

El modelo de expresión de la dosis ha de permitir establecer los volúmenes de caldo adecuados a las necesidades reales

Hacia un sistema armonizado de ajuste de la dosis en un tratamiento fitosanitario

Tradicionalmente, las dosis indicadas en las etiquetas de los envases de los productos fitosanitarios se expresan en función de uno, o muy pocos, de los factores que intervienen en toda aplicación. El camino hacia la racionalización de las dosis pasa por la utilización de un sistema que integre el mayor número de condicionantes permitiendo así el ajuste de la dosis a las condiciones concretas de cada tratamiento.



Foto 1. Aplicación de productos fitosanitarios por pulverización hidroneumática en cultivos arbóreos.
Foto: Ferran Camp.

F. Camp¹, F. Solanelles¹, F. Gracia¹, A. Escolà², R. Sanz², J. R. Rosell² y S. Planas².

¹ Centre de Mecanització Agrària. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya.

² Grupo de Investigación en Agricultura de Precisión, Agrícola y Agrotecnología (GRAP). Universidad de Lleida.

La calidad y los resultados de los tratamientos fitosanitarios dependen del conocimiento y de la gestión adecuada de todos los factores que intervienen.

En la mayoría de los casos el origen de los daños ocasionados sobre cultivos frutales es conocido. El estado del arte en esta materia permite disponer de información extensa sobre la naturaleza del agente causal, su biología,

ciclo de vida, distribución en el cultivo, etc.

Por otra parte, hoy en día se dispone de formulados comerciales capaces de ejercer sobradamente su cometido para el control de la mayoría de enemigos de los cultivos frutales. El producto fitosanitario siempre es un elemento de comportamiento conocido a priori y consecuentemente no introduce incertidumbre. De su eficacia y dosis requeridas se tiene constancia empírica a partir de los preceptivos ensayos previos a su registro oficial.

El objetivo del tratamiento corresponde al cultivo, u órganos específicos del mismo, que pretendemos proteger de la acción del patógeno o plaga. Su dimensión depende de sus propias características estructurales (marco de plantación, altura, anchura y la densidad fo-

liar). En cultivos frutales comúnmente se simplifica el problema considerando que toda la masa vegetal debe ser protegida. La superficie total de masa vegetal es difícil de determinar con exactitud aunque se puede aproximar su valor a partir de la altura, la anchura y la frondosidad de los árboles. También puede ser medida con mayor precisión mediante sistemas electrónicos equipados con sensores tipo Lidar. Así pues, solamente si conocemos con cierta exactitud la superficie foliar del objetivo a tratar eliminaremos la incertidumbre a la hora de establecer la dosis.

Se entiende por técnica de aplicación al conjunto de dispositivos mecánicos empleados para distribuir el producto fitosanitario sobre el objetivo a proteger. En cultivos frutales la

técnica de aplicación predominante es la pulverización hidroneumática (**foto 1**). En ella, el preparado fitosanitario es proyectado en forma de gotas de pequeño diámetro, con el propósito de que éstas se depositen sobre el cultivo. Para ello, es necesario que las gotas se desplacen a través del aire desde las boquillas de la máquina hasta el objetivo. Es precisamente este tránsito el punto crítico del proceso, ya que indefectiblemente parte del producto se pierde por el camino. La proporción de pérdidas originadas está sujeta a diferentes factores (cultivo, meteorología y equipo de aplicación). Si se conocen a priori los detalles de los factores indicados, puede establecerse una predicción de la proporción de pérdidas que se originarán en el tratamiento. La técnica de aplicación y sus condicionantes determinan pues la fracción de producto que se depositará sobre el objetivo y, por tanto, deberían tenerse en cuenta a la hora de establecer las dosis.

