



Pulverización avanzada para aplicación de fitosanitarios al olivar

G.L. Blanco Roldán, A. Godoy Nieto.

Grupo Investigación AGR 126 "Mecanización y Tecnología Rural".
ETSI Agronómica y de Montes. Universidad de Córdoba.

En este artículo se analizan los resultados de las pruebas de campo realizadas a dos prototipos innovadores de atomizadores adaptados a las particularidades del cultivo desarrollados entre la UCO y los fabricantes Mañez y Lozano y Pulverizadores Fede en el marco del proyecto Innolivar.

El olivar tradicional e intensivo presenta unas características estructurales que dificultan una aplicación eficiente y homogénea de los productos fitosanitarios. Equipos de uso común, como los atomizadores (pulverizadores hidroneumáticos) convencionales, más desarrollados para frutales en seto, resultan menos adaptados a las copas globulares del olivo, provocando deriva y

mala cobertura. Esta problemática técnica, unida a un desconocimiento práctico, por parte de técnicos y agricultores, de cómo ajustar las dosis, quedó reflejada en el Proyecto de Compra Pública Precomercial (CPP) Innolivar (2017-2022), concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación, con el patrocinio de las Organizaciones Interprofesionales del Aceite de Oliva Español (IAOE) y de la Aceituna de Mesa (Interacei-

tuna), en el que fueron desarrollados, entre la UCO y los fabricantes Mañez y Lozano y Pulverizadores Fede, dos prototipos innovadores de atomizadores adaptados a las particularidades del cultivo. En este contexto, aspectos claves como el conocimiento del volumen de la copa de los árboles y la precisión en la dosificación y aplicación de los productos, se revelaron como prioritarios para diseñar los diferentes sistemas que conformaron ambas máquinas.

Características técnicas de los sistemas ensayados

Los prototipos ensayados responden a las exigencias técnicas establecidas en el correspondiente pliego de prescripciones de la CPP, destacando los sistemas de distribución variable (TDV), basados en sensores, en función del volumen de la

copa del olivo, y de inyección directa, para la preparación de la mezcla en tiempo real (cuadro I).

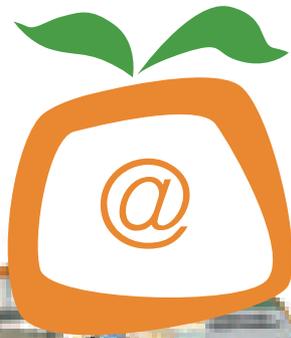
Prototipo A

El prototipo A (designado P-A), UCO-Mañez y Lozano (foto 1), presenta un diseño innovador del sistema de aplicación consistente en 8 cabezales de pulverización, 4 por lado, montados en brazos articulados laterales y formados por ventiladores axiales capaces de alcanzar 2.000 r/min, gracias al accionamiento mediante dispositivos de transmisión flexible, conectados a la tdf del tractor, a través de un multiplicador. Las boquillas, de cono hueco, se distribuyen en conducciones (arcos) concéntricas sobre cada ventilador (8 boquillas en total y 4 por arco), permitiendo optimizar la aplicación, ajustándose a las necesidades de cada árbol, gracias al sistema de distribución variable (TDV). Éste funciona a

CUADRO I

Principales características técnicas de los sistemas utilizados en los prototipos ensayados (CPP Innolivar).

