



Tratamiento con dron sobre la cima de los olivos, siguiendo el plano del eje longitudinal de la fila (Santiago Planas).

Evaluación de la eficacia del dron en tratamiento insecticida-cebo para el control de mosca del olivo (*Bactrocera oleae*)

Santiago Planas de Martí¹,
David Caimel Monfulleda² y
Luis Asín Jones²

¹Protección de Cultivos. AGROTECNIO-CERCA. UdL. Lleida.

²Programa de Fruticultura. IRTA FRUITCENTRE. Lleida.

Se reporta a continuación el ensayo ejecutado por IRTA para evaluar la eficacia contra la mosca del olivo, tratando con el insecticida SPINTOR-CEBO, mediante un dron. Los resultados son favorables en el sentido de que el tratamiento con dron se adecua perfectamente a los condicionantes operativos de la aplicación y, a su vez, resulta tanto o más eficaz que el tratamiento realizado con medios terrestres. El ensayo forma parte de los trabajos del Grupo Operativo PHYTODRON, donde también se han evaluado los riesgos ambientales (deriva sedimentada, pérdidas en el suelo), riesgos personales (exposición del operador, residentes y transeúntes), calidad de la aplicación (deposición en planta) y residuos en cosecha. Los resultados alcanzados, junto a la adecuación de la normativa sobre tratamientos aéreos, prevista en el nuevo Reglamento de Uso Sostenible de los Fitosanitarios (RUS), vislumbran un empleo creciente de los drones en la realización de tratamientos en diferentes escenarios, incluidos los tratamientos de precisión.

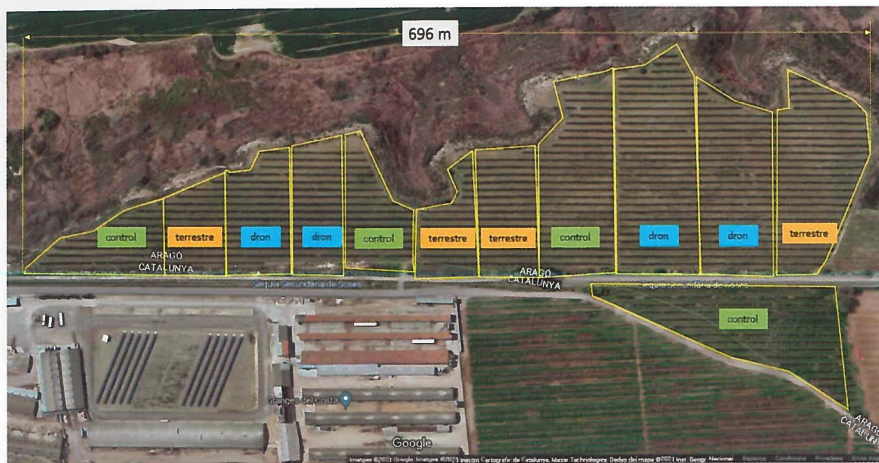


Figura 1. Parcela en la que se ha llevado a cabo el ensayo y asignación de subparcelas para los distintos tratamientos.

La mosca del olivo es una plaga endémica del área mediterránea, próximo oriente y norte de África. En nuestras latitudes, dependiendo de la climatología, desarrolla hasta cuatro generaciones. Las hembras adultas realizan la puesta sobre los frutos y las larvas desarrollan galerías en su interior, lo que se traduce en importantes pérdidas cualitativas y cuantitativas de cosecha.

En años con elevadas temperaturas estivales, el ataque es inexistente o de muy baja intensidad. Este ha sido el caso de la campaña 2022, en la que se han sucedido períodos de temperaturas muy por encima de lo habitual, haciendo innecesarios los tratamientos. No obstante, en zonas del norte peninsular ha sido necesario tratar para mantener la plaga por debajo del umbral admisible de daños.

