



Reducción del impacto medioambiental y la exposición humana a fitosanitarios en cítricos con herramientas y tecnologías de fácil uso

En este artículo se presentan las herramientas desarrolladas y las tecnologías de fácil uso implementadas para mejorar la eficiencia de las aplicaciones de fitosanitarios en cítricos dentro del marco del proyecto Perfect-LIFE, y se muestran los resultados en cuanto a la reducción de la contaminación ambiental y la exposición humana por fitosanitarios.



COLABORADORES

El proyecto Perfect-LIFE se ha desarrollado en España, Francia e Italia, ha sido coordinado por el Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) y ha contado con la participación del Centro de Agroingeniería del Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA), la Fundació para el Foment de la Investigació Sanitària y Biomèdica de la Comunitat Valenciana (Fisabio), la Unidad de Mecanización Agraria de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), el Departamento de Ciencias Agrícolas, Forestales y Alimentarias de la Universidad de Turín (DiSAFA), Instituto Francés de la Vid y el Vino (IFV), Cooperatives Agroalimentàries de la Comunitat Valenciana (CACV), y la empresa tecnológica Fossil IonTech.

La finalidad de un tratamiento fitosanitario foliar es distribuir el producto sobre el cultivo para controlar una plaga o enfermedad. Sin embargo, durante la aplicación, parte del caldo no alcanza el objetivo, se escurre de los árboles y cae al suelo (escorrentía), o es arrastrada por el viento fuera de la zona objetivo (deriva) (Garcerá y col., 2017b). Esto supone un riesgo de contaminación ambiental y de exposición a las personas. Actualmente, existe un compromiso social y político para reducir estos riesgos, tal y como recoge el Pacto Verde Europeo en la estrategia «De la Granja a la Mesa», que incluye entre sus objetivos principales reducir a la mitad el uso de fitosanitarios químicos de síntesis de aquí a 2030 (CUE, 2020).

Conscientes de la necesidad de maximizar la eficiencia de los tratamientos para reducir los riegos asociados, se ha llevado a cabo el proyecto **Perfect-LIFE** para la «Reducción de pesticidas mediante el uso de tecnologías de fácil uso para reducir el impacto medioambiental», financiado por el programa Life de la Unión Europea. El objetivo principal es demostrar que es posible reducir la contaminación ambiental y la exposición humana a los pesticidas y sus metabolitos mediante el uso de herramientas y tecnologías de fácil uso durante la aplicación de tratamientos fitosanitarios en dos importantes cultivos del área mediterránea, los cítricos y los viñedos, sin afectar a la eficacia de los tratamientos.

Foto superior, ensayo de aplicación de un tratamiento con atomizador durante el desarrollo del proyecto Perfect-LIFE.

En este artículo se presentan las herramientas y tecnologías desarrolladas para cítricos y se muestran los resultados de su uso en cuanto a la reducción de la contaminación ambiental y exposición humana por fitosanitarios.

LAS HERRAMIENTAS

CitrusVol

Para la racionalización de la dosis de aplicación en cítricos

FIGURA 1. APLICACIÓN WEB CITRUSVOL.



El Centro de Agroingeniería del 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 que se emplee y el uso correcto de la maquinaria. Como consecuencia de estas investigaciones, ha desarrollado CitrusVol, una herramienta informática de ayuda a la decisión, sencilla, que permite al personal técnico y los productores agrarios determinar el volumen de caldo de la aplicación con turboatomizador (Garcerá y col., 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 y col., 2011, 2012, 2014, 2017c; Garcerá, 2013) y de su validación en condiciones de campo (Garcerá, 2013; Garcerá y col., 2014). Está disponible gratuitamente en [página web](#) y aplicaciones para iOS y Android (CitrusVol) (Figura 1).

La herramienta se ha validado en parcelas comerciales durante varias campañas contra las principales plagas de cítricos en España: pulgones (*Aphis spiraecola* y *A. gossypii*), piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*) y araña roja (*Tetranychus urticae*). La validación ha consistido en comparar la eficacia de un tratamiento convencional, que es el que suele realizar el técnico o agricultor de la finca, y la de 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. Los resultados han demostrado que ambos tratamientos alcanzan el mismo nivel de eficacia de control de plaga (Fonte y col., 2020; Fonte y col., 2021, Garcerá y col., 2021a; Garcerá y col., 2022a), con la diferencia de que CitrusVol permite una reducción del volumen de caldo de entre el 12% y el 74%, con una media del 42%.

