

Dosis ajustada en los tratamien- tos del viñedo

Pulverizadores de alta eficiencia y ahorro de producto fitosanitario

En el Reglamento 1107/2009/CE se establece que “los productos deben ser aplicados a la dosis mínima necesaria para asegurar un nivel de eficacia aceptable”. También la norma EPPO PP1/225 sentencia que “para reducir la exposición ambiental y personal al producto fitosanitario, únicamente debe aplicarse la dosis mínima que permita alcanzar el efecto deseado sobre la plaga objetivo”.

Convendríamos pues que, en condiciones ideales y siguiendo las buenas prácticas sanitarias, la dosis aplicada debe coincidir con la dosis mínima efectiva a la que se refieren las citas anteriores. No obstante, transportar a la práctica esta premisa entraña serias dificultades a las que normalmente hacen frente los responsables de los tratamientos químicos de los cultivos.

En tratamientos insecticidas y fungicidas de cultivos 3D, la primera dificultad surge al interpretar la dosis informada en las etiquetas de los productos fitosanitarios y en el registro del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp.

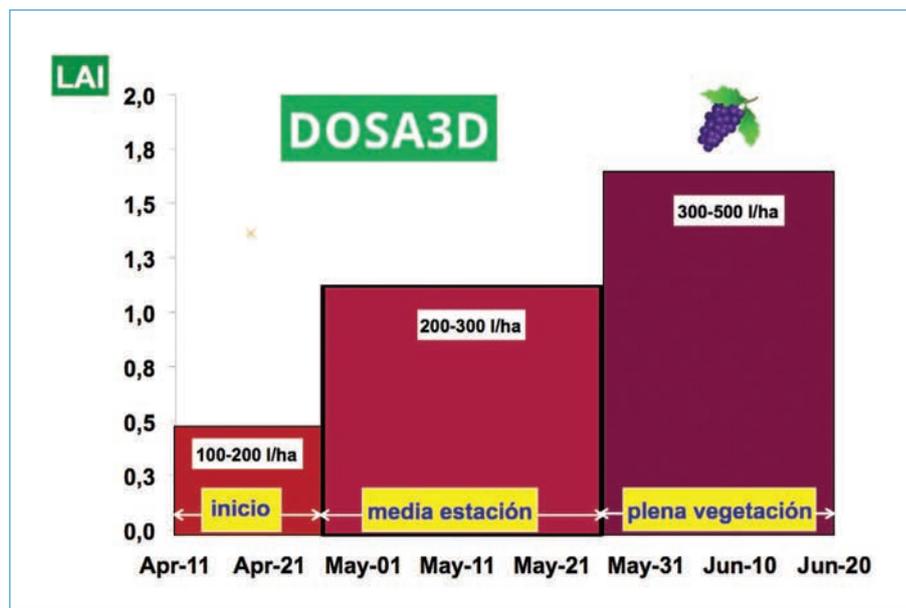
En los primeros once meses del año 2019 se han autorizado o renovado un total de once nuevos preparados, fungicidas o insecticidas, para su uso en viñedo (fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019). Se trata de fungicidas para el control de mildiu

Santiago Planas de Martí y Carla Román Rochina.

Grupo de Investigación en Agrícola y Agricultura de Precisión. Universidad de Lleida - Fundación Agrotecnio.

En este artículo se analizan las posibilidades actuales para ajustar la dosis de los tratamientos a la cantidad mínima necesaria, en el supuesto de que se respeten los principios de las buenas prácticas sanitarias. También se avanzan los resultados de las evaluaciones de dos nuevos equipos de tratamientos realizadas respectivamente en Raïmat (Lleida), en la finca Codorníu-Raventós y en la finca Daramezas (Toledo) de Bodega Las Copas (González Byass).

FIG. 1 Variación del volumen optimizado de caldo a lo largo de la campaña vitícola. Los valores y fechas son indicativos y corresponden a viñedos en espaldera de desarrollo medio.



