

Control del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) con boquillas de baja deriva

Santiago Planas de Martí, Xavier Torrent y Carla Román (Grupo de Investigación AgTIC y Agricultura de Precisión. Centro de Investigación Agrotecnio. Universidad de Lleida. Lleida. E-mail: splanas@eagrof.udl.cat).

Raquel Abad-Moyano, José Antonio Insa y Carmen Grafulla (Dow AgroSciences Iberica S.A. Madrid. E-mail: RAbadMoyano@dow.com).

Cruz Garcerá, Enrique Moltó y Patricia Chueca (Centro de Agroingeniería. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada (Valencia). E-mail: chueca_pat@gva.es).

En la Unión Europea es obligado adoptar medidas de mitigación de los riesgos asociados al control químico de los enemigos de los cultivos. La Directiva 2009/128/CE sobre Uso sostenible de los Productos Fitosanitarios (DOCE 24.11.2009) así lo establece. También las correspondientes legislaciones estatales. En el caso español, mediante el Real Decreto 1311/2012 por el que se fija el marco de actuación para conseguir el uso sostenible de los productos fitosanitarios (BOE 15.09.2012).

Hoy en día, no se conciben tratamientos fitosanitarios que no incorporen medidas de prevención de la contaminación ambiental y de la exposición de los operarios y de las personas (transeúntes y residentes) situadas en las inmediaciones de las parcelas tratadas.

El principal riesgo de contaminación lo constituye la deriva. Designamos por deriva la fracción del caldo fitosanitario que durante la aplicación traspasa los límites de la parcela tratada y acaba depositándose en las parcelas circundantes (ISO 22866:2005).

La magnitud de la deriva y su alcance dependen fundamentalmente de:

- La estructura y características del cultivo tratado.
- El equipo de aplicación y su configuración.
- Los parámetros de la aplicación: volumen de caldo aplicado por unidad de superficie, velocidad de avance, caudal de aire del ventilador y presión de trabajo de las boquillas.
- las propiedades físico-químicas del formulado aplicado.
- las condiciones meteorológicas existentes durante la aplicación y en el período inmediato posterior.

La deriva puede comportar consecuencias graves como:

- Fitotoxicidad y/o residuos químicos en cultivos próximos.

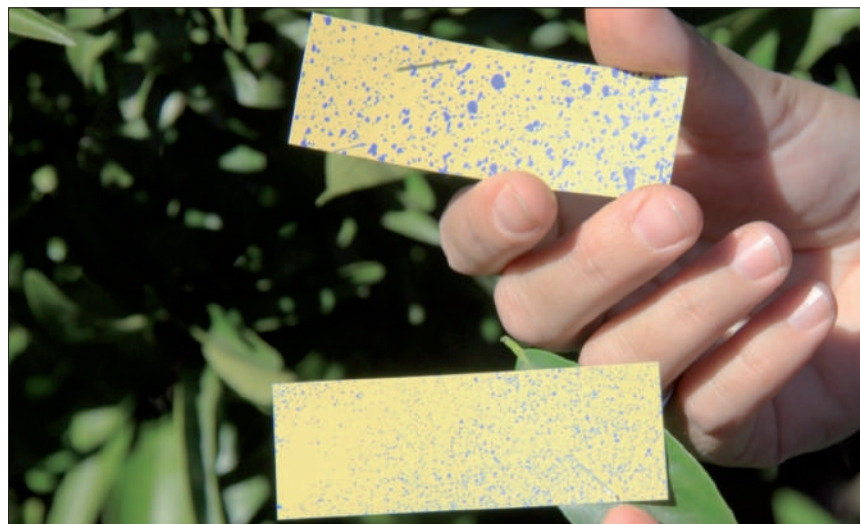


Figura 1. Prueba de mojado en campo con papel hidrosensible. La muestra superior corresponde a las BBD (menos impactos de mayor tamaño) y la inferior a las BCO (más impactos de menor tamaño). En ambos casos el volumen de caldo pulverizado es similar (Planas; Tortosa, octubre 2004).