Sistema	Características técnicas	
	Prototipo P-A	Prototipo P-B
Ventilador	8 unidades axiales (500 mm de diámetro) distribuidas verticalmente (4 por lateral).	1 unidad axial (1.000 mm diámetro) en la parte trasera sobreelevado.
Sensores	8 sensores ultrasónicos (marca Peper Fuchs, modelo UC4000-L2M-B16-V15-M-P001).	2 cámaras de visión 3D (marca Intel RealSense, modelo D435i).
Mezcla	Dosificador marca Dosatron, modelo 8 m ³ /h (líquidos). Regulación manual: 0.2-2% concentración.	Dosificador marca RTM, modelo 101 (líquidos y microgránulos). Regulación automática: Bravo 180 + VISIO.
Control	Sensores de caudal y presión, GPS, cámara trasera. Pantalla táctil y software de control.	Sensores de presión, caudal, pH, temperatura del agua e inclinación. Tablet y software de control.
Registro y trazabilidad	Datos en pantalla y exportación a multiplataforma.	Datos en tablet de control y visualización y exportación a Innolivar Cloud.
Dosificación variable	Sensores de ultrasonidos + software + electroválvulas (1 por arco de boquillas) + ventiladores orientables.	Cámaras 3D + software + electroválvulas (1 por boquilla) + salidas de aire orientables.
Adaptabilidad	4 secciones ajustables hidráulicamente (2 ventiladores por sección).	4 deflectores ajustables hidráulicamente (2 por cada lado).
Depósito	Capacidad de 3.000 l. Sistema de limpieza de conducciones.	Capacidad de 3.000 l. Sistema de limpieza de conducciones.
Refrigeración	Intercambiador de calor.	Circuito de automoción (compresor, intercambiador y evaporador).



infoAgro EXHIBITION

El epicentro de negocios del productor agrícola

V Feria Internacional de Agricultura Intensiva e Industria Auxiliar

 Palacio de Congresos de Aguadulce
Roquetas de Mar, Almería

21, 22 y 23
MAYO 2025





Foto 1. Vista general del prototipo P-A ensayado.

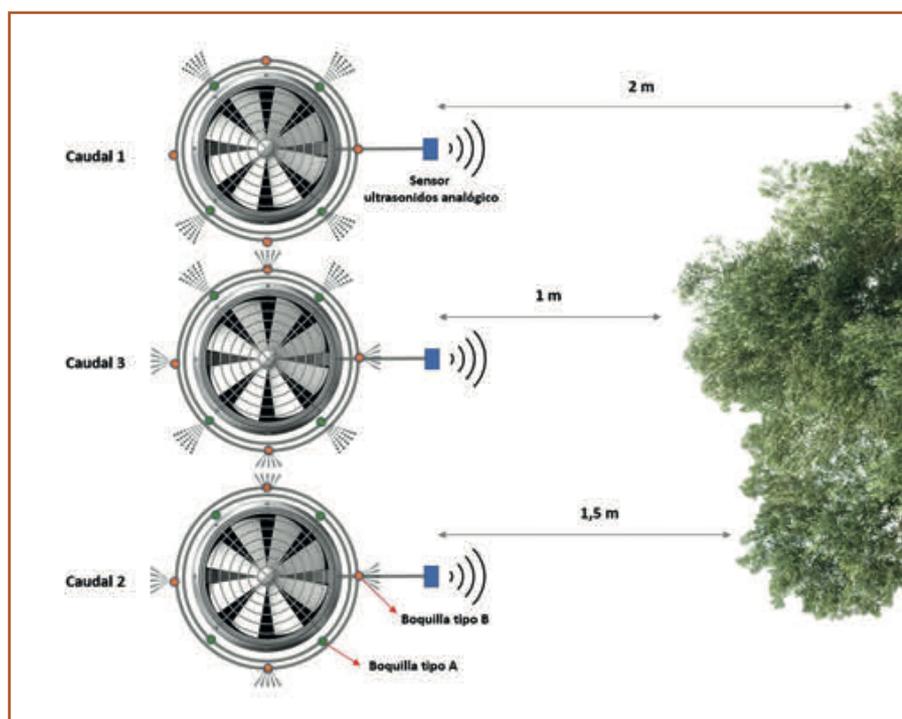


FIGURA 1. Esquema del funcionamiento del sistema de aplicación con TDV (Prototipo P-A).

partir de sensores de ultrasonidos analógicos, colocados junto a cada ventilador, que miden la distancia a la vegetación (figura 1), como indicador del volumen de copa, y transmiten esa información al ordenador de la máquina, determinándose la actuación de las electroválvulas correspondientes a la apertura de los diferentes arcos de boquillas, para así conseguir aplicar hasta tres volúmenes distintos de caldo fitosanitario: alto (dos arcos abiertos), medio (arco exterior abierto) y bajo (arco interior abierto). Los sensores también pueden permitir la adaptación automática de los cabezales de pulverización a los diferentes marcos de plantación mediante su aproximación a la vegetación objetivo.