CULTIVOS ESPECIALES

MÁQUINAS PARA LEÑOSOS
CÍTRICOS, FRUTALES,
OLIVOS, VIÑA Y ALMENDRO

(cinco) y oídio (tres), y de tres formulados para tratar plagas causadas por insectos y ácaros.

A excepción de dos de los insecticidas, en los que la dosis viene expresada en concentración (%), en los formulados restantes la dosis se expresa en cantidad de producto por superficie cultivada (l/ha). Solamente para uno de los insecticidas, la dosis se indica mediante un intervalo. En el resto de formulados (diez), la dosis responde a un valor único, lo que no permite su ajuste al escenario concreto del tratamiento (arquitectura del viñedo, estadio fenológico y eficiencia del equipo de tratamientos).

En el registro, para cada producto también se indica el volumen de caldo (l/ha) con el que deberá realizarse la aplicación. El volumen de caldo es expresado como cantidad fija (1.000 l/ha) o mediante un intervalo cuyo límite inferior se sitúa entre los 300 y los 500 l/ha y el límite superior entre los 1.000 y los 1.500 l/ha.

Sobre las formas referidas de expresión de la dosis, cabe señalar las objeciones siguientes:

- a) **Sobredosificación.** Podemos admitir que las dosis establecidas en el registro son las requeridas para la hipótesis desfavorable: viñedos de mayor dimensión tratados con equipos de baja eficiencia. En este supuesto, en el resto de escenarios (la mayoría de los casos) se estará sobredosificando y, en consecuencia, se incrementarán las pérdidas en la superficie del suelo y se incrementará el potencial de deriva. Adicionalmente, podría aumentar el nivel de residuo químico en los racimos.
- d) **Volúmenes de caldo obsoletos.** Los volúmenes fijados en las etiquetas están muy alejados de las prácticas vigentes. Corresponden a los empleados antaño al tratar con equipos de mochila o con pistola conectada a mangueras. En el escenario productivo actual, el volumen de caldo, a inicio de vegetación, se sitúa en valores próximos a los 100 l/ha. Salvo excepciones, difícilmente se alcanzan los 500 l/ha en plena vegetación, pero en ningún caso se realizan tratamientos con un volumen de 1.000 l/ha (**figura 1**).
- c) **Eficiencia de la aplicación.** Un tratamiento eficiente supone un incremento substancial de las deposiciones sobre el objetivo en relación a las alcanzadas por un tratamiento de baja eficiencia. Dicho de otra manera, para un mismo nivel de eficacia, la dosis requerida en un tratamiento eficiente es menor (**figura 2**).

Vía verde

Si el tratamiento va a realizarse con un equipo de calidad, debidamente calibrado y ajustando el volumen de caldo a las ca-



ABONADORAS LOCALIZADORAS DE SUPERFICIE



AC2 + LINER V

Marco de plantación entre 5 y 15 m.
Abonado en bandas.

AC2 + LINER Y

Marco de plantación
entre 2,5 y 7 m.
Abonado en filas.



Apertura independiente
de ambos lados por sónar.
(opcional)

ATOMIZADORES SUSPENDIDOS Y ARRASTRADOS

De 400 a 1.200 L.
con grupos de
semi-torre y torre.

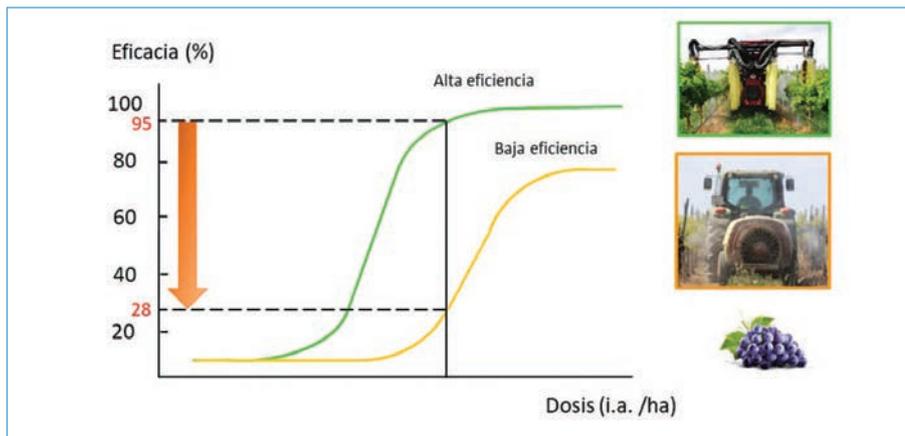


De 1.500 a 3.000 L.
con grupos de gran volumen de aire.
Sistemas de regulación electrónicos
por control de sónar.