- Polución de aguas superficiales.
- Contaminación de vías de comunicación, zonas habitadas y/o equipamientos de uso público.
- Contaminación de áreas de especial protección ambiental.

Todo ello ha conducido a valorar el empleo de boquillas de baja deriva (BBD). En algunos países, como Alemania y Holanda, su empleo es obligatorio en situaciones de especial riesgo ambiental (proximidad a aguas superficiales o espacios protegidos) o de riesgo para las personas

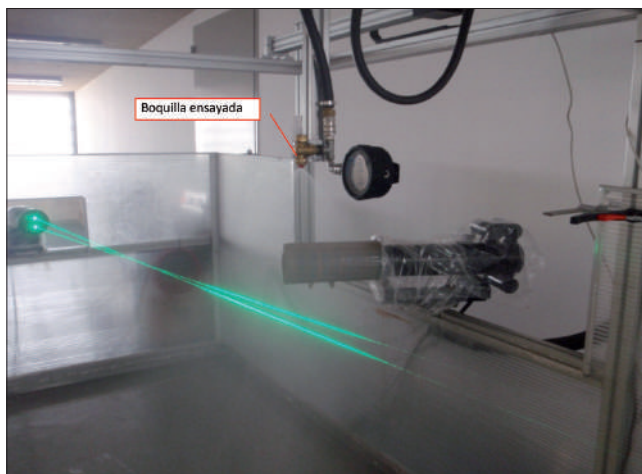


Figura 2. Caracterización dimensional de la población de gotas mediante el equipo láser PDPA Dantec 57X10 (Torrent; Lleida, enero 2013).



Figura 3. Vista frontal del túnel de viento. En primer plano se sitúan la boquilla ensayada y los sensores para controlar las condiciones de ensayo. A continuación, en un plano vertical, los hilos para recolectar las gotas desplazadas por el viento (deriva aérea). Más allá, no visibles, se ubican los colectores para detectar la deriva sedimentada (Torrent; Lleida, enero 2013).

(proximidad a zonas residenciales, instalaciones docentes y sanitarias).

Es sabido que la deriva está directamente relacionada con el tamaño de las gotas generadas por las boquillas. Cuanto menores sean las gotas, mayor es el riesgo de deriva. Las BBD generan gotas de mayor dimensión que las boquillas convencionales (BCO), siendo menos sensibles a las condiciones ambientales y menos proclives a generar deriva.

Sin embargo, para un mismo volumen de caldo pulverizado, las BBD proporcionan menos gotas y, consecuentemente, la densidad de impactos sobre el objetivo tratado disminuye (Figura 1). Esta circunstancia puede poner en duda la eficacia de los tratamientos practicados con BBD.

En este contexto, el presente artículo evidencia la eficacia de los tratamientos realizados con BBD y, por ende, muestra el interés de su empleo en el control de una de las plagas de mayor incidencia y difícil control: el piojo rojo de California (PRC) *Aonidiella aurantii* (Maskell) de los cítricos.

Deriva en cítricos

Los pulverizadores hidráulicos asistidos por aire (denominados también turboatomizadores) utilizados habitualmente para el tratamiento de plantaciones frutales y cítricos, pueden originar pérdidas de hasta un 50% del total aplicado (Planas y col., 1998; Stover y col. 2002, Moltó y col., 2011). De todas las pérdidas (evaporación, deposición en el suelo y deriva) las que más riesgo suponen para el medio ambiente y las personas son las correspondientes a la deriva. Más allá de los riesgos ambientales y personales, una proporción tan



Boquilla	DV ₁₀ (µm)	V ₂₀₀ (%)
 BCO - ALBUZ ATR 80 Grey	139.03	39.67
 BBD - ALBUZ TVI 8003 Blue	203.95	9.28

Tabla 1. Caracterización dimensional de la población de gotas de las boquillas obtenida con láser PDPA Dantec 57X10.

cuantiosa de pérdidas puede disminuir la deposición de producto fitosanitario y comprometer la eficacia del tratamiento.