Para el control de *B. oleae* mediante medios químicos, en la guía para la GIP del olivar se recomienda el empleo preferente de formulados insecticidas cebo frente a otros insecticidas autorizados (MAPA, 2014). El tratamiento debe realizarse con carácter zonal (por ejemplo, filas alternas), pulverizando el estrato superior de las copas.

Los tratamientos se practican habitualmente mediante pulverizadores terrestres accionados por tractor o vehículos tipo *quad*, dirigiendo la pulverización hacia la cima de los árboles. También, en grandes extensiones de olivar, se efectúan tratamientos con aeronaves pilotadas (avión o helicóptero). No obstante, con la implementación de la técnica de captura masiva con feromonas, de un tiempo a esta parte, dichas prácticas se están limitando.

En este contexto, los drones para tratamientos fitosanitarios (*Unmanned Aerial Spraying Systems, UASS*) aportan soluciones potencialmente ventajosas. Un primer escenario es el reportado en este artículo, el tratamiento con insecticidas cebo. Otros usos interesantes de los drones derivan de su aptitud para tratar zonas de difícil acceso, así como espacios restringidos a las aplicaciones aéreas convencionales (*buffer zones*). También en la liberación de feromonas para confusión sexual de lepidópteros y particularmente en operaciones calificadas de precisión (focales, zonales, selectivas) en base a mapas de riesgo y prescripción.

Estos usos potenciales vienen acompañados por la adecuación normativa europea prevista en la propuesta de Reglamento relativo al Uso Sostenible de los Productos Fitosanitarios (CE, 2022¹), donde los tratamientos con dron aparecen por primera vez claramente tipificados (artículos 20 y 21).

Metodología

En este ensayo se ha evaluado la eficacia del tratamiento con dron sobre una superficie de 7,69 ha de olivar hiperintensivo (cv. Arbequina), formado en seto (distancia entre pies: 1,65 m; anchura de calles: 6,0 m). Las parcelas pertenecen a la finca Mas Blanch, a caballo de los municipios de Fraga (Huesca) y Soses (Lleida) e incluye los recintos SIGPAC 22:155:0:0:19:39:1; 22:155:0:0:17:29:1 y 25:262:0:0:6:5:15. Las coordenadas geográficas en el centro de la parcela son 41.576679, 0.429457.

La altura máxima de los olivos es de

2,8-3,0 m y la distancia desde el suelo a la primera hoja de 0,4-0,5 m, por lo que la altura de la copa alcanza 2,3-2,6 m. La anchura media de la copa es de 1,2-1,4 m y su anchura máxima, 1,4-1,6 m. A partir de estos valores, se obtiene un volumen unitario de copa (TRV) de 4.800-6.500 m³/ha. La densidad foliar es elevada, estimándose una porosidad máxima del 25%. En tratamientos generales, para esta plantación, el sistema DOSA3D² recomendaría un volumen óptimo de caldo de 620-760 L/ha.

Para su evaluación, el dron se ha comparado con un equipo terrestre (referencia). Con esta finalidad, la superficie de ensayo se ha subdividido en doce subparcelas de dimensión comprendida entre 0,46 ha y 0,93 ha. Las subparcelas para los tratamientos terrestre y aéreo y el control no tratado han sido asignadas al azar, realizándose cuatro repeticiones en cada caso (Figura 1).

Equipos de tratamiento

Las aplicaciones terrestres se han ejecutado con un pulverizador embarcado sobre un Quad YAMAHA 400 KODIAK (Yamaha Motor Co. Ltd., Shizuoka-ken, JP), dotado de manguera y pistola que el operador direcciona hacia la cima de los árboles (Figura 2). Su movilidad le confiere una elevada capacidad de campo (del orden de 4 a 8 ha/h), muy superior a la de los equipos accionados por tractor, por lo que este tipo de vehículo es habitual en tratamientos cebo, pulverizando volúmenes de caldo próximos a 10 L/ha a velocidades superiores a 10 km/h. El tratamiento se efectúa pulverizando una sola cara de los árboles sobre filas alternas.