Aguirre Maquinaria Agrícola, S.L.
Pol. Ind. Municipal s/n. 31300 TAFALLA (España)
Tfno: 0034 948 700 692 - Fax: 0034 948 702 855
aguirre@aguirreagricola.com - www.aguirreagricola.com

FIG. 2 Eficacia alcanzada en función de la dosis de ingrediente activo aplicada. Para idéntica dosis, la eficacia alcanzada por el túnel de recuperación (95%) será probablemente aceptable. Contrariamente, la eficacia del tratamiento con el pulverizador convencional (28%) supondrá un control deficiente de la plaga.



racterísticas del cultivo, debemos interrogarnos sobre la dosis adecuada. La primera pregunta que surge es si la concentración del caldo debe ser la misma en el tratamiento a volumen ajustado que en el tratamiento a volumen convencional.

Situándose en el lado de la seguridad para no comprometer la eficacia del tratamiento, algunos asesores y responsables de los tratamientos, al reducir el volumen de caldo, optan por incrementar la concentración. Un posible camino para establecer la concentración es el que se ejemplifica en la **figura 3** para el producto inscrito en el registro con el número 24143, autorizado para tratar el oídio a una dosis de 0,01-0,02% y un límite máximo de 0,2 l/ha de producto aplicado (dosis máxima autorizada).

En este caso, si se decide tratar con un volumen de caldo de 500 l/ha (máximo volumen propuesto en la **figura 1**), la dosis aplicada debería ser la dosis máxima autorizada (0,2 l/ha), comportando una concentración de 0,04%.

Si se opta por volúmenes inferiores, se mantendrá constante esta concentración, descendiendo por la "vía verde" hasta el volumen de 250 l/ha en el que la dosis por

superficie (0,1 l/ha) corresponde a la de un tratamiento a la concentración mínima (0,01%) si se trata con el volumen de referencia (1.000 l/ha). Finalmente, si se deci-

de tratar a volúmenes inferiores a este punto, se incrementará la concentración para mantener la dosis mínima de 0,1 l/ha. Tratando al volumen inferior de 150 l/ha, la concentración será del 0,06%.

Sea cual sea el volumen de caldo elegido, la dosis por superficie a consignar en el cuaderno de explotación estará situada entre 0,1 y 0,2 l/ha y, en ningún caso, se incumplirán las instrucciones de la etiqueta.

Volumen de caldo y equipos de nueva generación

La determinación del volumen ajustado se facilita empleando una herramienta de ayuda a la decisión. Este es el caso de DOSA3D (www.dosa3d.es) que ha sido validado en los últimos cuatro años en diferentes denominaciones de origen.

Los tratamientos ajustados son cada vez más habituales en explotaciones de media y gran dimensión y en los trabajos a

FIG. 3 Vía verde propuesta para decidir la dosis en tratamientos a volumen ajustado. El gráfico corresponde al caso concreto referido en el texto. Pueden consultarse otros ejemplos en: www.dosa3d.cat/uploads/ckeditor/attachments/34/2019_FRUITERS_i_VINYA-Establiment_dosi.pdf

