

Optimización de la aplicación de fitosanitarios en cítricos (I)

Racionalización de la dosis para un control sostenible de plagas y enfermedades en cítricos



Patricia Chueca, Enrique Moltó, Alberto Fonte, Roberto Beltrán y Cruz Garcerá.

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

En este artículo se repasan algunas de las contribuciones que el Centro de Agroingeniería del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias ha realizado para la optimización de la aplicación de fitosanitarios en tratamientos mecanizados con el objetivo de alcanzar un control de plagas y enfermedades en cítricos sostenible económica y medioambientalmente. Se describen las aplicaciones y herramientas relacionadas con la optimización de la dosis de aplicación, dejando para una segunda parte, que se publicará en próximos números, el correcto funcionamiento y ajuste de las máquinas tradicionales y la utilización de nuevas tecnologías de aplicación precisa.

Los alimentos vegetales juegan un papel importante e indispensable en la nutrición y la salud humana, ya que son una fuente importante de vitaminas, minerales, antioxidantes, ácidos grasos insaturados y fibra dietética. El consumo frecuente de frutas y verduras puede prevenir muchas enfermedades crónicas y tiene efectos positivos en términos de control de peso y prevención de la obesidad (Tohill *et al.*, 2004). Las sociedades, especialmente las de los países desarrollados, son cada vez más conscientes de ello. Las recomendaciones de ingesta habitual de frutas y verduras han aumentado la demanda de estos productos.

Por otra parte, según informes de las Naciones Unidas, se prevé que la población mundial aumente hasta los 9.700 millones en 2050 (ONU, 2019). La necesidad de satisfacer la demanda de la creciente población de consumidores implica un aumento en su producción y un crecimiento constante de su participación en el mercado mundial de alimentos. Esto queda reflejado en el objetivo de “Hambre cero” dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en 2015 (ONU, 2022).

El rendimiento de la producción vegetal está continuamente amenazado por plagas y enfermedades, con el problema añadido de la introducción de nuevas amenazas como consecuencia del comercio globalizado. A pesar de los enormes avances en el control biológico y en el uso de alternativas ecológicamente

FENDT

fendt.com | Fendt is a worldwide brand of AGCO.

sostenibles, hoy en día todavía es necesaria la aplicación de productos fitosanitarios (Keulemans *et al.*, 2019), especialmente en cultivos de alto valor, como los frutales, los cítricos y la viña, que están sujetos a una presión particular. De hecho, en estos cultivos se consume una gran parte del total de productos fitosanitarios en Europa, estimado en más de 480.000 toneladas (Faostat, 2019).

La finalidad de un tratamiento fitosanitario foliar es distribuir un producto sobre el cultivo para controlar una plaga o enfermedad de manera económica, eficiente y respetuosa con las personas y el medio ambiente. Durante la aplicación, parte del caldo no alcanza el objetivo, se escurre de los árboles y cae al suelo (escorrentía) y/o es arrastrado por el viento fuera de la zona objetivo (deriva), provocando riesgos de contaminación medioambiental y para la salud humana.

Actualmente existe un compromiso social y político para reducir estos riesgos, tal y como recoge el Pacto Verde Europeo (CUE, 2022a) en la estrategia “De la Granja a la Mesa”, que incluye entre sus objetivos principales reducir a la mitad el uso de plaguicidas químicos de síntesis de aquí a 2030 (CUE, 2022b). Estos objetivos están estrechamente relacionados con los ODS, en concreto con la “Producción y consumo responsables”, “Acción por el clima”, y con la protección de la “Vida de ecosistemas terrestres”. Por ello, es necesario impulsar estrategias para incrementar la sostenibilidad de la aplicación de fitosanitarios.