En el tratamiento aéreo se ha utilizado un dron AGRAS T-10 (DJI Sciences and Technologies Ltd.; Shenzhen, CN). Este modelo es bastante frecuente entre los drones destinados actualmente a la realización de tratamientos en España.

Se trata de una plataforma dotada de cuatro rotores, baterías, depósito de 8 litros de capacidad, caudalímetro y cuatro boquillas. Dispone de radar omnidireccional para la detección de

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TX/T/?uri=CELEX:52022PC0305>

² www.dosa3d.es

obstáculos y de guiado RTK, habilitándole para la navegación automática de acuerdo con un plan de vuelo y un mapa de tratamientos preestablecidos (Figura 3). Pueden consultarse más especificaciones en la información proporcionada por el fabricante³.

Tal como se ha indicado, los tratamientos insecticidas con cebo atractivo son de carácter localizado, a diferencia de los tratamientos generales contra otras plagas y enfermedades en los que la pulverización se dirige al conjunto de la masa vegetativa. Con el dron, también se han tratado filas alternas, dirigiendo verticalmente la pulverización a la cima de los olivos. Para focalizar sobre el objetivo y limitar las pérdidas, el dron ha operado solamente con una boquilla de las cuatro disponibles, manteniéndose inactivas las restantes. Durante la aplicación, la boquilla activa se ha posicionado en el plano vertical del eje de las filas tratadas. La altura de vuelo sobre el objetivo se ha mantenido entre 1,5 y 2,0 m.

Formulado aplicado

El producto utilizado ha sido SPIN-TOR-CEBO (Spinosad 0,024% [CB] PV) (Corteva Agriscience; Indianapolis, US), autorizado tanto para aplicaciones terrestres como aéreas, con un máximo de cuatro tratamientos por campaña a intervalos de 15 días.

El formulado ha mostrado buena capacidad de miscibilidad. A pesar de las elevadas concentraciones, no se han observado precipitaciones en el depósito del equipo terrestre ni en el del dron.

Tratamientos, decisión y ejecución

Mediante doce trampas McPhail, ubicadas en el centro de cada subparcela elemental, se ha monitoreado el vuelo de adultos, desde finales del mes de septiembre hasta el 2 de noviembre, fecha anterior a la de recolección (Figura 4). La recolección se ha practicado en una sola jornada, operando en continuo, mediante una cosechadora cabalgante autopropulsada de arquitectura adaptada al olivar hiperintensivo.

Los tratamientos se han llevado a cabo en el mes de octubre de 2022, encontrándose los frutos en estado avanzado (BBCH 75-79). El primer tra-



Figura 2. Tratamiento terrestre, pulverización direccionada a la cima de los árboles (Santiago Planas).



Figura 3. Dron AGRAS T10, utilizado en el ensayo (DJI Sciences and Technologies Ltd.).

tamiento se practicó los días 6 y 7 de octubre mediante el dron y el equipo terrestre, respectivamente, al superar la media de cuatro individuos capturados por trampa (Figura 5). Siguiendo las instrucciones de la ficha técnica del producto aplicado (tratar de nuevo a los 15 días), el 24 de octubre se realizó un segundo tratamiento, tanto terrestre como aéreo.

Previamente al tratamiento, se ha procedido a la medición del caudal de la boquilla operativa y de la velocidad de avance del pulverizador (terrestre y dron) sobre la parcela de ensayo y al finalizar la aplicación se ha medido, por doble enrasado, el volumen de caldo consumido en cada subparcela. Las condiciones y parámetros de los distintos tratamientos se muestran en la Tabla 1.

Resultados de eficacia

Se ha procedido a tomar muestras de frutos, de forma aleatoria, en la zona central de cada una de las subparce-



Figura 4. Trampa de monitoreo para la decisión del primer tratamiento (Santiago Planas).

las de ensayo. Las fechas de muestreo han sido el 5 de octubre, fecha anterior a la del primer tratamiento; el 21 de octubre, tres días antes del segundo tratamiento, y el 2 de noviembre, día anterior a la recolección. Las muestras

³ <https://www.dji.com/es/t10>

transferencia tecnológica

| fitosanitarios |

Tabla 1. Condiciones de entorno y parámetros operativos de los tratamientos.