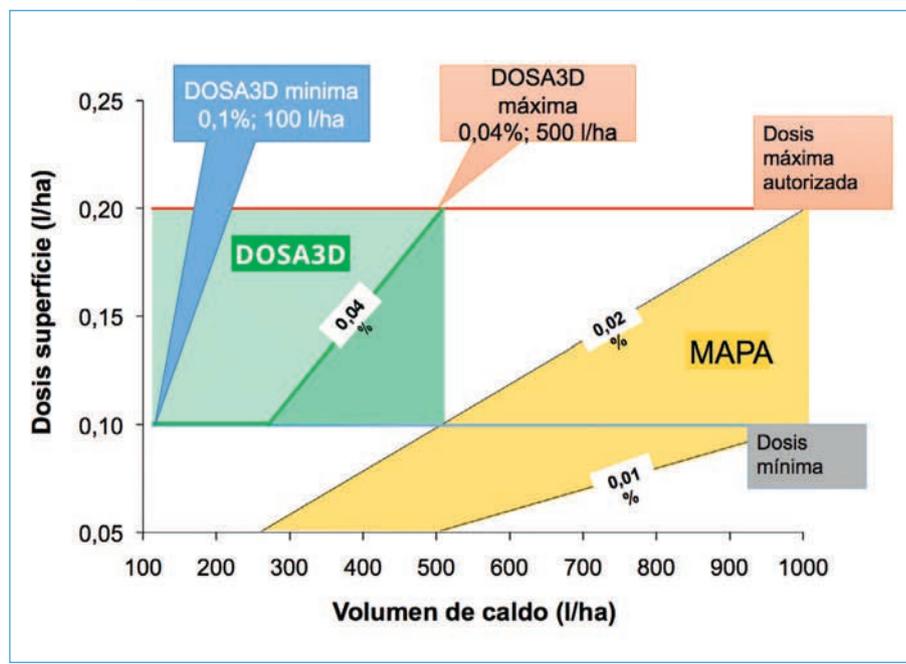




Foto 1. Túnel pulverizador de reciclado Hardi Optimus conformado por cuatro paneles recuperadores verticales, un ventilador de flujo radial y un total de seis boquillas por panel.

terceros. También en la viticultura de pequeña dimensión, tal vez ecológica, que se distingue por una producción de calidad y respetuosa. El ajuste del volumen y de la dosis de los tratamientos es parte de la racionalización de la lucha química exigida por las autoridades y reclamada por amplios segmentos ciudadanos.

Los volúmenes ajustados son también consecuencia de la implantación de la espaldera como sistema de formación generalizado y de la mayor capacitación de los operadores para el desempeño de su cometido. Pero sin duda, el factor que más está contribuyendo es el empleo de equipos de tratamiento en perfecto estado operativo y debidamente calibrados (adaptados al escenario del tratamiento).

Al renovar el parque de pulverizadores, se incorporan nuevos equipos, diseñados para tratar viñedos en espaldera (adaptados a la arquitectura). Las boquillas se sitúan próximas al objetivo con lo que se reduce el trayecto de las gotas, haciéndolas más robustas a la distorsión del entorno.

El sistema de asistencia de aire del equipo está diseñado de forma que el flujo surge también en posición muy próxima al objetivo a tratar. Normalmente las salidas de aire son orientables y generan menos turbulencia que la de los equipos tradicionales, viéndose incrementada la precisión del tratamiento.

El resultado global nos traslada a un



En el marco del proyecto Euclid (H2020) y del Grupo Operativo Gophytovid, durante las campañas 2018 y 2019, se han evaluado varios pulverizadores de nueva generación en viñedos en espaldera. Durante el año 2020 están previstas acciones para completar esta información

nivel de prestaciones (calidad de la aplicación) muy superior al disponible hasta el momento. Las singularidades de los nuevos equipos son:

- Elevada eficiencia de tratamiento (proporción de producto depositado sobre el objetivo).
- Uniformidad de la aplicación (penetrabilidad y mejor distribución en altura).
- Mayor proporción de zonas con un nivel de deposiciones teóricamente suficientes para alcanzar la eficacia deseada en el control de las plagas y enfermedades.

- Menores pérdidas en la superficie del suelo.
- Contención de la deriva.

Evaluación en campo de nuevos equipos

En el marco del proyecto traslacional Euclid (H2020) y del Grupo Operativo Gophytovid, durante las campañas vitícolas 2018 y 2019, se han evaluado varios pulverizadores de nueva generación en viñedos formados en espaldera. Para el presente año 2020 se prevén acciones adicionales que completarán una información de enorme trascendencia.