La citricultura española es una de las más sanas y mejor controladas del mundo. Sin embargo, en la última década se ha detectado la aparición de una nueva plaga o enfermedad cada dos años. El sistema de plantación mayoritario es el tradicional (con alrededor de 400 árboles/ha). El sistema superintensivo (más de 1.000 plantas/ha) únicamente se encuentra a nivel experimental, a diferencia de otros cultivos, como el olivo o el viñedo, en los que este está muy extendido. Los cítricos cultivados comercialmente son de hoja perenne y desarrollan una gran densidad foliar. Los árboles suelen tener forma elíptica y pueden alcanzar grandes dimensiones, con una anchura no despreciable. Esto da lugar, en función del marco de plantación, a plantaciones en las que predominan árboles individuales con copas ligeramente separadas y a plantaciones en forma de seto de gran anchura.

La aplicación de los fitosanitarios en los cítricos suele hacerse con pulverizadores hidráulicos asistidos por aire, también conocidos como turboatomizadores.

Recientemente, se está experimentando la aplicación de determinados productos con drones. Conscientes de la importancia tanto de maximizar la eficacia de los tratamientos como de reducir los riesgos asociados a las pérdidas, principalmente



Tú lo soñabas. Nosotros lo fabricamos.

Nuevo Fendt 700 Vario Gen7, pionero en el segmento de 200-300 CV.

Rendimiento a una nueva escala: nuevo motor de 7,5 l con el concepto de bajas revoluciones Fendt iD; transmisión inteligente VarioDrive; y sistema hidráulico de alto rendimiento con caudal de hasta 220 l/min.

Descubre más en fendt.com/NextGen700

ready for
agrirouter

It's Fendt. Porque comprendemos la agricultura.

a la deriva, el Centro de Agroingeniería del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) lleva más de veinte años realizando investigaciones y ensayos para la optimización de la aplicación de fitosanitarios en la citricultura, centrándose en realizar aplicaciones cada vez más precisas, abarcando la racionalización de la dosis de producto, la correcta configuración de las máquinas y el desarrollo y evaluación de nuevas tecnologías en los equipos de aplicación.

Racionalización de la dosis

En cultivos arbóreos como los cítricos, nos encontramos ante el problema de que, en todas las recomendaciones de tratamientos fitosanitarios, los volúmenes de caldo a aplicar se expresan en litros por unidad de superficie de suelo (l/ha). Sin embargo, la cantidad de vegetación que puede haber en una hectárea puede ser muy diferente. Por ejemplo, no es lo mismo una hectárea de plántones que una de árboles adultos.

Además, en España, la forma convencional de expresar la dosis recomendada para un tratamiento en la etiqueta del producto se expresa como la concentración del producto formulado en el volumen de caldo que se va a repartir. Sin embargo, una dosis expresada de este modo puede producir depósitos de materia activa muy diversos, dependiendo principalmente de la estructura del cultivo (volumen de vegetación, marco de plantación, etc.), la configuración de la máquina de aplicación (velocidad de avance, boquillas utilizadas, presión, etc.), las condiciones meteorológicas durante y después de la aplicación, y el volumen de agua empleado.

El IVIA ha trabajado en el ajuste óptimo de la cantidad de producto aplicado a las necesidades reales de cada parcela, que dependen de la cantidad y vegetación a cubrir, la plaga a controlar, el producto

FIG. 1 Aplicación web CitrusVol. Se muestra el volumen recomendado para unos datos introducidos a modo de ejemplo. (<https://citrusvol.com/recomendacion-de-volumen/>).

CitrusVol

RECOMENDACIÓN DE VOLUMEN

Datos previos

¿Qué tipo de parcela tiene?

Plántones Árboles adultos

Datos de la Parcela

Altura de copa (en metros)*: 3.2

Diámetro del árbol a través de la fila (en metros)*: 3.3

Diámetro del árbol a lo largo de la fila (en metros)*: 3.1

Distancia entre árboles (en metros)*: 4

Poda: Normal

Ancho de la calle (en metros)*: 6

Densidad foliar: Media (Clementinas, Navel, Clement.)