Equipo	Terrestre	Dron	Terrestre	Dron
Fecha	6 octubre	7 octubre	24 octubre	24 octubre
Hora de la aplicación	10:15 - 12:43	08:40 - 11:39	09:05 - 09:27	10:05 - 11:08
Temperatura (°C)	22,0 - 26,8	19,4 - 22,6	19,7 - 20,1	20,5 - 24,7
Humedad relativa (%)	59,4 - 46,0	58,6 - 57,5	74,0 - 68,0	67,3 - 61,9
Viento (m/s)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Boquilla	Cerámica 1,7 mm	Lurmark 30HCX8	Cerámica 1,7 mm	Lurmark 30HCX8
Número de boquillas operativas	1	1	1	1
Caudal medido boquilla (L/min)	2,40	0,48	2,40	0,48
Velocidad del tratamiento (km/h)	12,9	6,0	12,9	6,0
Volumen calculado (L/ha)	9,30	4,0	9,30	4,0
Superficie tratada (ha) (4 bloques)	2,43	2,26	2,43	2,26
Caldo aplicado (L)	26,5	8,4	26,0	8,4
Volumen real aplicado (L/ha)	10,9	3,7	10,7	4,1
Producto aplicado	SPINTOR-CEBO			
Concentración en depósito	10%	30%	10%	30%
Dosis prescrita (L/ha)	1,00			
Dosis efectiva aplicada (L/ha)	1,09	1,11	1,07	1,23

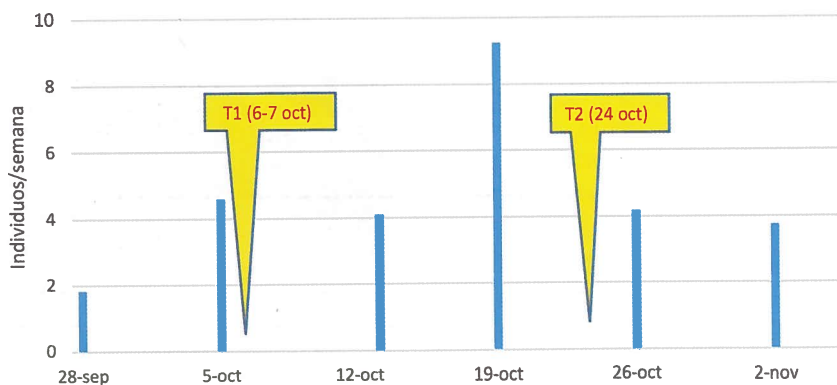


Figura 5. Capturas de adultos en las trampas con cebo (McPhail).

contenían una media de 528 frutos con una masa media de 1.118 g por muestra. En total se dispuso de 36 muestras (12 por cada fecha) y se inspeccionaron 18.993 frutos para contabilizar la proporción de frutos mostrando la presencia o daños de *B. oleeae* (Figura 6).

Finalmente, y considerando los valores de incidencia total, antes de iniciar los tratamientos (5 de octubre) y después de los mismos (2 de noviembre), mediante la fórmula establecida

por Henderson-Tilton (1955), se han obtenido unas eficacias del 2% y del 50%, para el tratamiento terrestre y para el dron, respectivamente.

Residuos

Se ha procedido también a la toma de muestras en la fecha anterior a la recolección (9 días después del último tratamiento) para determinar residuos en frutos de la sustancia activa, spinosyn (A + D), del formulado con el

que se ha tratado. La determinación del residuo ha sido llevada a cabo por un laboratorio acreditado por ENAC. El resultado ha puesto de manifiesto que el residuo en frutos de la aplicación con dron es inferior al límite de detección (0,01 mg/kg). El límite máximo establecido por el Reglamento (EU) 2015/603, actualmente en vigor, es de 0,02 mg/kg (UE).