Avanzamos en este artículo los resultados de las evaluaciones de dos nuevos equipos de tratamientos realizadas respectivamente en Raimat (Lleida), en la finca Codorníu-Raventós y en la finca Daramezas (Toledo) de Bodega Las Copas (González Byass). A continuación, se describen las características básicas de ambos equipos evaluados.

Túnel de recuperación Hardi Optimus

Se trata del primer modelo de túnel diseñado y fabricado en España por Ilemo-Hardi. Consta de cuatro paneles verticales cuya posición es adaptable a la estructura del viñedo (anchura de la espaldera). Cada panel dispone de seis boquillas seleccionables y de asistencia de aire que



Foto 2. Pulverizador Fede Tecnovid conformado por cuatro bajantes que operan bis a bis sobre la misma fila.

contribuye a confinar la pulverización y, a su vez, produce la remoción del follaje. La base de cada panel está conformada para la recogida de la pulverización que fluye más allá de la planta, impacta y se desliza sobre la pared interior del panel. El líquido recuperado es retornado previa filtración al depósito principal (foto 1).

Pulverizador de bajantes Fede Tecnovid
 Dispone de cuatro bajantes cuya posición también es ajustable a las dimensiones del viñedo. En cada bajante se sitúan cuatro bocas orientables por las que fluye a alta velocidad el aire impulsado por la turbina central. En los dos extremos de cada boca se ubica una boquilla, disponiéndose pues de un total de 32 boquillas seleccionables. La orientación del flujo aire-líquido permite optimizar la penetrabilidad y evitar efectos de contraposición entre las bajantes que inciden sobre una misma fila. Las bocas inferiores pueden ser orientadas para tratar de abajo a arriba y alcanzar los racimos en el período de máxima vegetación (foto 2).

Ensayos realizados

El trabajo que se expone a continuación incluye un total de cuatro ensayos evaluativos, tres con el túnel de recuperación Hardi Optimus y uno con el equipo de bajantes Fede Tecnovid.

El túnel ha sido evaluado en un viñedo de bajo desarrollo vegetativo (LAI=0,4) y, posteriormente, en otro viñedo en pleno desarrollo (LAI=1,8) aplicando en un primer caso un volumen de caldo ajustado mediante DOSA3D (305 l/ha) y en un segundo, el volumen habitual en la finca (393 l/ha).

El equipo de bajantes ha sido evaluado en un solo escenario en condiciones de máxima exigencia por el enorme desarrollo vegetativo del viñedo (LAI=3,3) y la elevada frondosidad de la vegetación a tratar.

Metodología de ensayo

Ambos equipos han operado en parcelas

comerciales, previa calibración. El caldo pulverizado contenía únicamente tartrazina, colorante alimentario (E-102) que actúa de trazador para la medida de deposiciones. Dicha substancia es fácilmente extraíble por lavado de las hojas y cuantificable mediante espectrofotometría. En todos los casos se han tomado muestras de hojas para el análisis de deposiciones según establece la norma ISO 22522:2007.

La evaluación ha supuesto un total de 36 muestras analizadas para el túnel en la primera fase de desarrollo vegetativo y de un mínimo de 72 muestras para el resto de los ensayos. Cada muestra incluye un mínimo de tres hojas que son remitidas al-

CUADRO I

CONDICIONES DE LOS ENSAYOS DE EVALUACIÓN.

	Hardi Optimus		Fede Tecnovid
Fecha del ensayo	05-jun-18	29-ago-18	04-jul-19
Finca y parcela	Raimat P51	Raimat P9	Daramezas P9
Variedad	Godello	Merlot	Airen
Ancho calle (m)	2,5	3,0	3,3
Distancia entre pies (m)	1,5	2,1	2,0
Fenología (BBCH)	(73) bayas 2-3 mm	(81-83) envero	(75-77) racimos empiezan a cerrar
LAI índice área foliar	0,4	1,8	3,3
Volumen (l/ha)	245*	305* 393	600
Trazador Tartrazina (g/l)	12	3,4 3,5	0,89
Dosis trazador (g/ha)	2.940	1.037 1.376	534

(*) Volumen de caldo ajustado mediante el sistema DOSA3D

boratorio cuantificar el nivel de trazador depositado. Las condiciones de cada ensayo se indican en el **cuadro I**.