DEFINICIONES

- Dosis de aplicación:** expresa una determinada cantidad de sustancia y se utiliza comúnmente en farmacología y producción vegetal.
- Expresión de dosis:** formato o unidades de medida en las que se expresa la dosis, al margen de los aspectos concretos del tratamiento.
- Ajuste de dosis:** adaptación de la dosis a las condiciones concretas del tratamiento (cultivo, organismo a controlar, técnica de aplicación y condiciones ambientales).
- Deposición:** fracción de la dosis aplicada que se deposita (o recupera) sobre la superficie vegetal a proteger.
- Pérdidas:** fracción de la dosis aplicada que no se deposita (o recupera) sobre la superficie vegetal a proteger.

Aplicación de fitosanitarios: un simple balance de materia

A la hora de establecer las dosis de aplicación, los tratamientos deberían considerarse como simples balances de materia. En ellos, la cantidad de producto contenida en el caldo pulverizado por las boquillas debe ser igual a la suma de la fracción de producto depositada sobre el objetivo y la que se pierden durante el proceso de la aplicación (**figura 1**).

La dosis se expresa en un formato de mayor o menor complejidad, contemplando más o me-



Foto 2. Recubrimiento de una hoja de cultivo después de haber recibido un tratamiento por pulverización. Foto: Ferran Camp.

nos parámetros relativos a la aplicación. Con independencia del formato de expresión elegido, la dosis recomendada debe contemplar la fracción de producto necesaria para ejercer el con-

trol deseado y las pérdidas. La bondad de ajuste del modelo depende del acierto en la estimación de la cantidad a aplicar con respecto a las necesidades reales del tratamiento (**foto 2**).

FIGURA 1

Aplicación de productos fitosanitarios por pulverización hidroneumática en cultivos arbóreos. Fuente: Ferran Camp.

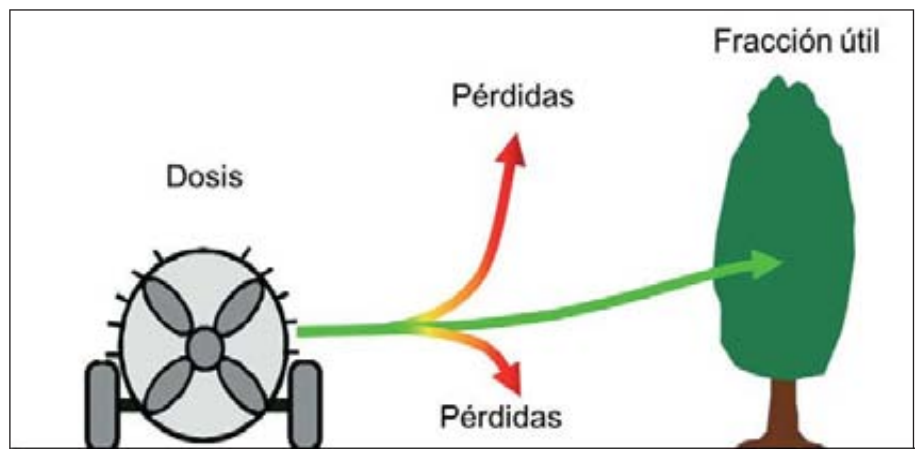




Foto 3. Cultivos con sistema de formación, tamaño y densidades diferentes. Fuente: Ferran Camp.

La superficie foliar, determinante en la cantidad necesaria de producto

Para ejercer el control deseado queda claro que la superficie del cultivo debe ser recubierta convenientemente por las gotas de caldo conteniendo la sustancia activa. Los ensayos incluidos en los procesos de registro de los productos fitosanitarios permiten determinar la deposición adecuada en cada caso.

La superficie a proteger puede ser muy variable y depende del sistema de formación, del tamaño y de la densidad foliar (frondosidad) de los árboles (foto 3). Como se ha comentado anteriormente, hoy en día se puede estimar la superficie foliar con bastante precisión con métodos muy simples. El valor de esta superficie junto con la deposición necesaria permiten determinar la cantidad de producto fitosanitario para conseguir una buena eficacia del tratamiento. Incrementando esta cantidad

en función de la eficiencia de cada aplicación, se obtiene la dosis total necesaria para cada tratamiento.