El sistema de inyección directa cuenta con 2 depósitos (bombonas), sólo para productos fitosanitarios en forma líquida, y 2 dosificadores (marca Dosatron, modelo de 8 m³/h) que permiten extraer dichos productos (materia activa) e introducirlos directamente en la línea de pulverización realizándose la mezcla de manera instantánea.

El prototipo incorpora un ordenador con pantalla táctil que permite el control y la monitorización en tiempo real de las variables de operación, integrando GPS, sensores de caudal y presión, actuación de válvulas motorizadas, cámara trasera y un



software multiplataforma para la gestión de datos y obtención de mapas de aplicación e informes de trabajo con variables medidas (sensores) o calculadas (figuras 2 y 3).

Además, también dispone de un sistema de limpieza del equipo, que evita la contaminación tras los tratamientos, y un intercambiador de calor para evitar el

sobrecalentamiento del agua del depósito principal antes de su mezcla y aplicación (aumento de la vida útil de las gotas).

Prototipo B

El prototipo B (designado P-B), UCO-Fede (foto 2), incorpora un único ventilador de flujo axial, sobreelevado con respecto a los

FENDT

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

FIGURA 2. Sensores, válvulas y mando de control (Prototipo P-A).



FIGURA 3. Plataforma de gestión de datos y seguimiento del equipo (Prototipo P-A).



atomizadores convencionales, con deflectores diferenciados, en la parte inferior y superior, y longitud variable. Este diseño mejora la distribución del aire, especialmente en la zona media de la copa del árbol, permitiendo una penetración más eficaz del producto. A ambos lados del ventilador se distribuyen 26 boquillas de turbulencia (13 por lado), cada una controlada de forma independiente mediante electroválvulas, posibilitando una pulverización precisa y sectorizada. La distribución variable (TDV) se basa en 2 cámaras de visión 3D, una para cada lado, que capturan en tiempo real el contorno del árbol, ajustando, automáticamente, la pulverización (actuación de las boquillas) a las características particulares de cada olivo (figura 4).

La adaptación a distintos marcos de plantación se consigue mediante regulación de los deflectores, en altura y anchura, actuando sobre los correspondientes cilindros hidráulicos desde la cabina del tractor. Esta característica, junto con la proximidad de las boquillas a la vegetación y la orientación precisa del aire, reduce el riesgo de deriva y aumenta la eficiencia del tratamiento.

Para la preparación del caldo fitosanitario, el equipo incluye un sistema de inyección directa (marca RTM, modelo 101),



Excepcional por Naturaleza. Nuevo Fendt 600 Vario.

Un todoterreno de primera clase que marca nuevos hitos en el campo. Su estrecho radio de giro, su reducido peso combinado con una elevada capacidad de carga y su potencia hidráulica, hacen que el Fendt 600 Vario sea excepcional por Naturaleza en el segmento de potencia de entre 149 y 224 CV.

Más información fendt.com/600-vario



Los mejores llevan Fendt.



Foto 2. Vista general del prototipo P-B ensayado.



FIGURA 4. Cámara de visión 3D y ejemplo del modo de actuación (Prototipo P-B).



capaz de dosificar productos líquidos y sólidos (microgránulos). Este sistema modular dispone de tres mezcladores, que pueden trabajar con concentraciones diferentes, y una pantalla con controlador que permiten al operario regular los parámetros de dosificación y recuperar el producto no utilizado evitando residuos. Adicionalmente, se incorpora un innovador sistema de regulación del pH, que incluye un sensor y dos bombas dosificadoras (peristálticas), para ajustar el pH del agua del depósito principal, optimizando las propiedades del agua para favorecer la mezcla y, por tanto, la eficacia de los productos fitosanitarios.

En cuanto a la estabilidad, el prototipo incorpora un eje extensible hidráulicamen-

te y un sensor de inclinación que alerta ante riesgos de vuelco.

Al igual que en el caso anterior, una tablet permite el control y la monitorización en tiempo real de las variables de operación, integrando GPS, sensores de caudal, presión, velocidad, temperatura del agua e inclinación, actuación de válvulas motorizadas y un software multiplataforma, Innovar Cloud, para la gestión de datos, que muestra los tratamientos sobre un mapa codificado por colores (figura 5 y 6).