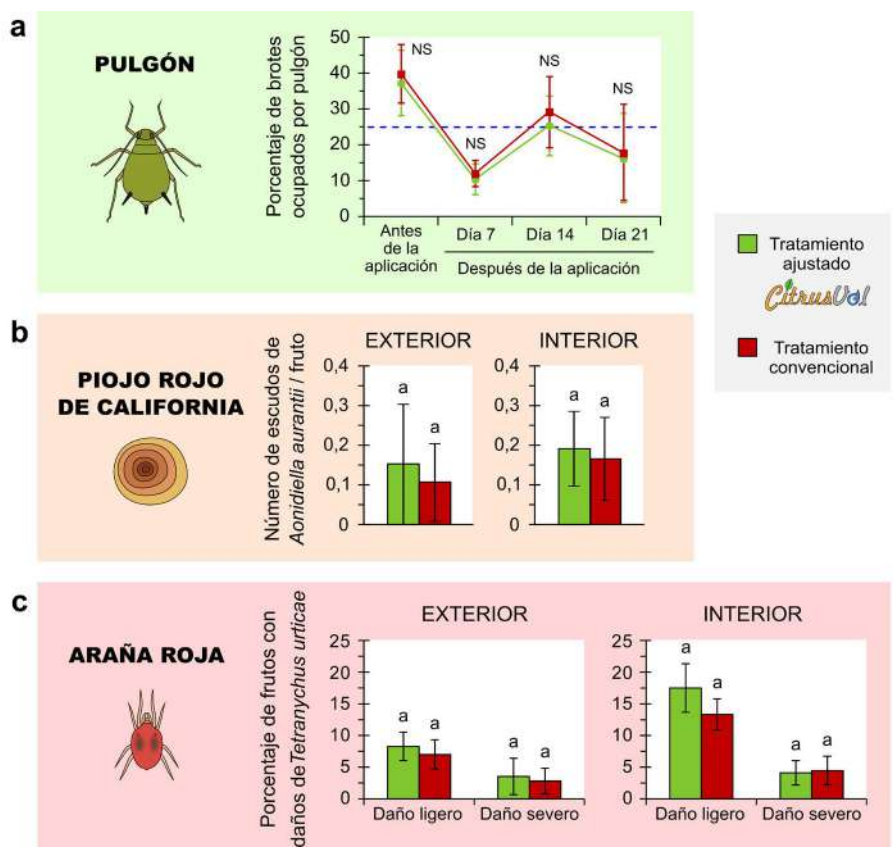
FIGURA 2. RESULTADOS DE EFICACIA DE CONTROL DE PLAGAS CON CITRUSVOL.

A. Porcentaje de brotes ocupados por pulgón. NS significa no estadísticamente significativo (test LSD, $p < 0,05$).

B. Número de escudos de piojo rojo de California por fruto. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).

C. Porcentaje de frutos con daños de araña roja. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas (test LSD, $p < 0,05$).

Los datos mostrados son promedios con barra de error estándar. En rojo se muestra el tratamiento convencional y en verde el tratamiento ajustado (con CitrusVol).



Citrus Vespa

Para el correcto perfil de pulverización vertical

La herramienta Citrus Vespa ayuda a agricultores y técnicos a conocer los perfiles verticales de pulverización generados por los turboatomizadores y las configuraciones principalmente empleadas en cítricos.

Uno de los aspectos clave relacionados con la calibración y el adecuado ajuste de los turboatomizadores es la elección correcta del perfil de pulverización vertical, que siempre debe adaptarse a las características geométricas de la vegetación objetivo. Sin embargo, es complicado que agricultores y técnicos puedan medir este perfil, pues los aparatos de medida son caros y el número de configuraciones que hay que medir es muy alto. Por ello, el Centro de Agroingeniería del IVIA, en colaboración con el Departamento de Ciencias Agrícolas, Forestales y Alimentarias de la Universidad de Turín (DiSAFA), ha desarrollado la herramienta Citrus Vespa (acrónimo de Vertical Spray Pattern for Citrus) para ayudar a agricultores y técnicos a conocer de manera rápida e intuitiva la geometría de los perfiles verticales de pulverización generados por los turboatomizadores y las configuraciones principalmente empleadas en cítricos (Garcerá y col., 2020, 2022b). Además, ayuda a entender cómo afectan los diferentes parámetros a la eficiencia de los tratamientos fitosanitarios. La herramienta está **disponible gratuitamente en la web**.