Factores que determinan la eficiencia

Existen una serie de factores presentes durante la ejecución de los tratamientos que condicionan la fracción de producto que se depositará sobre el objetivo. Los más significativos son:

- Tipología del cultivo. Los cultivos frutales presentan una estructura tridimensional con formas, tamaños y densidad foliar (frondosidad) muy variables. En general, ofrecen resistencia a la penetración de las gotas. Como consecuencia de ello, resulta relativamente difícil obtener distribuciones uniformes y se originan pérdidas por el desplazamiento de producto más allá de la parcela tratada (deriva) del orden del 20% al 50% del total aplicado.

Realizar con éxito un tratamiento fitosanitario no es un objetivo sencillo.

Ello es debido a que en él influyen un gran número de factores como la plaga o enfermedad a combatir, el producto, el cultivo, la maquinaria de aplicación o las condiciones meteorológicas

- **Accesibilidad.** La localización y naturaleza del organismo a controlar determinan también la estrategia de la aplicación. Enemigos situados a resguardo en zonas interiores requieren de volúmenes de aplicación más elevados que aseguren la penetración del producto. Organismos con escasa movilidad como los hongos, requieren de tratamientos con mayor densidad de impactos. Ello puede suponer la pulverización de gotas de menor diámetro que, sin embargo, son mucho más proclives al efecto deriva.

- **Condiciones meteorológicas.** Los parámetros ambientales que afectan más a las gotas son la temperatura, la humedad relativa y la intensidad y dirección del viento. Todos ellos determinan acusadamente la vida de las gotas de pulverización, condicionando su funcionalidad. Temperaturas elevadas y humedades relativas bajas acelerarán la evaporación de las gotas. El viento es causa directa de la deriva al arrastrar las gotas fuera de la zona de tratamiento.

- **Equipo de aplicación y parámetros de trabajo.** El diseño del pulverizador, sus ajustes

FIGURA 2

Equipo convencional y con torres deflectoras con diferente grado de adaptación a tratamientos realizados sobre cultivos arbóreos. Fuente: Ferran Camp.



operacionales y la forma de utilizarlos influyen en la calidad de los tratamientos (figura 2). De acuerdo con los resultados del proyecto de investigación Air Assisted Sprayers, los pulverizadores convencionales alcanzan niveles de pérdidas próximas al 50%, mientras que los pulverizadores dotados de deflectores verticales reducen las pérdidas, situándolas alrededor de un valor indicativo del 25%.

El uso de boquillas de baja deriva o el empleo de pantallas de protección o túneles de pulverización pueden reducir las pérdidas todavía más. En cuanto a los parámetros de trabajo, la velocidad de avance del pulverizador condiciona la capacidad de penetración del producto dentro del cultivo; caudales de aire impulsados por el ventilador elevados favorecen la deriva; y presiones de trabajo elevadas

TRH
TRACTOR OF THE YEAR 2012
BEST OF SPECIALIZED
WINNER

PLUS

ACTIO^{SMI}: bastidor integral oscilante
RGS^{SMI}: sistema de conducción reversible
ESC: Control electrónico de la velocidad y TdF
Maniobrabilidad: radio de giro reducido
Adherencia: reparto equilibrado de pesos y tracción permanente
Opcionales: cabina "Starlight" o el nuevo bastidor de 6 montantes "EasyStar"

THE ERGIT100
44000000



el "gran hidrostático reversible"

TRH 9800 es el "gran hidrostático reversible" Antonio Carraro dotado del nuevo motor de 87cv 4 cilindros turbo, 3300 cc, motor con masas contra rotantes con sistema de inyección y EGR de control electrónico.