Sin embargo, si se emplea un equipo adaptado a las circunstancias, operando correctamente y en las condiciones ambientales apropiadas, la deriva se reduce considerablemente. Más allá de estos aspectos, la irrupción en el mercado de las BBD abre un nuevo escenario de posibilidades en el camino de la reducción de la deriva.

En este contexto, Dow AgroSciences, empresa que dedica importantes esfuerzos a la investigación, ha promovido el proyecto *Say no to drift* (Di no a la deriva) con el objetivo principal de validar las BBD en los tratamientos con metilclorpirifos (Reldan®) para el control del piojo rojo de California.

El desarrollo experimental del proyecto ha comportado tres fases consecutivas:

- Dimensionado de la población de gotas y potencial de deriva
- Cuantificación de la deriva en campo.
- Medida de la eficacia en el control del piojo rojo de California.

Modelos de boquilla y metodología de ensayo

En las tres fases del proyecto, se han estudiado siempre los mismos modelos de boquilla. Concretamente se ha elegido un modelo de BCO (Albuz ATR 80 Gris) y un modelo de BBD (Albuz TVI 8003 Azul), ambos expresamente indicados para el tratamiento de cultivos arbóreos.

Como se ha comentado, la deriva está relacionada con el tamaño de las gotas de la pulverización. Cuanto menores sean las gotas, mayor es el riesgo



Figura 4. Ensayo de campo de deriva. Se observan los hilos de nylon sujetos a los mástiles para la medida de la deriva aérea, los colectores horizontales para la medida de deriva sedimentada y el pulverizador tratando la fila extrema (Planas; Roquetes, diciembre 2013).



Figura 5. Toma de muestras de los colectores en el ensayo de medición de deriva (Planas; Roquetes, diciembre 2013).

de deriva. Por ello, el potencial de deriva de las boquillas se establece a partir del estudio dimensional de la población de gotas y también a partir de su comportamiento aerodinámico.

Actualmente disponemos de dos métodos para caracterizar las boquillas en laboratorio. Por un lado, el dimensionado de las gotas mediante equipos láser concebidos para la medición de partículas en el aire. Este procedimiento se utilizó por vez primera en el Reino Unido, hace tres décadas, para caracterizar boquillas de abanico empleadas en los tratamientos de cultivos bajos (Doble y col., 1985). Más recientemente, en Holanda, utilizando un dispositivo similar, también se ha iniciado la caracterización de boquillas cónicas para el tratamiento de cultivos arbóreos (Van de Zande y col., 2008).

Un segundo método para estudiar las boquillas consiste en determinar la sensibilidad de la pulverización a la acción lateral del viento, en el interior de un túnel normalizado, siguiendo la metodología establecida por la norma ISO 22856:2008.

En el proyecto que nos ocupa, se han utilizado ambas metodologías. En el primer caso, se ha dispuesto del equipo láser de doble haz de efecto Doppler PDPA Dantec 57X10 (Dantec Dynamics A/S, DK) (Figura 2). En el segundo caso, se ha utilizado el túnel de que se muestra en la Figura 3. Se trata de dos grandes equipos, ambos instalados en la Fundación Maqcentre (Parque Científico y Tecnológico Agroalimentario de Lleida).

Dimensionado de la población de gotas y potencial de deriva

En el análisis dimensional de la población de gotas generadas por las boquillas, se han considerado

especialmente dos parámetros que hacen referencia expresa a la proporción de gotas pequeñas en el conjunto de la pulverización:

- a) El diámetro volumétrico 10 (DV_{10}). Se trata del diámetro de la gota que se corresponde con el 10% del volumen acumulado. Es decir, el 10% del volumen de líquido ha sido pulverizado con gotas de diámetro inferior a este valor.
- b) El porcentaje de volumen pulverizado con gotas de diámetro inferior a 200 micrómetros (V_{200}).

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1, comprobándose que el DV_{10} de la BCO es inferior al de la BBD y, contrariamente, su V_{200} es muy superior al de la BBD. Se confirma pues lo que era de esperar: la BBD reduce sensiblemente la proporción de gotas de menor dimensión. Cabe suponer pues que, en parcela, este modelo de boquilla reduzca notablemente la deriva.