Datos de la Aplicación

Plaga/Enfermedad: Diapridos (Piojo rojo californio, bla.)

Productos: Aceite parafínico

Rellene todos los campos y pulse el botón **Calcular** para ver el volumen recomendado

Resultados

Calcular

Resultados

Volumen recomendado en pulverización continua (l/ha): 4.270

Volumen recomendado en pulverización con detección de árboles (l/ha): 3.310

Ahorro de caldo en la pulverización con detección de árboles (%): 22

Comprobar en la ficha técnica del producto si está autorizado para este uso y si existen límites máximos de volumen de aplicación.

que se emplee y el uso correcto de la maquinaria. De esta manera se reduce la cantidad de producto que se dispersa en el medio ambiente, se consigue un importante ahorro económico y se reducen los riesgos para las personas y el entorno natural.

Gracias a este trabajo, el Centro de Agroingeniería ha desarrollado CitrusVol, una herramienta informática sencilla de ayuda a la decisión, que permite al personal técnico y los productores agrarios calcular el volumen de caldo de la aplicación con turboatomizador, ajustándolo a las características de la vegetación objetivo

(teniendo en cuenta el volumen de las copas, el marco de plantación, la densidad foliar y el nivel de poda), al tipo de plaga o enfermedad y al tipo de producto fitosanitario (Garcerá *et al.*, 2017a, 2021b).

La herramienta se basa en datos y modelos científicos que parten de la estimación del depósito mínimo necesario de un producto para lograr la máxima eficacia contra una plaga, dependiendo del producto (Garcerá *et al.*, 2011, 2012, 2014, 2017b; Garcerá, 2013). Este depósito mínimo primero se calculó a partir de los modelos de laboratorio que relacionan la cantidad

de producto depositado y el efecto sobre el control de la plaga (Garcerá *et al.*, 2011, 2012), para posteriormente ser validados en condiciones de campo (Garcerá, 2013; Garcerá *et al.*, 2014). Asimismo, los experimentos sirvieron para demostrar que la supervivencia de las plagas en condiciones de campo es menor que en condiciones de laboratorio, debido a que las condiciones ambientales son más adversas y al efecto de los enemigos naturales.

La herramienta CitrusVol se encuentra disponible gratuitamente en la página web www.citrusvol.com y en las aplicaciones para iOS y Android "CitrusVol". La recomendación sobre el volumen a aplicar se calcula en base a los siguientes datos, que debemos introducir en la aplicación:

- Tipo de parcela: tradicional o intensiva/superintensiva.
- Datos de la parcela:
 - Tamaño de los árboles.
 - Marco de plantación.
 - Densidad foliar: baja, media o alta.
 - Nivel de poda: sin podar, normal o severa.
- Datos de la aplicación:
 - Plaga o enfermedad a tratar.
 - Producto que se va a emplear.

Los resultados que genera la aplicación se muestran en la **figura 1**, donde se han introducido algunos datos a modo de ejemplo. Se observa que proporciona dos tipos de recomendación:

- 1.- Volumen a aplicar si se realiza un tratamiento en continuo, sin dejar de pulverizar aunque existan huecos entre árboles.
- 2.- Volumen a aplicar si se emplean máquinas con tecnología para la detección de la vegetación y detención de la pulverización en ausencia de la misma. En este caso, además, señala el porcentaje de ahorro de producto que supone la incorporación de esta tecnología.

Es de destacar que estas recomendaciones se basan en la consecución de un depósito mínimo en la superficie objetivo para maximizar la eficacia, pero no tienen en cuenta las limitaciones de volumen o dosis por unidad de superficie que actualmente aparecen en las etiquetas de algunos productos comerciales. Estas limitaciones se establecen en apartados del expediente de registro que no están relacionados con la eficacia del control. Por tanto, además del volumen recomendado, aparece el siguiente mensaje de advertencia:

"Comprobar en la ficha técnica del producto si está autorizado para este uso y si existen límites máximos de volumen de aplicación".