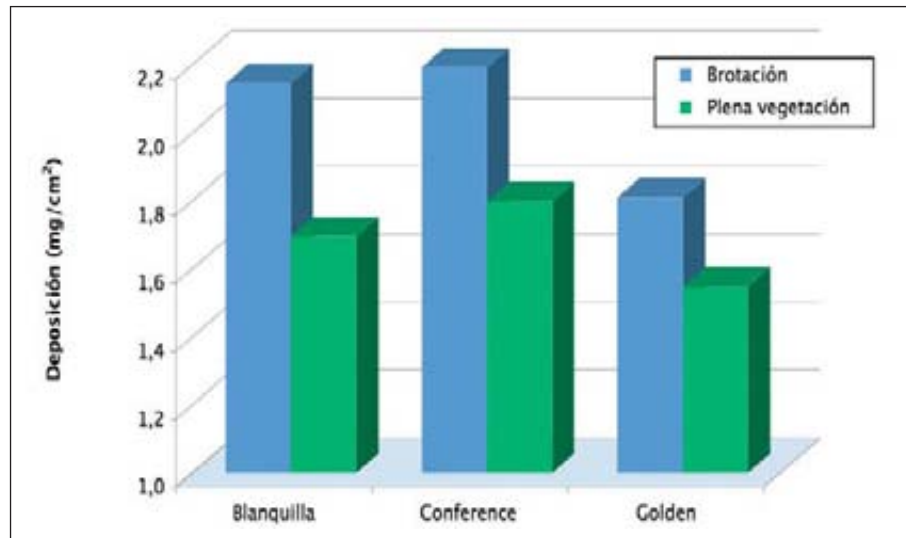
PARA MAYOR INFORMACIÓN
Red de agentes Antonio Carraro
iberica@antonio carraro.com
Tel: 933 779 957

INSCRÍBASE A NUESTRA NEWSLETTER
Visite la sección contacto del web oficial
www.antonio carraro.com



FIGURA 3

Deposición media obtenida en diferentes plantaciones frutales de la zona de Lleida con aplicaciones de 800 l/ha y dosis de 800 g/ha realizadas en estadios tempranos de desarrollo (abril) y en plena vegetación (julio). (Fuente: Proyecto Pulvexact).



generan gotas finas, muy sensibles a la deriva y la evaporación.

Carencias de los actuales modelos de expresión de dosis

En los diferentes países europeos coexisten varios formatos que vienen empleándose en las etiquetas para la expresión de dosis. Los más frecuentes son:

- a) Dosis de aplicación expresada como cantidad de formulado comercial por unidad de superficie (por ejemplo: 1 litro de producto comercial por hectárea de cultivo). Estudios ex-

perimentales han demostrado que este método aplicado sobre plantaciones con diferente estructura, densidad, estadio fenológico, edad y marco de plantación, originan gran variabilidad de deposiciones (figura 3). Ello es debido a que se establece una dosis única independientemente de las características propias del cultivo tratado. Hay que señalar que algunas etiquetas expresan las dosis en intervalos, sin especificar los criterios para posicionarse en la banda alta, media o baja del intervalo dado.

- b) Dosis de aplicación expresada como concentración de preparado comercial en el depósito (por ejemplo: 100 ml de producto co-

mercial por cada 100 l de agua del depósito). En 1979 Matthews ya calificaba este método como de demasiado simple, ya que no tiene en consideración la estructura del cultivo ni el resto de factores comentados anteriormente.

La simplicidad de estos modelos no los invalida desde la perspectiva de la eficacia. La experiencia constata que son las dosis por ellos establecidas las que conducen normalmente al ejercicio del nivel de control deseado en nuestros huertos frutales. Ello es debido a que de forma implícita, también tienen presentes las dimensiones del cultivo y la fracción de pérdidas ocasionadas durante el tratamiento. Las dosis establecidas por estos modelos están adaptadas para satisfacer cualquier situación de tratamiento dentro del espectro de posibilidades que puedan acontecer, excluyendo, claro está, las malas prácticas. Por tanto, serán válidas tratando cultivos vigorosos con máquinas sencillas y bajo condiciones atmosféricas exigentes pero, estas mismas dosis, resultarán excesivas para situaciones de tratamiento menos comprometidas o con el empleo de equipos de tratamiento más eficientes.