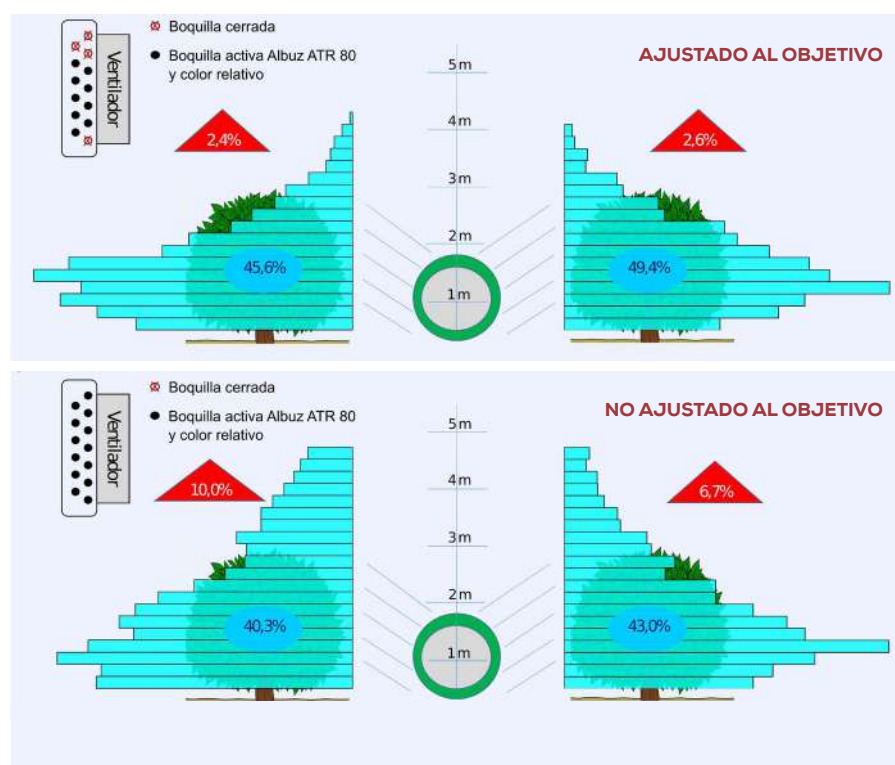
La pantalla inicial de la herramienta muestra en su parte inferior los campos requeridos para obtener el perfil de pulverización. En cada uno de los campos se despliegan pestañas para seleccionar las diferentes opciones: tipo de pulverizador, número de arcos de boquillas por lado del equipo, configuración de las boquillas (ajustado al objetivo o no ajustado al objetivo), tipo de boquillas (convencionales o de baja deriva), velocidad del ventilador, y volumen de aplicación (> de 2000 L/ha o < de 2000 L/ha).

La **Figura 3** muestra un ejemplo de los resultados que se obtienen con la aplicación. En la parte superior aparecen las opciones elegidas y posteriormente se proporciona un gráfico con los perfiles verticales de pulverización a ambos lados del equipo. En triángulos en rojo se muestra el porcentaje de la pulverización que se perdería directamente por deriva y en la parte azul el porcentaje que se depositaría en la vegetación. La comparación de resultados entre las diferentes opciones permite al usuario conocer cómo afectan los diferentes parámetros al perfil vertical de pulverización y a los porcentajes de deposición sobre la vegetación y de pérdidas por deriva. Como se observa en el ejemplo, el hecho de ajustar el arco de boquillas al objetivo reduce en un 70% las pérdidas por deriva.

FIGURA 3. RESULTADO DE CITRUS VESPA.

Para un pulverizador con ventilador convencional, dos arcos, boquillas convencionales, velocidad del ventilador alta y volumen de aplicación >2000 L/ha.