Análisis de resultados

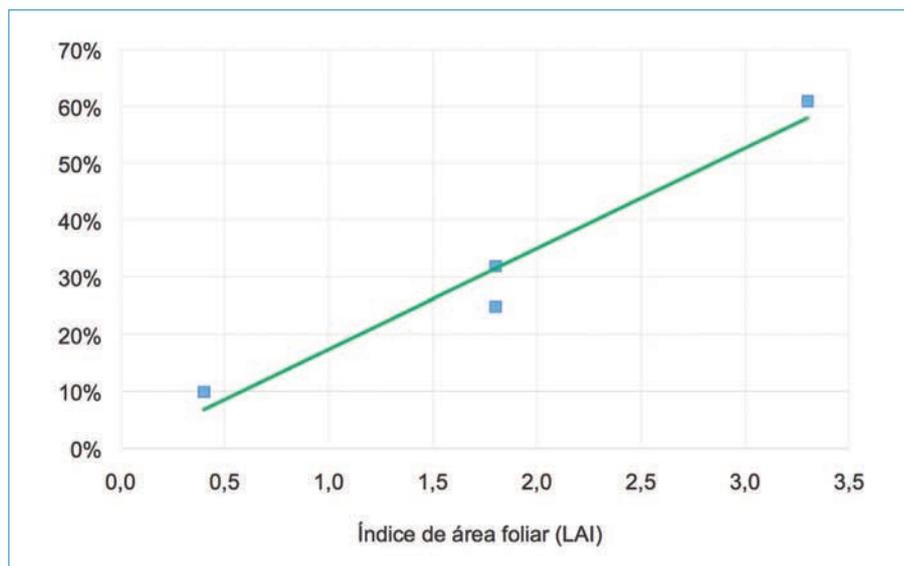
Los resultados obtenidos en cada ensayo se indican en el **cuadro II**. En primer lugar, se ofrecen los valores de la **deposición de caldo** expresados en volumen por unidad de superficie foliar ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$). A destacar que, en todos los casos, los valores son superiores a $1,2 \mu\text{l}/\text{cm}^2$. Este valor umbral es el adoptado por el sistema DOSA3D para el cálculo del volumen optimizado. Equivale al volumen de 100 impactos/ cm^2 de gotas robustas de $225 \mu\text{m}$ de diámetro, por ambas caras de las hojas tratadas. Este recubrimiento, en principio, es más que suficiente para controlar eficazmente plagas y enfermedades con independencia del modo de actuación del producto aplicado (contacto, penetrante, sistémico).

No obstante, un análisis más afinado de los valores de la deposición muestra que una proporción variable de las muestras analizadas no alcanza el valor umbral, siendo dicha proporción creciente a medida que aumenta el desarrollo vegetativo del viñedo (**figura 4**).

Por otra parte, las **deposiciones normalizadas**, que eluden el efecto de las diferencias de dosis entre tratamientos, varían inversamente a la superficie foliar tratada (LAI). En el estadio de desarrollo inicial, el túnel obtiene la deposición máxima próxima a $1.100 \text{ ng}/\text{dm}^2$ por gramo de sustancia activa aplicada por hectárea. En la etapa intermedia, para el mismo equipo, la deposición desciende considerablemente. Finalmente, en el viñedo más desarrollado (LAI=3,3) el equipo Tecnovid reduce aún más la deposición (**figura 5**).