Por último, el sistema de refrigeración, adaptado con componentes de automoción, permite disminuir la temperatura del depósito principal en torno a 2°C, lo que puede reducir la evaporación

del caldo, aumentando la vida útil de las gotas, y la deriva en condiciones de alta temperatura.

Resultados de los ensayos de campo

Los ensayos realizados con ambos prototipos (P-A y P-B) en condiciones reales de trabajo en campo han mostrado algunos aspectos diferentes en el funcionamiento de cada sistema. El estudio se desarrolló en una parcela comercial de olivar tradicional en Lucena (Córdoba), con árboles de variedad Picual dispuestos a 12 m en tresbolillo.

CLAAS

¿Rendimiento, precio y diseño impactantes?

Reto aceptado.
Con la versión NIGHT EDITION.

Asegúrese ventajas exclusivas:

- ✓ 5.000 € de descuento frente al precio de tarifa
- ✓ Apple CarPlay
- ✓ Reposabrazos multifuncional CEBIS
- ✓ Caja de cambios continua CMATIC
- ✓ Pintura especial en gris oscuro
- ✓ Equipamiento interior exclusivo



Solicitarlo ahora:
ARION 500/600
AXION 800/900
night.claas.com

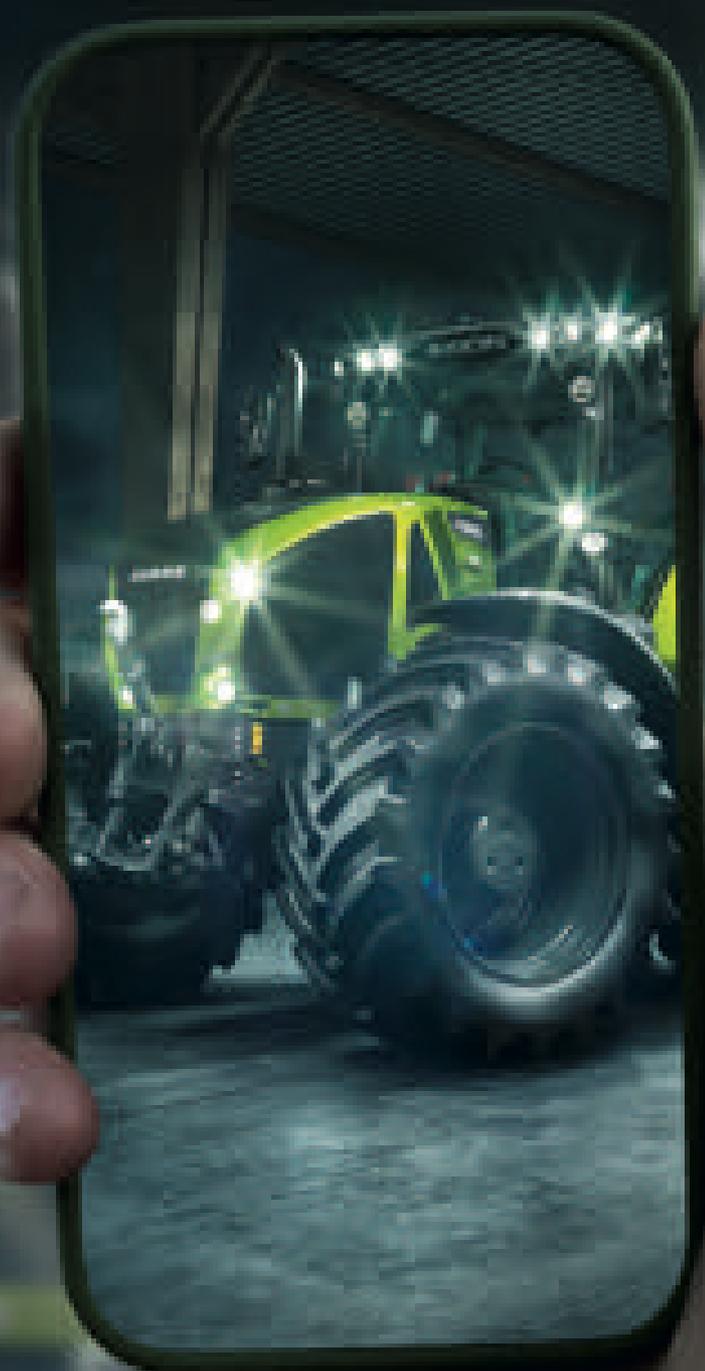


FIGURA 5. Sensores y válvulas (Prototipo P-B).