Comparación entre la configuración de boquillas «ajustado al objetivo» (arriba) y la configuración de boquillas «no ajustado al objetivo» (bajo).



Citrus Topps

Para entender los factores que influyen en la deriva y las medidas para su mitigación

Citrus Topps enseña a conocer qué factores influyen en la deriva de la pulverización de los productos fitosanitarios y el efecto de las medidas de mitigación disponibles: boquillas de baja deriva, deflectores de aire, sistemas de detección de presencia de vegetación...

Un problema habitual radica en el desconocimiento por parte de los productores de los factores que influyen en la deriva de la pulverización de los productos fitosanitarios y en qué medida, así como el efecto de las medidas de mitigación que ya están a su disposición: boquillas de baja deriva, deflectores de aire, sistemas de detección de presencia de vegetación, etc. Por ello, el Centro de Agroingeniería del IVIA, en colaboración con DiSAFA y la asociación europea de fabricantes de fitosanitarios CropLife Europe (antes ECPA), han desarrollado la herramienta Citrus Topps (Drift Evaluation Tool for Citrus) (Garcerá y col., 2021c), también de **disposición gratuita en internet**.

Citrus Topps consta de tres apartados a los que normalmente se accede secuencialmente. En el primero se definen las condiciones relativas de la parcela objeto de tratamiento respecto a áreas sensibles. En el segundo se evalúa el efecto de las condiciones meteorológicas, las características estructurales de la plantación y la existencia de infraestructuras que favorezcan la reducción de la deriva. Y en el tercero se valora el efecto de las condiciones de la aplicación sobre el riesgo de deriva y su efecto sobre la mitigación del riesgo de deriva.

LAS VENTAJAS

1

Reducción de pérdidas al medio ambiente y de la exposición humana a fitosanitarios

En el marco del proyecto Perfect-LIFE, se diseñaron una serie de ensayos que permitieron comparar un tratamiento convencional, basado en las indicaciones del técnico de la parcela y las prácticas habituales de aplicación en la zona citrícola, y un tratamiento optimizado, en el que se empleó el volumen de aplicación recomendado por CitrusVol, se ajustó el equipo a la vegetación objetivo, y se utilizaron boquillas de baja deriva (**Figura 4**).

Los resultados demostraron que el tratamiento optimizado produjo una reducción promedio del 81% de la deriva en el aire (**Figura 5**) y del 94% de las pérdidas en el suelo (**Figura 6**).

FIGURA 4. TRATAMIENTOS COMPARADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO PERFECT-LIFE.

A la izquierda, aplicación convencional. A la derecha, aplicación optimizada con boquillas antideriva.



FIGURA 5. COMPARACIÓN DE LA DERIVA AÉREA ENTRE EL TRATAMIENTO CONVENCIONAL Y EL OPTIMIZADO.

— Aplicación convencional
— Aplicación optimizada

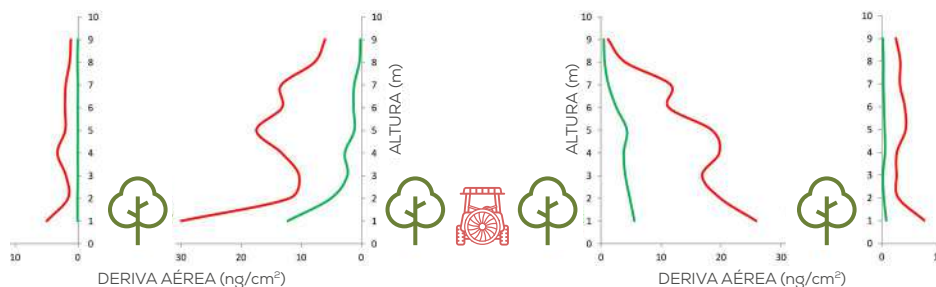
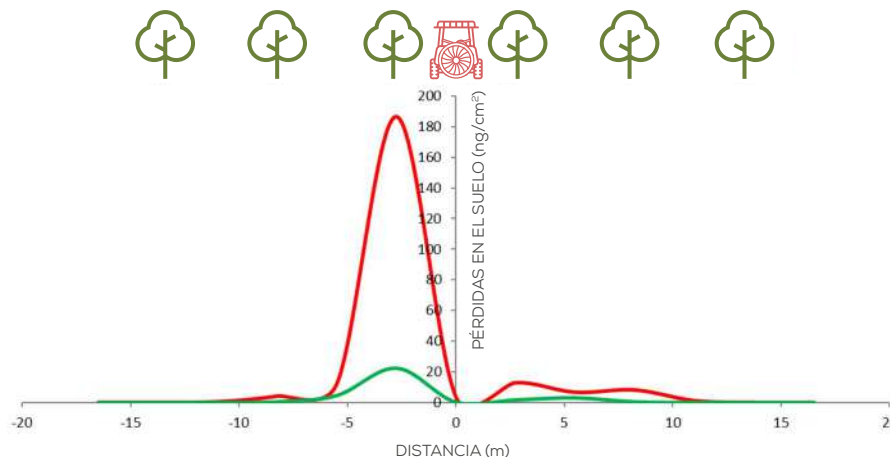