Conclusiones

Los gráficos 6a y 6b evidencian una mayor eficacia del dron frente al tratamiento terrestre en las fases de huevo y larva de la plaga. Por otra parte, analizando el total de frutos afectados, se observa que, siendo la incidencia inicial similar en las tres tesis, después de los tratamientos, en la zona tratada con dron no aumentan los daños, mientras que para el tratamiento terrestre y el control la proporción de frutos afectados se ve incrementada, siendo significativamente superior a la del dron.

Este resultado, junto a la ausencia de residuos detectables en frutos, permite valorar de forma muy positiva la aplicación con dron frente al tratamiento con medios terrestres en el control de *B. oleeae* mediante pulverización con SPINTOR-CEBO.

Se trata, sin duda, de un resultado muy relevante. Pero, más allá de ello, debemos considerar también otros elementos en favor del dron. Si bien la capacidad de campo teórica del equipo terrestre es netamente superior a la del dron, la capacidad real es equiparable entre ambos equipos, habida cuenta de los mayores tiempos no efectivos (desplazamientos, carga, limpieza) requeridos por los equipos terrestres, particularmente los accionados por tractor. Por otra parte, la velocidad operativa del dron en el ensayo (6,0 km/h) podría haber sido sustancialmente mayor, lo que se hubiera traducido en una mayor capacidad efectiva. Este supuesto deberá ser corroborado en evaluaciones posteriores. Podemos afirmar pues que el dron es recomendable en tratamientos de parcheo o zonales como el que se ha descrito. A esta condición, cabe añadir la capacidad del dron para operar de forma inteligente, a partir de mapas de prescripción incorporados al sistema de guiado del vuelo y la pulverización, de forma totalmente autónoma y precisa.

Futuros desarrollos

Esta experiencia, junto a los resultados de otros ensayos del GO PHYTODRON en viñedo, mandarinos y arroz, nos permiten afirmar que estamos frente a una tecnología madura, de pronta implementación y técnicamente argumentable en las futuras regulaciones.

No obstante, y como bien se apunta en el nuevo RUS, deberán ampliarse los datos empíricos para mejorar la seguridad y la eficacia de los tratamientos. Tal como acontece en los países de nuestro entorno, dichos datos deberán proceder de ensayos, oficialmente reconocidos, conformes a las normas ISO de medición de la deriva (sedimentada y aérea), pérdidas en el suelo, calidad y eficiencia del tratamiento (deposiciones sobre el objetivo).

Queda también pendiente el desarrollo de una metodología para la calibración de los drones en distintos escenarios (boquillas, orientación, tamaño de gota, anchura efectiva), así como la definición de medidas de precaución específicas. Dichas indicaciones deberán figurar en las etiquetas de los productos fitosanitarios autorizados para ser aplicados con dron.

Nota final

En el GO PHYTODRON⁴ participa el sector empresarial fitosanitario y varias instituciones de I+D. El proyecto ha sido financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (PNDR 2014-2020) y la Unión Europea (FEADER).