La herramienta se ha validado en parcelas comerciales durante varias campañas contra las principales plagas de cítricos en



PIENSA COMO UN PROFESIONAL. TRABAJA COMO UNA BESTIA.

Combina perfectamente potencia, practicidad, precisión y rendimiento. Cuando tu negocio necesita una Bestia con suficiente potencia y tecnología para afrontar cualquier tarea y utilizar cualquier implemento como un Profesional, la Serie Q es tu máquina.

valtra.es



VALTRA

YOUR WORKING MACHINE



Foto 1. Daños de plagas en Clemenules. Izquierda: brote con colonia de pulgones; Centro: fruto con escudos de piojo rojo de California; Derecha: fruto con daño de araña roja.

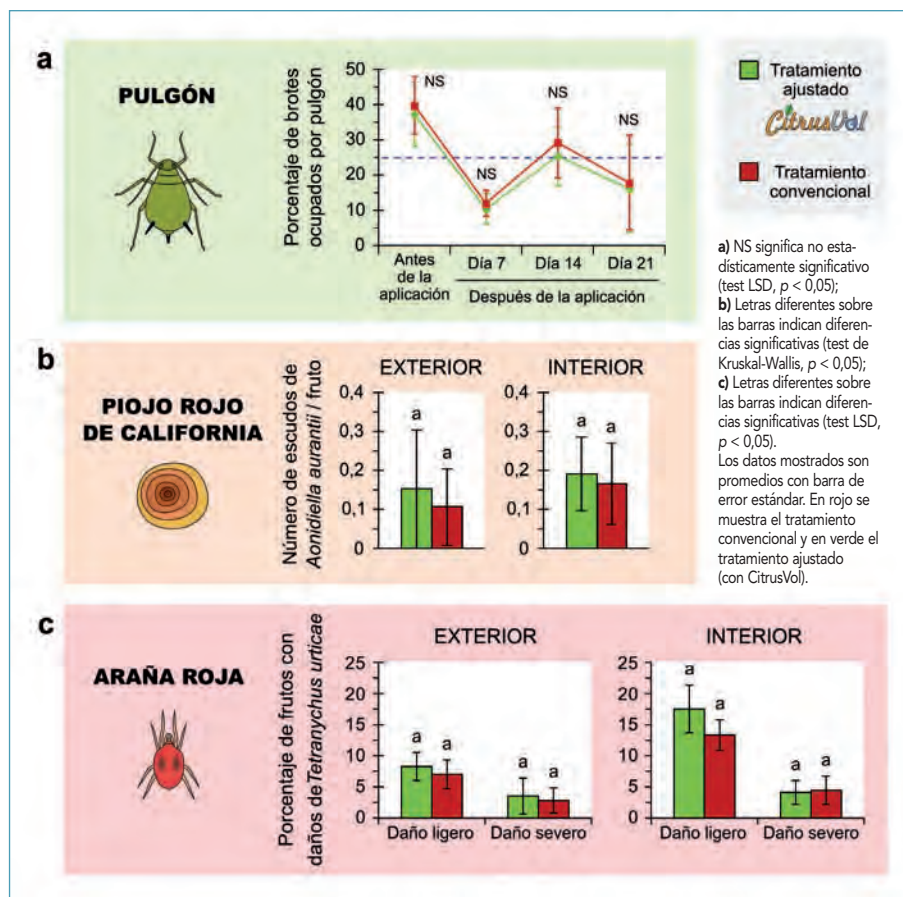
España: pulgones (*Aphis spiraeicola* y *A. gossypii*), piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*) y araña roja (*Tetranychus urticae*) (foto 1). La validación ha consistido en comparar la eficacia de un tratamiento convencional, que es el que suele hacer el técnico o agricultor de la finca, respecto a un tratamiento optimizado, en el que se ha utilizado el volumen de caldo recomendado por CitrusVol y se ha ajustado la nube de pulverización a la vegetación (foto 2).