Así mismo, en el estudio practicado mediante el túnel de viento (ISO 22856:2008), se ha concluido que el modelo de BBD ensayado, respecto al modelo de BCO, reduce el potencial de deriva aérea y el de deriva sedimentada en un 77% y 59%, respectivamente.

Cuantificación de la deriva en campo

El procedimiento se basa en la norma ISO 22866:2005. El ensayo es muy laborioso, pero aporta información muy interesante. Para la cuantificación de la deriva sedimentada y la deriva aérea se utilizaron respectivamente colectores de papel

secante sobre pequeñas plataformas ubicadas en el suelo y colectores de hilo de nylon sujetos a mástiles de hasta 6 m de altura.

Ambos tipos de colectores se dispusieron en una parcela colindante sin vegetación, a sotavento del tratamiento. En este caso, el ensayo consistió en pulverizar, un mínimo de cinco filas adyacentes, con agua conteniendo un trazador. En nuestra experiencia se empleó el trazador fluorescente *brilliant-sulpho-flavin* (BSF), detectable a muy baja concentración (Figuras 4 y 5).

Para cada modelo de boquilla ensayada se realizaron cinco repeticiones. Al objeto de comprobar que el ensayo se realizaba dentro de los márgenes fijados en la norma, durante las aplicaciones se registró la velocidad y la dirección del viento, la temperatura y la humedad relativa.

El ensayo se efectuó en una parcela de Clementina cv. Clemenules, ubicada en el t.m. de Roquetes (Montsià, Tarragona) empleando el pulverizador de la propia explotación (Máñez y Lozano Twister 2000) (Figura 6) y equipado, alternativamente, con las mismas BCO y BBD ensayadas en laboratorio. En ambos casos, la velocidad de avance durante la aplicación fue de 2 km/h, el caldo fitosanitario consumido aproximadamente de 2.400 L/ha y el caudal de aire impulsado por el ventilador se aproximó a los 30.000 m³/h.

La Figura 7 muestra los resultados de la deriva aérea en el mástil situado a 5 m de la fila extrema (la más cercana al límite de la parcela tratada). De acuerdo con la superficie de cada colector, para cada altura, la deriva captada se expresa como porcentaje del volumen unitario del caldo pulverizado en la superficie sobre la que se ha efectuado el tratamiento. Obsérvese la gran diferencia de valores

Agrométodos trae vida a todos tus cultivos



AGROMÉTODOS, S.A.

www.agrometodos.com





Figura 6. Pulverizador empleado en el ensayo de deriva, tratando la fila extrema de la plantación (Planas, Roquetes, diciembre 2013).

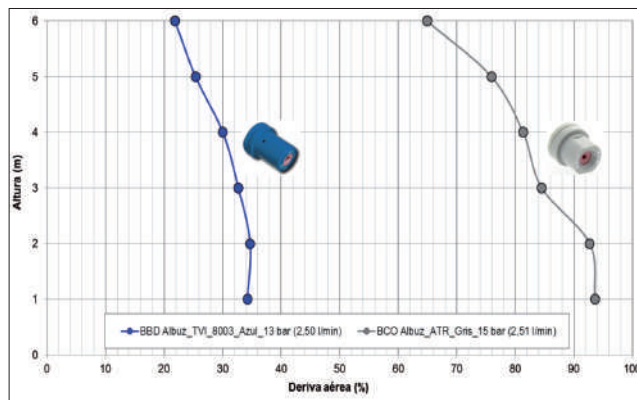


Figura 7. Deriva aérea captada por los hilos de nylon del mástil situado a 5 m de la parcela tratada (promedio de las cinco repeticiones).

para ambos tipos de boquilla con independencia de la altura de medición, evidenciando pues el importante efecto mitigante del modelo de BBD.

La Figura 8 muestra los resultados de la deriva sedimentada. El origen de las distancias se sitúa en la fila más próxima al límite de la parcela (última fila tratada). De acuerdo con la superficie de cada colector, a cada distancia, la deriva sedimentada se expresa como porcentaje del volumen unitario del caldo pulverizado en la superficie sobre la que se ha efectuado el tratamiento.

