**: 412-421.
- HENDRICH, J., ROBINSON, A. S., CAYOL, J.P., ENKERLIN, W. 2002. Medfly areawide sterile insect technique programmes for prevention, suppression or eradication: the importance of mating behavior studies. *Florida Entomology*, **119**: 371-377.
- HEATH, R.R., EPSKY, N. D., GUZMAN, A., DUEBEN, B.D., MANUKIAN, A., MEYER, W.L. 1995. Development of a dry plastic insect trap with food-based synthetic attractant for the mediterranean and mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, **88**:1307-1315.
- LLORENS, J.M., VINACHES, P., MARCO, F., LLORENS, J. 2004. Control de *Ceratitidis capitata* Wied. using mass trapping with Tephri traps and Biolure-3 component Lure (Tripack) in fig trees. *5º Meeting of the working group on fruit flies of the Western Hemisphere*, 16-21 May, Florida. Abstract, pág. 38.
- LUCAS, A., FUENTES, F., HERMOSILLA, A. 2007. Control de mosca de la fruta (*Ceratitidis capitata*) en cítricos, por medio de captura masiva de adultos con diferentes trampas y cebos. *Santomera* (Murcia) 2006. *Agrícola Vergel*, **307**: 337-345.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). 2004. Orden APA/1657/2004, de 31 de mayo, por la que se establece la norma técnica específica de la identificación de garantía nacional de producción integrada de cítricos. *B.O.E.* 7-VI-04, **137**: 20684-20747.
- MCQUATE, G.T., SYLVA, C.D., JANG, E.B. 2005. Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) suppression in persimmon through sprays in adjacent coffee plantings. *Journal of Applied Entomology*. **2**: 110-117.
- MIRANDA, M.A., DEL RIO, R., ALEMANY, A. 2001. Control de *Ceratitidis capitata* (Wied) (Diptera: Tephritidae) mediante trapeo masivo en cítricos de Mallorca. Resúmenes del 2º Congreso Nacional de Entomología Aplicada. *VIII Jornadas Científicas de la S.E.E.A.* Pamplona del 12 al 16 de Noviembre de 2001. 77-78.
- MONTOYA, P., CANCINO, J., ZENIL, M., GÓMEZ, E., VILLASEÑOR, A. 2005. Parasitoid releases in the control of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) outbreaks, in coffee growing zones of Chiapas, Mexico. *Vedalia*. **12** (1): 85-89.
- OLIVERO, J., GARCÍA, E.J., WONG, M.E., ROS, J.P. 2004. Ensayo de eficacia de diferentes combinaciones soporte-atrayente para el trapeo de *Bactrocera oleae* (Gmel.), mosca del olivo. *Bol. San. Veg. Plagas*, **30**: 439-450.
- PEÑARUBIA-MARÍA, M., VILAJELIU, M., BATLORI, L., AVILLA, J., ESCUDERO, A. 2008. Field distribution of *Ceratitidis capitata* Wied in peach orchards in the northeast of Spain. *Poster IRTA of 1st Congress Tephritid in Majorca*. Abstract, pág. 54a.
- PROKOPY, R.J. 1993. Stepwise progress toward IPM and sustainable agriculture. *IPM Practitioner*, **15**: 1-4.
- RAMONEDA, J., ROIG, J., VALMAÑA, E. 2006. Experiencia de 4 años en control de *Ceratitidis capitata* Wiedemann, mediante trapeo masivo en variedades extratempranas de cítricos. *Todo Citrus*, **32**: 5-19.
- ROESSLER, Y. 1989. Insecticidal bait and cover sprays. *A.S. Robinson and G. Hooper [eds.], World crop pests*. **3B**. Fruits flies, their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. 329-336.
- ROS, J.P., ESCOBAR, I., GARCÍA TAPIA, F.J., ARANDA, G. 2000. Pilot experiment to control Medfly, *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) using mass trapping technique in a Cherimoyer (*Annona cherimola* Miller) orchard. Area-wide control of fruit fly and other insect pest. *Ed. K.H. Tan. Penerbit University Sains Malaysia, Penang*. 639-643.
- SASTRE, C., SERRA, F., TORRELL, A., CELADA, B., BARRIOS, G. 1993. Control de la mosca del mediterráneo (*Ceratitidis capitata*) con un sistema válido en lucha integrada. *Phytoma España*. **50**: 121-126.
- WONG, E., OLIVERO, J., MÁRQUEZ, A.L., MONTORO, F., RIVERA, N., GARCÍA, E.J. 2008. Mass trapping of *Ceratitidis capitata* Wied., with tephri-trap and tripack MFL: optimising the control strategy. *Control in Citrus Fruit Crops*. IOBC/wprs Bulletin. **38**: 160.
- WONG, T.T.Y., RAMADAN, M.M., MCINNIS, D.O., MOCHIZUKI, N., NISHIMOTO, J.I., HERR, J.C. 1991. Augmentative releases of *Diachasmimorpha tryoni* (Himenoptera: Braconidae) to suppress a Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) population in Kula, Maui, Hawaii. *Biological Control*, **1**: 2-7.
- ZERVAS, G.A. 1996. Successful control of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* Wied. (Diptera.

Tephritidae) by mass-trapping method, in an orange orchard in Greece. *Proceedings of the XX International Congress of Entomology* (abstr.). Florencia, Italia. 713.

(Recepción: 30 marzo 2009)
(Aceptación: 1 junio 2009)