Se comprueba pues que tanto la proporción de zonas de la planta suficientemente tratadas como la deposición de producto sobre el objetivo dependen directamente del LAI. Consecuentemente, en el proceso de ajuste, deberá considerarse

FIG. 4 Proporción de muestras de hojas que no alcanzan la deposición umbral ($1,2 \mu\text{l}/\text{cm}^2$). A mayor superficie foliar a recubrir, aumenta el riesgo de que aparezcan zonas vegetación desprotegidas.



dicho parámetro para fijar el volumen de caldo adecuado a las condiciones específicas del tratamiento. El valor del LAI es estimado fácilmente por el sistema DOSA3D a partir de cuatro datos muy simples: la altura y la anchura aproximadas de la copa, la anchura de las calles y el estadio vegetativo del cultivo (antes de floración, floración o de cuajado a vendimia).

En favor del equipo Fede Tecnovid, destacar que se enfrentó a un escenario hartamente difícil. El viñedo tratado se encontraba en situación de máximo desarrollo vegetativo. El índice de área foliar medido era de 3,3. Dicho valor es totalmente excepcional para formación en espaldera.

Por añadidura, la masa vegetativa conformaba un volumen continuo de muy alta densidad dificultando en gran medida la penetración de la pulverización. A pesar de todo ello, el valor medio de la deposición volumétrica ($1,37 \mu\text{l}/\text{cm}^2$) se encuentra dentro de los límites de aceptación.

Finalmente se ha estudiado la **eficiencia del tratamiento**. Se trata de un parámetro altamente interesante en la evaluación de equipos. Equivale a la proporción del producto depositada sobre el objetivo (hojas) en relación al total aplicado. A mayor valor de eficiencia, menores son las pérdidas de producto en la superficie del suelo y la generación de deriva.

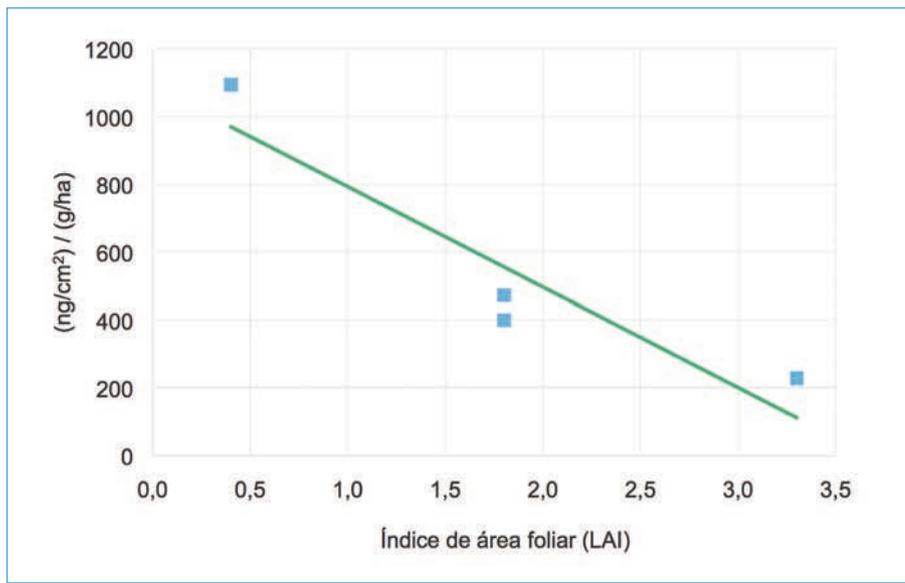
CUADRO II

DEPOSICIONES SOBRE HOJAS Y EFICIENCIA ALCANZADA POR LOS EQUIPOS EVALUADOS.

	Hardi Optimus		Fede Tecnovid
	05-jun-18	29-ago-18	
Fecha del ensayo	05-jun-18	29-ago-18	
Deposición media, volumen de caldo ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$)	2,7	1,4	1,6
Muestras $<1,2 \mu\text{l}/\text{cm}^2$ (%)	10	25	32
Deposición normalizada (ng/dm^2) / (g/ha)	1095	473	400
Eficiencia (%)	44	85	72

La primera columna del 29 de agosto del 2018 corresponde al tratamiento a volumen ajustado mediante el sistema DOSA3D.

FIG. 5 Deposición normalizada relativa a la superficie foliar tratada. Con independencia del pulverizador, al incrementar la superficie tratada disminuye la deposición unitaria.