Pueden apreciarse clarísimas diferencias en favor de la BBD, especialmente en el tramo comprendido entre los 5 y los 25 m. Estudiando los datos en su conjunto, el modelo de BBD supone una reducción de la deriva del 35,5%. Si consideramos la deriva depositada a partir de 5 m (anchura mínima para las bandas de seguridad), la deriva se reduce en un 64,2%. Se hace evidente lo que era predecible en los ensayos de laboratorio: la BBD ejerce una notabilísima acción mitigante de la deriva.

Eficacia en el control del piojo rojo de California (PRC)

Utilizando los mismos modelos de boquillas que en los ensayos previos, durante la campaña citrícola del 2014, en una parcela comercial de Clementina cv. Clemenules, situada en el t.m. de Tortosa (Montsià, Tarragona) se determinó la eficacia de las aplicaciones efectuadas mediante BBD y BCO en el control del PRC.

Para ello, se establecieron las siguientes tesis:

- Aplicación insecticida mediante BCO.
- Aplicación insecticida mediante BBD.

- Control (sin tratamiento insecticida).

Se planteó un diseño experimental al azar con un total de cuatro repeticiones por cada tesis, por lo que el experimento requirió un total de 12 subparcelas. Cada subparcela constaba de 49 árboles dispuestos en 7 filas x 7 filas (Figura 9).

Para la realización de los tratamientos se utilizó el pulverizador que opera habitualmente en la finca (Atasa Abord Special 2000). Para asegurar la máxima calidad de la operación, el pulverizador fue previamente revisado (Figura 10) y calibrado (Figura 11) en la misma fecha y parcela del tratamiento. Finalmente se adoptaron los siguientes parámetros del tratamiento: volumen de caldo de 2.500 L/ha, velocidad de avance de 1 km/h y caudal de aire del ventilador de 13.700 m³/h.

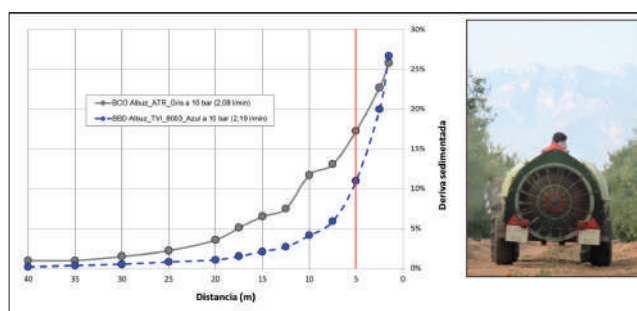


Figura 8. Deriva sedimentada en los colectores de superficie situados a sotavento en la parcela colindante y vista posterior del pulverizador durante la aplicación. Se indica la distancia de 5 m, correspondiente a la anchura mínima de la banda de seguridad reglamentada. Obsérvese como la diferencia entre boquillas se incrementa justamente a partir de esta distancia. A partir de los 25 m, ambas boquillas aproximan sus valores de deriva, situándose ambas en valores mínimos.



Figura 9. Vista aérea de la parcela de ensayo con indicación de las 12 subparcelas correspondientes a las cuatro repeticiones de cada tesis.

Durante la campaña se efectuaron dos aplicaciones insecticidas destinadas a controlar la primera (6 de junio) y segunda (27 de agosto) generación



Figura 10. Revisión del equipo, previa al tratamiento: orientación de las boquillas (Planas; Tortosa, agosto 2014).



Figura 11. Calibrado previo con papel hidrosensible pulverizando agua en la misma parcela de ensayo (Planas; Tortosa, agosto 2014).