Modelos de expresión de dosis

Las condiciones agroclimáticas así como los sistemas de producción existentes se caracterizan por presentar gran variabilidad. Dentro de un área geográfica reducida podemos encontrar fácilmente cultivos frutales de dimensiones muy dispares, incluso siendo de la misma especie, y condiciones de humedad, temperatura y viento muy diversas. Los modelos de expresión de dosis ajustados consideran el efecto de la estructura de la plantación y permiten establecer dosis que evitan las imprecisiones de los métodos de expresión por unidad de superficie o de concentración del caldo.

En los últimos cuarenta años han aparecido varios modelos de ajuste con diferente grado de aceptación (cuadro I). Los más significativos son: *Leaf Wall Area* (LWA) basado en la anchura de la calle y la altura de la vegetación, *Tree Row Volume* (TRV) basado en la anchura de calle, la altura y anchura de la vegetación; o *Pesticide Adjustment to the Crop Environment* (PACE) que depende de la anchura de calle, la altura y anchura de la vegetación y la densidad de vegetación.

En el año 2009 algunas industrias químicas del sector fitosanitario propusieron un sis-

CUADRO I.

Sistemas de expresión de la dosis, país de aplicación y parámetros que intervienen en el ajuste de la dosis.

Método	País	Concentración	Anchura calles	Vegetación			Meteo.	Equipo	Plaga
				Altura	Anchura	Densidad			
Concentración (%)	España, Francia, Grecia, Holanda, Italia, Portugal, Suiza	X							
Superficie parcela	Bélgica, Francia		X						
Longitud filas	Holanda, Noruega	X	X						
Altura de la copa (2007)	Alemania	X	X	X					
LWA (2009)	Alemania, Bélgica	X	X	X					
TRV(2008)	Nueva Zelanda,								
Suiza	X	X	X	X					
PACE (2002)	Inglaterra	X	X	X		X			
DOSAFRUT (2010)	España	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia a partir de información de la bibliografía.

FIGURA 4

Modelo de expresión de dosis Dosafrut disponible en Internet. (www.DOSAFRUT.es)



tema de expresión de dosis, basado precisamente en la dimensión de la pared vegetal de acuerdo con el modelo LWA, atendiendo a su facilidad de aplicación a escala productiva. De hecho, recientemente, en Bélgica y en Alemania se han registrado algunos productos con recomendación de dosis basada en este criterio.

Estos modelos suponen un primer paso hacia la racionalización pero, sin duda, insuficiente ya que dejan fuera de lugar dos factores

relevantes: las características del equipo de tratamiento y las condiciones atmosféricas.

Hacia una racionalización de la aplicación de fitosanitarios

Como resultado de los proyectos de investigación Air Assisted Sprayers, Pulvexact y Optidosa destinados a la optimización de los tratamientos en cultivos arbóreos, se ha desarrollado un nuevo sistema de ajuste de la dosis

que tiene en cuenta el conjunto de condicionantes que influyen en las aplicaciones por pulverización. Se trata de los modelo DOSA, en sus versiones aplicadas al viñedo (Dosaviña) y a los frutales (Dosafrut). Dosafrut incluye los aspectos estructurales del cultivo (densidad, tamaño de los árboles, marco de plantación), características del producto (modo de acción y coadyuvantes), aspectos relacionados con la naturaleza del organismo a controlar y su localización, parámetros ambientales

Oferta de boquillas

¡Oferta! 1 Boquilla: a partir de € 2,53 + IVA + 1 filtro GRATIS
Esta oferta será válida hasta el 1 de abril 2012.



¡Ahorre tiempo y dinero comprando sus boquillas HARDI ahora!

- Gama de boquillas ISO más completa
- Una boquilla para cada tarea específica
- Precisas y muy fiables
- Se adaptan a todos los pulverizadores

Consulte con su distribuidor HARDI para más detalles de esta campaña. Mire www.hardi.es

¡SORTEO!