FIGURA 6. COMPARACIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN EL SUELO ENTRE EL TRATAMIENTO CONVENCIONAL Y EL OPTIMIZADO.

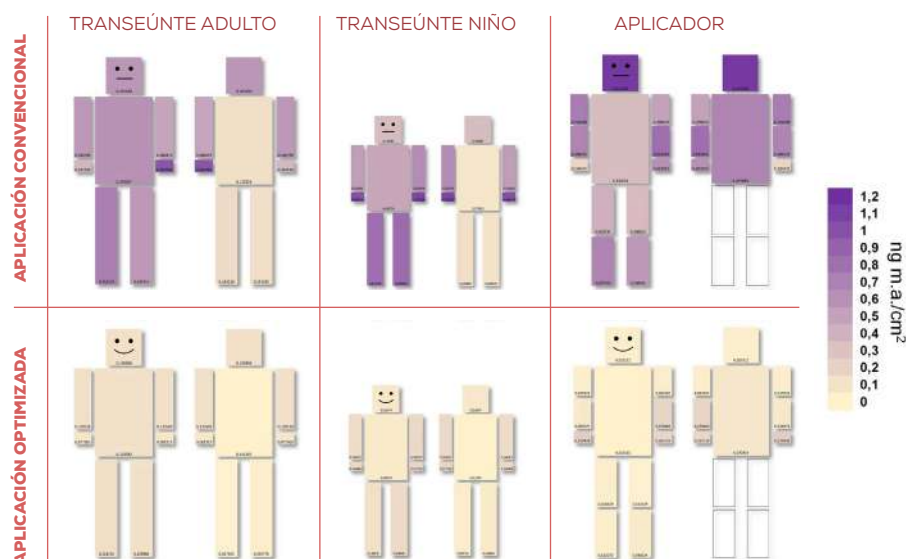
— Aplicación convencional
— Aplicación optimizada



Por otra parte, el tratamiento convencional obtuvo unos valores medios de exposición dérmica potencial de 0,537 ml de caldo/persona, mientras que la aplicación optimizada alcanzó unos valores medios de 0,097 ml de caldo/persona (**Figura 7**). Esto indica que la optimización del tratamiento redujo en un 82% la exposición dérmica potencial de transeúntes, en un 92% la del operador, lo que a su vez implica una reducción de la exposición por inhalación y la exposición dérmica indirecta por contacto con residuos de deriva, parámetros que también se utilizan en la evaluación de riesgos de los productos fitosanitarios, necesaria para su registro.

FIGURA 7. COMPARACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DÉRMICA POTENCIAL DE LAS DIFERENTES ZONAS DEL CUERPO DEL TRANSEÚNTE ADULTO Y DEL TRANSEÚNTE NIÑO.

A 8 metros de distancia de la zona de aplicación y del operador.