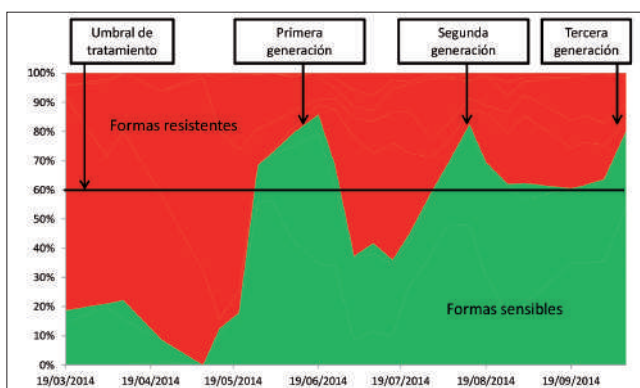


Figura 12. Proporción de formas sensibles (larvas) y formas resistentes (pupas y hembras) de la plaga presentes en brotes y hojas a lo largo del período de monitoreo en las subparcelas control (sin tratamiento insecticida). La línea horizontal indica el umbral de tratamiento adoptado. Fuente: Servicio de Sanidad Vegetal - Generalitat de Catalunya.



Figura 13. Monitoreo en la parcela de ensayo: conteo de individuos ocupando frutos (Planas, julio 2014).

del PRC. La decisión de tratamiento fue adoptada a partir de la monitorización de la plaga en la misma parcela del ensayo. De acuerdo con los criterios de buenas prácticas, el umbral de tratamiento se situó en el instante en el que las formas larvianas sensibles representan el 60% del total de individuos (Vanaclocha y col., 2009). (Figura 12).

Los productos fitosanitarios y las dosis de aplicación se indican en la Tabla 2.

Medida de la eficacia

La eficacia de las aplicaciones se calculó a partir de la densidad de plaga a los 45 y 75 días después del primer tratamiento, a los 50 días del segundo tratamiento y justo antes de la cosecha practicada el 15 Noviembre. (Figura 13).

Los datos de la Figura 14 son suficientemente elocuentes: los tratamientos realizados con BCO como con BBD supusieron una reducción significativa de la plaga en relación al control, sin diferencia significativa entre ambos tipos de boquillas en ninguna de las fechas de monitoreo.

En el momento decisivo, en cosecha, a excepción del segmento de 1-3 individuos, aparecen diferencias significativas entre las parcelas tratadas, sea cual fuere la boquilla, y el control no tratado. A su vez, no se aprecian diferencias significativas

Tratamiento	Formulado	Dosis (%)
1ª generación	Reldan® E ¹ + Juvinal® 10 EC ²	0,40 + 0,05
2ª generación	Reldan® E ¹	0,40

¹materia activa: 224 g chlorpirifos-methyl L⁻¹. Dow AgroSciences Ibérica, Madrid.
²materia activa: 100 g pyriproxyfen L⁻¹. Kenogard S.A., Barcelona.

Tabla 2. Productos fitosanitarios y dosis de cada aplicación.

entre los tratamientos efectuados con la BBD y la BCO en lo que respecta a la proporción de frutos afectados (Figura 15)

Podemos pues afirmar que la eficacia de los tratamientos es similar para ambos tipos de boquillas.

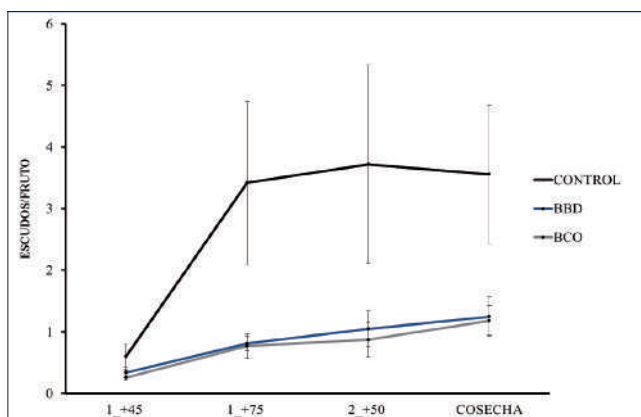


Figura 14. Evolución del número de individuos (escudos) por fruto (media \pm error estándar). En abscisas se indican el tratamiento (primero: 1; segundo: 2) y el número de días transcurridos desde su ejecución.