Participe en nuestro sorteo y gane boquillas, camisetas, etc.

Más información en www.hardi.es

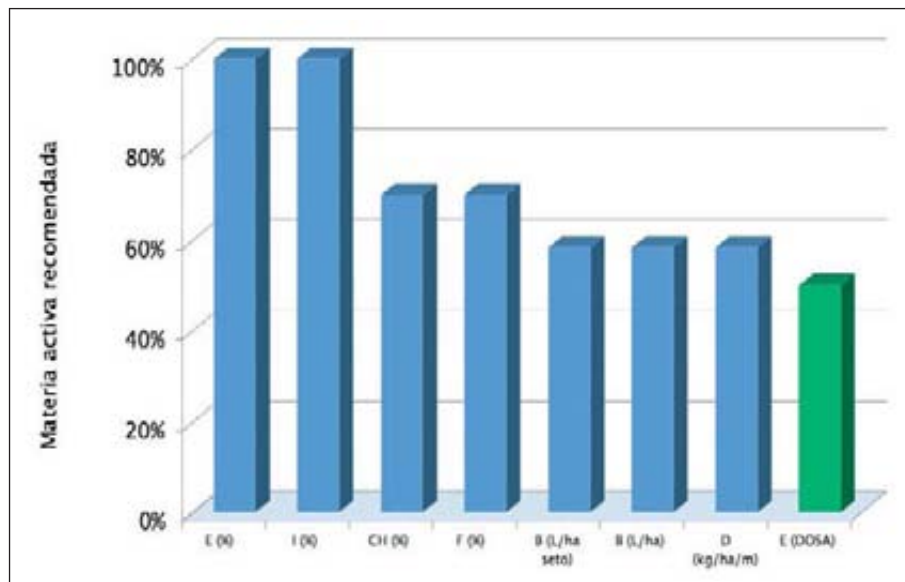


The Sprayer

I L E M O H A R D I, S.A.U.
Pol. Ind. "El Segre" parc. 712-713
25196 Lleida
Tel. 973 208 012

FIGURA 5

Materia activa recomendada por diferentes modelos de expresión de dosis, utilizados en diferentes países, expresada en valores relativos para una misma situación de tratamiento con imidacloprid, autorizado para el control de áfidos en plantaciones frutales.



(temperatura, humedad relativa y viento), condiciones operativas (velocidad de avance, caudal del ventilador y tamaño de gota) y del equipo de aplicación (tipo de boquillas y presencia de deflectores verticales).

El sistema Dosafrut (figura 4), ha sido testado durante tres campañas consecutivas, de 2009 a 2011, en once plantaciones comerciales diferentes de peral, manzano y nectarino, realizándose un total de veinte ensayos que han servido para validar el sistema frente al control de diferentes plagas. Los ajustes de dosis establecidos por Dosafrut han supuesto ahorros de producto variables, del 10 al 53% según el caso, respecto a aplicaciones convencionales realizadas sobre las mismas plantaciones. Los resultados obtenidos hasta el momento son prometedores ya que las eficacias obtenidas por el sistema Dosafrut siempre han sido iguales o superiores a las logradas por tratamientos realizados a dosis convencionales.

La coexistencia de diferentes modelos de expresión de dosis en las etiquetas de los productos fitosanitarios nos conduce irremediablemente a una situación paradójica, en la que se establecen diferentes recomendaciones de dosis para situaciones de tratamiento idénticas (figura 5). Ello supone que en muchos casos se garantiza el control fitosanitario a costa

de incrementar los riesgos sobre las personas y el medio ambiente (mayor exposición de los aplicadores, incremento de los residuos químicos sobre la fruta y contaminación de suelos y aguas). La puesta en marcha de la Directiva 128/2009/CE sobre Uso Sostenible de los Plaguicidas, junto con las políticas en seguridad alimentaria, otorga notoriedad a esta paradoja, que antes o después deberá resolverse con la decisión de aceptar un único modelo de expresión de dosis.