A excepción del primer tratamiento del túnel, practicado en un viñedo con un desarrollo vegetativo reducido (LAI=0,4), el resto de tratamientos han alcanzado una eficiencia calificable de excelente. En el primer caso, la limitación fue debida a la insuficiente capacidad de retorno de líquido de los paneles al depósito. Dicha limitación fue subsanada posteriormente. Es destacable también que la máxima eficiencia (85%) es alcanzada por el túnel Hardi Optimus aplicando un volumen de caldo ajustado mediante el sistema DOSA3D.

Para valorar debidamente estos resultados, debemos tener en cuenta que el pulverizador tradicional (atomizador), trabajando en viñedo en espaldera, consigue eficiencias del 40-50%, como máximo.

Conclusiones y futuros trabajos

Los equipos evaluados permiten la realización de tratamientos de calidad, depositando producto sobre la vegetación en cantidad técnicamente suficiente para un control efectivo de las plagas y enfermedades.



En todos los casos la eficiencia de tratamiento de los dos equipos ensayados se sitúa muy por encima de la de los equipos tradicionales, lo que nos lleva a concluir que con los nuevos equipos es factible reducir la dosis de tratamiento

Esta valoración es extensible a las condiciones de máxima exigencia con las que se ha operado con el segundo de los equipos ensayados.

En todos los casos la eficiencia del tratamiento se sitúa muy por encima de la de los equipos tradicionales, lo que nos lleva a concluir que con los nuevos equipos es factible reducir la dosis de los tratamientos y obtener sus beneficios asociados (reduc-

ción de costes y de los riesgos personales y ambientales).

Recordar que, en el proceso de ajuste del volumen de caldo, el cálculo basado en el índice de área foliar (LAI) supone una garantía para la toma de decisión. La estimación del LAI y el cálculo del volumen de caldo optimizado es muy sencilla utilizando el sistema DOSA3D.

En el establecimiento de la dosis óptima se propone calcular inicialmente el volumen de caldo ajustado y, a partir de dicho volumen, decidir la dosis siguiendo el criterio de la vía verde anteriormente expuesta.

No obstante, la decisión final sobre la dosis deber estar siempre en manos del asesor en protección integrada. De aquí la necesidad de que los asesores estén debidamente formados, también en técnicas de aplicación, para prescribir dosis ajustadas (seguridad) pero suficientes (eficacia).

En el curso de la próxima campaña se prevé evaluar los equipos en base a la deposición de producto en racimos, en condiciones de máximo desarrollo vegetativo. ■

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Unión Europea en el marco del proyecto Horizonte 2020 EUCLID (nº concesión: 633999) y por el Ministerio español de Agricultura, Pesca y Alimentación mediante el proyecto GOPHYTOVID (contrato: 2018002001192) concedido en la convocatoria 2018 de grupos operativos supraautonómicos.

Los autores agradecen a Raimat (Codorniu SA) y a Bodega Las Copas (Gonzalez Byass) las facilidades prestadas en la realización de los trabajos de campo.

BIBLIOGRAFÍA

Planas S. (2013) Aplicación sostenible de productos fitosanitarios. Eumedra. Madrid. 322 pg.

Planas S., Roman C. (2018) Control de plagas y enfermedades del viñedo. Se aviecinan cambios en la dosis de los tratamientos. Vida Rural 449:24-28.

Planas S. (2019) DOSA3D, dosis ajustada en tratamientos de frutales, viñedo, cítricos y olivar. Vida Rural, 465: 52-58.

Planas S. (2019) Evaluación, dosis y aplicación de productos fitosanitarios en cultivos 3D. Phytoma España 313:26-29.

Reglamento 1107/2009/CE relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo (DOCE 24-nov-2009).

EPPO PP1/225 (2) (2012). Minimum effective dose. EPPO Bulletin (2012) 42 (3), 403-404. DOI: 10.1111/epp.2612.

ISO Standard 22522:2007. Crop protection equipment. Field measurement of spray distribution in tree and bush crops. International Standard Organization. Genève.