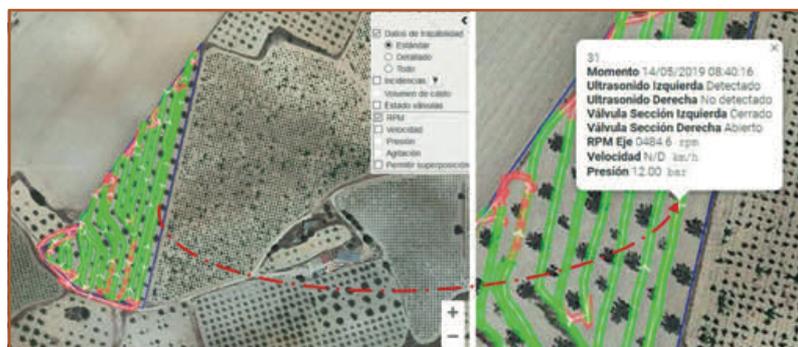


Reducción del volumen de caldo

En cuanto a la reducción de volumen de caldo, se obtuvieron valores entre el 25% y el 35%, respecto a un tratamiento convencional. Aunque el sistema de aplicación del P-A, basado en ventiladores independientes, suele adaptarse mejor a las copas irregulares de los olivos tradicionales, durante los ensayos se observaron ciertos fallos en la interpretación de datos

por parte de los sensores, lo que se tradujo en una reducción más acusada del volumen de caldo fitosanitario aplicado, aunque en detrimento del control biológico alcanzado, como se verá posteriormente. En cambio, el sistema P-B, pese a obtener una reducción de caldo más moderada, mostró un adecuado funcionamiento de su sistema de control mediante cámaras y *software*, lo que permitió alcanzar un control biológico satisfactorio, sin diferencias significativas respecto al tratamiento convencional.

FIGURA 6. Plataforma de gestión de datos y seguimiento del equipo (Prototipo P-B).



Cobertura foliar

En relación con la cobertura foliar, medida mediante testigos de papel hidrosensible (foto 3), colocados en el haz y envés de las hojas, y tomando un 30% como valor óptimo (Chen *et al.*, 2013, citado por Campos, 2020), se pudo observar que la cobertura media producida por los prototipos se sitúa entre el 42% y el 48%, siendo superior a la de los atomizadores convencionales. Esta mayor cobertura se logra, incluso, con la reducción de volumen de caldo comentada gracias a los novedosos sistemas de dosificación que ambos equipos incorporan.

Evaluar la eficacia biológica

Por otro lado, también se procedió a evaluar la eficacia biológica de los tratamientos efectuados con ambos sistemas, para demostrar que la mejora de las aplicaciones (reducción de caldo y aumento de la cobertura) se traduce, realmente, en mejora del control de las plagas o enfermedades. En este caso, para el ensayo se seleccionó una plaga característica del olivar, la polilla del olivo (*Prays oleae*) en su segunda generación (antófaga), realizándose un ensayo comparativo entre tres atomizadores: los dos prototipos (P-A y P-B) y, como testigo, un atomizador convencional (E-C) (foto 4). Para ello, se efectuaron dos muestreos: uno previo a la aplicación, de evaluación de la presencia de larvas vivas, y otro posterior, de medida del grado de daño en las inflorescencias. Todos los tratamientos usaron el mismo insecticida (deltametrina



Foto 3. Medición de la cobertura foliar con testigos de papel hidrosensible: colocación de los papeles sobre la copa del árbol (izquierda) y ejemplo de la cobertura provocada por un tratamiento (derecha).