Los resultados han demostrado que ambos tratamientos alcanzan el mismo nivel de eficacia de control de plaga. A modo de ejemplo, en la figura 2a se muestra el porcentaje medio de brotes ocupados por pulgón de siete aplicaciones en tres parcelas comerciales de cítricos realizadas entre 2020 y 2022, para ambos tratamientos, antes de la aplicación y a los 7, 14 y 21 días desde la misma. En la figura 2b se muestra el número medio de escudos de *A. aurantii* por fruto en el exterior e interior de la copa, para siete parcelas en 2016 (Fonte *et al.*, 2021, Garcerá *et al.*, 2022a). Y en la figura 2c se muestra el porcentaje de frutos con daños debido a *T. urticae* en el exterior e interior de la copa, y con dos niveles de daño: severo (destrío) y ligero (no implica destrío), en promedio para siete parcelas



Foto 2. Turboatomizador realizando una aplicación sin ajustar la nube de pulverización a la vegetación (arriba) y ajustando la nube de pulverización a la vegetación (abajo).

FIG. 2 Resultados de eficacia de control de plagas con CitrusVol: a) porcentaje de brotes ocupados por pulgón, b) número de escudos de piojo rojo de California por fruto, c) porcentaje de frutos con daños de araña roja.



durante dos años (2016 y 2017) (Fonte *et al.*, 2020, Garcerá *et al.*, 2021a). Además de garantizar la eficacia del tratamiento, con la recomendación CitrusVol se consigue una reducción del volumen de caldo entre un 12% y un 74%. En consecuencia, al mantener la concentración de producto constante, el uso de fitosanitario se reduce en la misma proporción. Por otra parte, esta reducción del volumen de caldo implica menor número de recargas del tanque y, por lo tanto, una reducción del tiempo de trabajo tanto del tractor como del aplicador de entre 5-97 h/100 ha, así como de consumo de combustible de entre 46-804 l/100 ha. Por lo que se ha conseguido mejorar la eficiencia de las aplicaciones, disminuir el coste de las mismas y paralelamente reducir la huella de agua y de carbono. ■

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por:

- El proyecto PERFECT LIFE (ref. LIFE17/ENV/ES/000205) a través instrumento financiero LIFE de la Unión Europea.
- El proyecto "Optimización de la tecnología de aplicación para el uso efectivo de hongos entomopatógenos. Caso de estudio: manejo sostenible de la mosca mediterránea de la fruta. (FUNGITECH)" (proyecto PID2019-106336RR-I00), financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España y la Agencia Estatal de Investigación y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).
- El proyecto "Tecnología inteligente para una agricultura digital, sostenible y precisa en la Comunitat Valenciana (AgrIntel·ligència-CV)" (número interno de referencia 52204C) cofinanciado por el IVIA y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Los autores agradecen a las empresas Agrimarba S.A., Peiró Camaró S.L., Fontestad S.A. y Revacitrus S.L. que nos hayan permitido realizar ensayos en sus parcelas comerciales de cítricos y a las empresas Pulverizadores Fedes S.L., Mañez y Lozano S.L. y Fitodron Ibérica S.L. el préstamo de los equipos de aplicación. Una parte de este trabajo se ha realizado en colaboración con la empresa TRAGSA y Sanidad Vegetal, la unidad de Entomología del IVIA y el Departamento de Mecanización Agraria de la UPV. Roberto Beltrán es beneficiario de un contrato predoctoral financiado por el Programa Estatal de Promoción del Talento y su Empleabilidad en I+D+i del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020.