En este camino, si se consolidan los resultados de validación obtenidos hasta el momento, preconizamos sin duda el sistema de ajuste Dosafrut. La integración de los principales condicionantes del tratamiento en el establecimiento de la dosis otorga mayor garantía al sistema y, a su vez, proporciona un mejor ajuste de la dosis. El ahorro de producto y la reducción de riesgos son muy considerables.

El sistema Dosafrut es fácilmente utilizable a escala productiva. Se encuentra a disposición de los prescriptores y agricultores en el portal de libre acceso www.dosafrut.es. El portal incluye una herramienta para el cálculo directo de la dosis, los fundamentos tecnológicos del sistema y un espacio reservado para los usuarios que opcionalmente deseen almacenar el histórico de los tratamientos en las diferentes plantaciones de su explotación. ●

Agradecimientos

Buena parte de la información contenida en esta comunicación proviene de los resultados alcanzados por los proyectos de investigación AIR ASSISTED SPRAYERS (4FP CE DGVI AIR CT-1304), financiado por el cuarto programa marco europeo de investigación, PULVEXACT (AGL2002-04260) y OPTIDOSA (AGL2007-66093-C04-03), parcialmente financiados por el Plan Nacional de I+D y fondos FEDER.

Bibliografía ▼

EPPO. 2005. Efficacy evaluation of plant protection products. Dose expression for plant protection products. EPPO Bulletin 35, 563-566.

Gil, E., Planas, S. 2003. Programa para la determinación del volumen de caldo a aplicar en tratamientos fitosanitarios en viña. II Congreso nacional de Agroingeniería 2003. Tema 3. Maquinaria de cultivo y recolección. Guía de resúmenes 95-96.

Koch H. 2007. How to achieve conformity with the dose expression and sprayer function in high crops. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 60(1), 71-84.

Matthews, G.A. 1979. Pesticide application methods. Longman group limited. ISBN 0-582-46054-9.

Planas S, Solanelles F, Gil E, Escolà A. 2006. DOSA, instrumento para la optimización de la dosis en tratamientos fitosanitarios de cultivos arbóreos. Phytoma España 182(48-50).

Planas S, Camp F, Solanelles F, Sanz R, Escolà A, Rosell JR (2011a). DOSAFRUT, sistema de ajuste de dosis en tratamientos de plantaciones frutales. Phytoma España 230:58-61.

Planas S, Camp F, Solanelles F, Sanz R, Escolà A, Rosell JR (2011b). Bases tecnológicas del sistema de ajuste de dosis DOSAFRUT. Phytoma España 232: 63-68.

Planas S, Escolà A, Sanz R, Rosell JR, Camp F, Solanelles F (2011c). La paradoja de la dosis en los tratamientos fitosanitarios de cultivos arbóreos. Phytoma España 234:48-52.

Proyecto Air Assisted Sprayers. Improving of pesticide inputs to fruit and vineyard crop production by improving the control operation and design of spray application equipment. 4FP CE DGVI AIR CT-1304.

Proyecto PULVEXACT. Ajuste de la dosis de producto fitosanitario en tratamientos de cultivos arbóreos (frutales, viñedo y cítricos). AGL2002-04260.

Proyecto OPTIDOSA. Reducción del uso de productos fitosanitarios en cultivos arbóreos. Optimización de las dosis de aplicación en tratamientos mecanizados de cítricos, frutales y vid. AGL2007-66093-C04

Viret O, Höhn H. 2008. Application de la dose selon la méthode du TRV. Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. (1)52-53.

Walklate, P.; Cross, J.V.; Richardson, G.M.; Murray, R.A. i Baker, D.E. 2002. Comparison of different spray volume deposition models using LIDAR measurements of apple orchards. Biosystems Engineering (2002) 82, 253-267.

Walklate PJ, Cross JV. 2005. Orchard spraying: Opportunities to reduce rates. Horticultural Development Council. East Malling. Factsheet 20/05. 3 pp.

www.DOSAFRUT.es