Foto 4. Atomizador convencional utilizado en los ensayos de eficacia biológica.

al 2,5%) y respetaron las buenas prácticas experimentales (protocolos EPPO). Los volúmenes de caldo aplicados fueron mucho menores en los prototipos (590 l/ha en P-A y 840 l/ha en P-B), gracias a sus sistemas de dosificación variable, frente a los 1.300 l/ha del equipo convencional (E-C) aplicados mediante prescripción técnica.

Los resultados mostraron una reducción significativa del daño por *Prays oleae*. El porcentaje de inflorescencias afectadas por la plaga después del tratamiento se situó entre el 14,5% (P-A) y el 6,5% (P-B) en los prototipos y el 5,5% en el convencional (E-C), frente al 40,25% de la parcela control (sin tratamiento) (figura 7). Esto demuestra que todos los equipos fueron eficaces, pero especialmente los prototipos, que lograron una protección prácticamente igual al sistema convencional, usando menores volúmenes de caldo y una aplicación más precisa.

Transferencia de resultados de la innovación

El Proyecto Innolivar, en su momento, y, actualmente, el Proyecto European Digital Innovation Hub (EDIH) Andalucía Agrotech, desarrollado en la actualidad por la UCO, constituyen dos iniciativas clave para el avance de la innovación, la digitalización

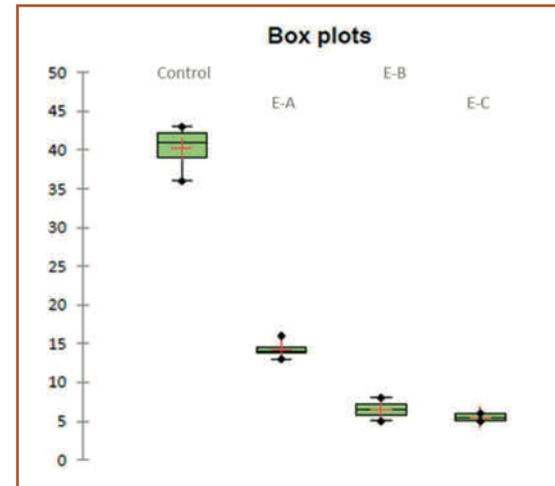


Foto 5 Jornada formativa dirigida a técnicos y agricultores en el marco del proyecto Andalucía Agrotech EDIH.

ya la transferencia de resultados en el ámbito de la maquinaria y equipos para la aplicación de productos fitosanitarios a la copa de los olivos. En concreto, el EDIH Andalucía Agrotech está actuando como catalizador para la formación de agricultores y técnicos (foto 5), facilitando su adaptación a herramientas digitales, como los sistemas de dosificación variable, la sensorización del cultivo o el manejo de plataformas de datos agronómicos, además de realizar otros servicios, como asesoramiento a Pymes y pruebas de concepto.

La unión de ambas iniciativas está permitiendo cerrar el ciclo de innovación: desde el diseño y validación de tecnologías avanzadas hasta su adopción efectiva en

FIGURA 7. Resultados del ensayo de eficacia biológica: porcentaje de inflorescencias afectadas después de cada tratamiento (control, prototipos P-A y P-B, atomizador convencional E-C).



el campo. Así, se está logrando que soluciones de alta precisión no solo estén disponibles, sino que sean comprensibles y utilizables por los profesionales del sector, fomentando una agricultura más eficiente, sostenible y preparada para afrontar los desafíos climáticos, económicos y sociales del futuro.

Conclusiones

La combinación, en los prototipos analizados, de sistemas de pulverización (ventiladores-boquillas), adaptados a la geometría característica de las copas de los distintos tipos árboles presentes en el olivar, y de sistemas automatizados (sensores-actuadores), ha permitido la aplicación localizada y modulada de fitosanitarios, consiguiendo una mejora significativa en la protección vegetal. El resto de componentes de los prototipos (inyección directa, control de pH y temperatura, monitorización de parámetros en tiempo real) complementan las operaciones en campo consiguiendo avances para la gestión (trazabilidad), la sostenibilidad económica (rentabilidad) y medioambiental (reducción del riesgo de contaminación de suelos y aguas) y la seguridad (laboral y alimentaria) de las mismas. ■