BIBLIOGRAFÍA

- CUE (Consejo de la Unión Europea y Consejo Europeo). 2022a. Pacto Verde Europeo. Disponible online: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/> (consultado el 23/12/2022).
- CUE (Consejo de la Unión Europea y Consejo Europeo). 2022b. De la granja a la mesa. Disponible online: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/from-farm-to-fork/> (consultado el 23/12/2022).
- FAO/STAT. 2019. Pesticide use: Europe - Agricultural Use - Pesticides (total) - 2016. Disponible online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP> (fecha de último acceso: 24/04/2020).
- Fonte, A., Garcerá, C., Tena, A., Chueca, P. 2020. CitrusVol validation for the adjustment of spray volume in treatments against *Tetranychus urticae* in Clementines. *Agronomy*, 10(1), 32.
- Fonte, A., Garcerá, C., Tena, A., Chueca, P. 2021. Volume rate adjustment for pesticide applications against *Aonidiella aurantii* in citrus: Validation of CitrusVol in the growers' practice. *Agronomy*, 11(7), 1350.
- Garcerá, C. 2013. Racionalización de las aplicaciones de productos fitosanitarios para el control de *Aonidiella aurantii* Maskell (Hemiptera: Diaspididae) en cítricos. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de València.
- Garcerá, C., Moltó, E., Chueca, P. 2011. Effect of spray volume of two organophosphate pesticides on coverage and mortality of *Aonidiella aurantii* Maskell. *Crop Prot*, 30: 693-697.
- Garcerá, C., Moltó, E., Zarzo, M., Chueca, P. 2012. Modelling the spray deposition and efficacy of two mineral oil-based products for the control of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell). *Crop Prot*, 31: 78-84.
- Garcerá, C., Moltó, E., Chueca, P. 2014. Factors influencing the efficacy of two organophosphate insecticides in controlling California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell). A basis for reducing spray application volume in Mediterranean conditions. *Pest Manag. Sci*, 70: 28-38.
- Garcerá, C., Fonte, A., Moltó, E., Chueca, P. 2017a. Sustainable use of pesticide applications in citrus: A support tool for volume rate adjustment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 715.
- Garcerá, C., Román, C., Moltó, E., Abad, R., Insa, J.A., Torrent, X., Planas, S., Chueca, P. 2017b. Comparison between standard and drift reducing nozzles for pesticide application in citrus: Part II. Effects on canopy spray distribution, control efficacy of *Aonidiella aurantii* (Maskell), beneficial parasitoids and pesticide residues on fruit. *Crop. Prot*. 94: 83-96.
- Garcerá, C., Fonte, A., Carrillo, I., Moltó, A., Tena, A., Chueca, P. 2021a. La herramienta de ayuda a la decisión CitrusVol permite reducir el volumen de aplicación para el control de araña roja *Tetranychus urticae* manteniendo la eficacia. *Levante Agrícola*, 455: 45-52.
- Garcerá, C., Moltó, E., Fonte, A., Chueca, P. 2021b. CitrusVol y otras herramientas de ayuda a la decisión para la optimización del volumen de caldo en los tratamientos fitosanitarios para cítricos. *Levante Agrícola*, 455: 37-42.
- Garcerá, C., Fonte, A., Tena, A., Chueca, P. 2022a. Aplicación sostenible de fitosanitarios para el control del piojo rojo de California en cítricos con la herramienta CitrusVol. *Levante Agrícola*, 461: 73-80.
- Keulemans, W., Bylemans, D., Coninck, B. de. 2019. Farming without plant protection products. Can we grow without using herbicides, fungicides and insecticides? Strasbourg (France): European Parliament: 44 pp. ISBN: 978-92-846-3993-9.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2019. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, Population Division. World Population Prospects 2019: Press Release. Disponible online: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_PressRelease_EN.pdf (consultado el 23/12/2022).
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2022. Objetivos de desarrollo sostenible. Disponible online: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (consultado el 23/12/2022).
- Tohill, B.C., Seymour, J., Serdula, M., Kettel-Khan, L., Rolls, B.J. 2004. What epidemiologic studies tell us about the relationship between fruit and vegetable consumption and body weight. *Nutrition Reviews*, 62(10): 365-374.