Ahorro de costes y reducción de emisiones

La reducción en promedio del 42% del volumen de caldo por el uso de la herramienta CitrusVol conlleva, al mantener la concentración de producto constante, una reducción del uso de fitosanitario en la misma proporción, por lo que se produce un ahorro directo en el gasto de fitosanitarios. Además, la reducción del volumen de caldo da lugar a menor número de recargas del tanque del pulverizador y, por tanto, menor número de viajes al punto de recarga. Esto implica un ahorro indirecto en el consumo de combustible, de entre 46 y 804 l/100 ha, y en el tiempo de trabajo del tractor y del operador, de entre 5 y 97 h/100 ha. Por otra parte, este ahorro de volumen de caldo implica a su vez una reducción de la huella hídrica de la producción de un 42% de media, y el menor trabajo de horas de tractor implica una reducción de las emisiones de CO₂, entre 119 y 2099 kg/100 ha, reduciendo así la huella de carbono de la producción cítrica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por el proyecto Perfect-LIFE (ref. LIFE17/ENV/ES/000205) a través del instrumento financiero LIFE de la Unión Europea. Los autores agradecen a Fontestad S. A. y Revacitrus S. L. que se les haya permitido realizar ensayos en sus parcelas comerciales de cítricos, y a Pulverizadores Fede S. L. y Máñez y Lozano S. L. el préstamo de los equipos de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

CUE 2020.

Fonte, A., Garcerá, C., Tena, A., Chueca, P. (2020). *Agronomy*, 10(1), 32.

Fonte, A., Garcerá, C., Tena, A., Chueca, P. 2021. *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). *Crop Protection*, 30: 693–697.

Garcerá, C., Moltó, E., Zarzo, M., Chueca, P. 2012. *Crop Protection*, 31: 78–84.

Garcerá, C., Moltó, E., Chueca, P. (2014). *Pest Management. Science*, 70: 28–38.

Garcerá, C., Fonte, A., Molto, E., Chueca, P. (2017a). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 715.

Garcerá, C., Molto, E., Chueca, P. (2017b). *Science of the Total Environment*, 599–600. 1344–1362.

Garcerá, C., Román, C., Moltó, E., Abad, R., Insa, J.A., Torrent, X., Planas, S., Chueca, P. (2017c). *Crop Protection*, 94, 83–96.

Garcerá, C., Balsari, P., Marucco, P., Grella, M., Izquierdo, H., Moltó, E., Carrillo, I., Chueca, P. (2020). *Levante Agrícola*, 454, 219–223.

Garcerá, C., Fonte, A., Carrillo, I., Moltó, A., Tena, A. Chueca, P. 2021a. *Levante Agrícola*, 455, 45–52.

Garcerá, C., Moltó, E., Fonte, A. Chueca, P. (2021b). *Levante Agrícola*, 455, 37–42.

Garcerá, C., Moltó, E., Orts, C., Roettele, M., Balsari, P., Marucco, P., Chueca, P. (2021c). *Levante Agrícola*, 459, 251–256.

Garcerá, C., Fonte, A., Tena, A., Chueca, P. (2022a). *Levante Agrícola*, 461, 73–80.

Garcerá, C., Moltó, E., Izquierdo, H., Balsari, P., Marucco, P., Grella, M., Gioelli, F., Chueca, P. (2022b). *Agronomy*, 12(6), 1462.

FIGURA 8. TRATAMIENTOS COMPARADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO PERFECT.



CONCLUSIONES



A través del proyecto Perfect-LIFE, se han desarrollado herramientas y se ha promovido el empleo de tecnología de fácil uso para optimizar la aplicación de los tratamientos fitosanitarios en cítricos y reducir las pérdidas al medio ambiente. Además, se han demostrado sus ventajas, tanto económicas como medioambientales. Se insta por tanto al sector agroalimentario a hacer uso de ellas para que entre todos consigamos una agricultura más sostenible.

>Autores del artículo:

Patricia Chueca¹, Alberto Fonte¹, Iván Carrillo¹, Héctor Izquierdo¹, Paolo Balsari², Paolo Marucco², Esther Fuentes³, Clara Coscollá³, Óscar García⁴, Héctor Calvete-Sogo⁵, Amalia Muñoz⁵, Cruz Garcerá¹

¹Centro de Agroingeniería. Institut Valencià d'Investigacions Agràries (IVIA).

²DiSAFA, Università degli Studi di Torino (Italia).

³Fundación para el Fomento de la Investigación Sanitaria y Biomédica de la Comunitat Valenciana (Fisabio).

⁴Cooperatives Agroalimentàries de la Comunitat Valenciana (CACV).

⁵Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM).

chueca_pat@gva.es