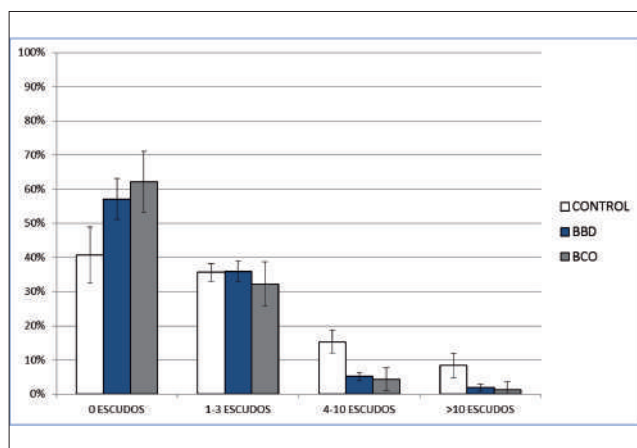


Figura 15. Proporción de frutos con escudos de PRC en cosecha en las parcelas control (no tratadas) y las parcelas tratadas con BBD y BCO.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos, queda probado que las BBD estudiadas en este proyecto ejercen un importante efecto mitigante de la deriva sin menoscabo de la eficacia en el control del Piojo Rojo de California.

En consecuencia, dichas boquillas son una solución recomendable para el control de dicha plaga cuando se requieran medidas de reducción de la deriva. Por ello, cabe esperar que su uso se generalice, particularmente en aquellas situaciones que comportan especiales riesgos para el medio ambiente (aguas superficiales, fauna, espacios

protegidos) o para las personas (transeúntes, residentes).

La incorporación de las BBD a la práctica habitual podría ser incentivada mediante legislación que obligase a su empleo en las circunstancias mencionadas, tal como ya se ha establecido en algunos países europeos. En todo caso, esta decisión está en manos de las autoridades responsables de la Sanidad Vegetal.

Finalmente, cabe recordar que todo tratamiento debe ser ejecutado por personal debidamente formado, empleando un equipo ajustado a las condiciones en las que va a realizarse la aplicación y en consonancia con las buenas prácticas fitosanitarias:

preferentemente con el viento en calma (nunca superior a los 3 m/s), temperaturas inferiores a 25°C y humedades relativas superiores al 50%.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Servicio de Sanidad Vegetal de la Generalitat de Catalunya por la aportación de los datos de monitoreo de la parcela de ensayo a lo largo de toda la campaña.

Este ensayo es parte de un amplio proyecto de investigación financiado por Dow AgroSciences Ibérica SA (proyecto *Say no to drift*).

BIBLIOGRAFÍA

- Doble S.J., Matthews G.A., Rutherford I., Southcombe E.S.E. (1985). A system for classifying hydraulic nozzles and other atomisers into categories of spray quality. Proceedings for British Crop Protection Council Conference: 1125-1133.
- ISO 22856:2008 Medida de la deriva en laboratorio - Túneles de viento.
- ISO 22866:2005 Pulverizadores - Métodos para la medida de la deriva en campo.
- Moltó E., Garcerá C., Chueca P. (2011). Balance de masas en las aplicaciones de fitosanitarios en cítricos. Levante agrícola 405: 79-87.
- Planas S., Solanelles F., Fillat A., Walklate P., Miralles A., Ade G., Pezzi F., Val L., Andersen P.G. (1998). Advances on air-assisted spraying on the Mediterranean orchards (fruit, vine, and citrus). Paper No. 98-A-019. AgEng 98 Oslo.
- Stover E., Scotto D., Wilson C., Salyani M. (2002) Spray applications to citrus: overview of factors influencing spraying efficacy and off-target deposition. HS-851Florida Cooperative Extension Service. Agricultural Sciences, University of Florida.
- Van de Zande J.C., Holterman H.J., Wenneker M. (2008). Nozzle classification for drift reduction in orchard spraying; Identification of drift reduction class threshold nozzles. CIGR Ejournal. Manuscript ALNARP 08 0013. Vol. X.
- Vanaclocha, P., Urbaneja, A., Verdú, M.J. (2009) Mortalidad natural del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii*, en cítricos de la Comunidad Valenciana y sus parasitoides asociados. Bol. San. Veg. Plagas 35, 59-71.