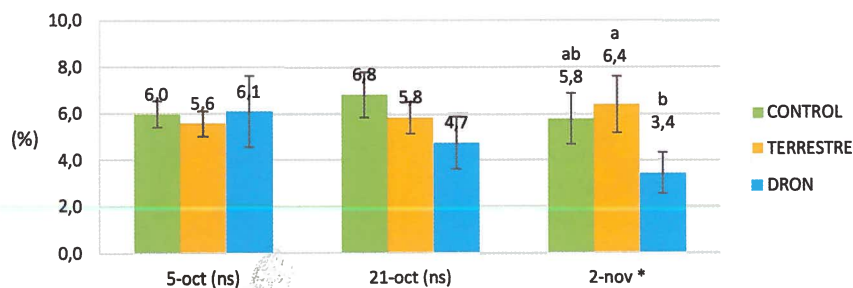
Agradecimientos

Finca Mas Blanch - ICOFRE SAN BAUDILIO, SL - GRUPO ICYESA

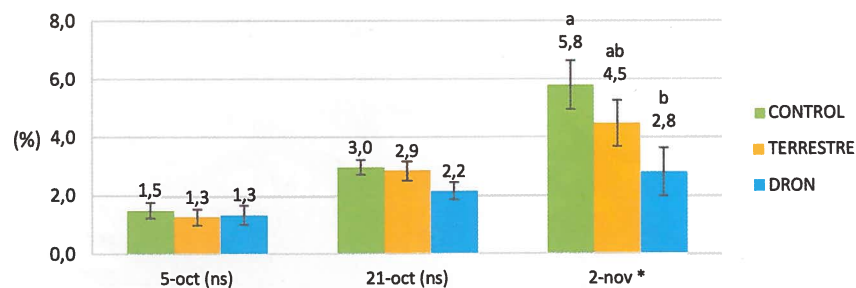
Ebredrone S.L., Amposta (tratamientos con dron).

⁴ www.gophytodron.es

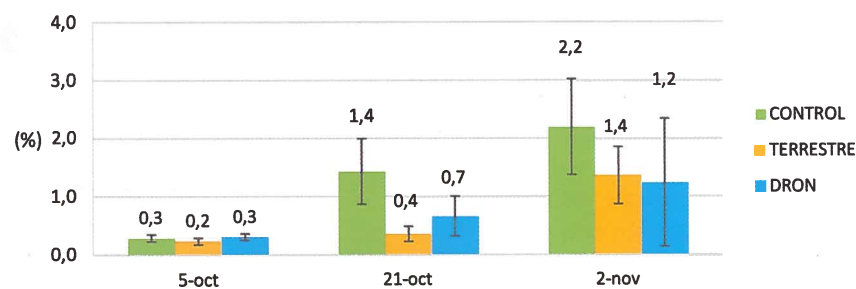
Presencia de huevos (a)



Presencia de larvas (b)



Frutos con orificios de salida (c)



Frutos dañados (d)

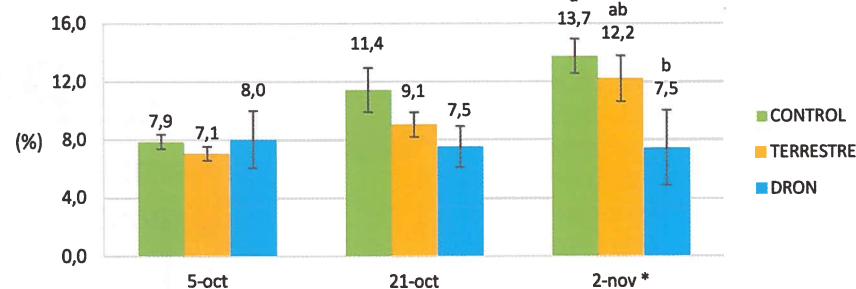


Figura 6. Proporción de frutos mostrando afectación por *B. oleae*. De arriba abajo: porcentaje de frutos en cada muestra con presencia de huevos (a), larvas (b), orificios de salida (c), incidencia total de daños (d). Para idéntica fecha de muestreo, valores con distinta letra indican diferencias significativas según test de rango estandarizado de Tukey ($p = 0,05$).

Bibliografía

Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. Guía para la gestión integrada de plagas del olivar (2014) [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/GUIAOLIVAR%20\(2\)_tcm30-57939.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/GUIAOLIVAR%20(2)_tcm30-57939.pdf).

Comisión Europea (2022). Propuesta de Reglamento relativo al Uso Sostenible de los Productos Fitosanitarios (RUS) (accesible en la red).

EPPO (2012). PP1/280(1) – Efficacy evaluation of insecticides. *Bactrocera oleae* – bait application. Disponible en <https://pp1.eppo.int/standards/PP1-280-1>.

Henderson, C.F. and E. W. Tilton, 1955. Tests with acaricides against the brow wheat mite, *J. Econ. Entomol.* 48:157-161.

UE https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/maximum-residue-levels_en (consulta 16 feb 2023).