

Víctor Marcelo Gabella

Profesor Titular de Universidad
Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias
Escuela de Ingeniería Agraria y Forestal

**LA IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS
DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS
FITOSANITARIOS UTILIZADOS
EN LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS**

**Lección Inaugural del Curso Académico
2021-2022
Campus de Ponferrada**



**universidad
de león**

VÍCTOR MARCELO GABELLA
PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS.
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRARIA Y FORESTAL

LA IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS
DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS
FITOSANITARIOS UTILIZADOS
EN LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS

VÍCTOR MARCELO GABELLA
PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRARIA Y FORESTAL

LA IMPORTANCIA DE LOS EQUIPOS
DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS
FITOSANITARIOS UTILIZADOS
EN LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS

LECCIÓN INAUGURAL
CURSO ACADÉMICO
2021-22
CAMPUS DE PONFERRADA





universidad
de león
■ Área de Publicaciones

© Universidad de León
Área de Publicaciones
© Víctor Marcelo Gabella

ISBN: 978-84-18490-32-3
Depósito legal: LE-259-2021

Diseño y maquetación digitales: Juan Luis Hernansanz Rubio

Imprime: CELARARYN comunicación gráfica
Impreso en españa / *Printed in Spain*
León, Septiembre 2021

Sr. Rector Magnífico.

Sra. Vicerrectora del Campus de Ponferrada.

Sras. y Sres. Vicerrectores

Autoridades.

Miembros de la Comunidad Universitaria.

Señoras y Señores.

PRÓLOGO

Espero que el honor y la responsabilidad que conlleva haber sido elegido para impartir la lección inaugural del curso académico 2021-22 en este Campus de Ponferrada no traiga consigo el fantasma de la incapacidad de transmisión que a veces ataca a los docentes provocando la desconexión de los oyentes. Quiero agradecer la invitación y espero no defraudar las expectativas puestas en mí.

Hace más de 22 años que inicié mi labor como docente en el Campus de Ponferrada de la Universidad de León como Ayudante de Escuela Universitaria en la Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria como profesor de la asignatura Industrias Conserveras.

Durante estos años ha habido innumerables momentos muy gratificantes y otros no tanto como cuando se dejó de impartir el Grado de Ingeniero Agroalimentario en septiembre de 2013. Supongo que todo esto forma parte del acervo personal de cada uno.

Aprovecho esta oportunidad para agradecer a mis compañeros del grupo de investigación MECAS, Javier, Pablo y José Benito y especialmente a mi maestro el Doctor Juan Antonio Boto Fidalgo por haberme enseñado el camino para abordar los retos que se plantean a lo largo de la carrera profesional siempre desde un lado afable y humano.

Finalmente a mis padres reconocerles mi agradecimiento por poner las bases que me han hecho ser lo que soy y a Chus, mi esposa, por estar siempre ahí, a mi lado, apoyándome sin escatimar en esfuerzos por su parte.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	11
2. LA AGRICULTURA Y LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS	11
3. LOS EQUIPOS DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS	14
3.1. Seguridad.....	14
3.2. Eficacia.....	15
3.3. Inspecciones de los equipos de tratamientos fitosanitarios	15
3.4. Inspecciones de los equipos en España y Castilla y león.....	17
3.5. Tipología de equipos.....	18
3.6. Evolución y nuevas tendencias.....	28
4. CONCLUSIONES.....	32
5. BIBLIOGRAFÍA	34

1.. INTRODUCCIÓN

Una lección inaugural, a mi entender, debe tener un enfoque generalista, dado el carácter heterogéneo de los asistentes y además debe ser lo suficientemente atractiva para suscitar el interés de los oyentes huyendo de aspectos excesivamente técnicos y especializados. Por ello planteo esta lección de forma semejante a como lo haría en lecciones iniciales de 2º o 3º curso de los actuales grados de Ingeniero Agroalimentario y de Ingeniero Forestal y del Medio Natural en los que he centrado mi labor docente en los últimos años. Para ello voy a comenzar por explicar la importancia de la lucha contra las plagas y enfermedades vegetales para posteriormente abordar la seguridad y la eficacia de los tratamientos fitosanitarios. Trataré la importancia de las inspecciones de los equipos de aplicación de estos productos fitosanitarios, pasando a continuación a examinar las distintas tipologías de los equipos existentes en el mercado, para finalmente analizar las tendencias y perspectivas en cuanto a este tipo de máquinas.

2.. LA AGRICULTURA Y LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

Desde el Neolítico cuando dio comienzo la agricultura el ser humano ha domesticado plantas, modificando el entorno, para garantizarse el abastecimiento de alimentos. Desde entonces hasta la actualidad, la agricultura ha evolucionado hacia una actividad económica que ha aprovechado los avances científicos para mejorar los rendimientos de los cultivos, intentando asimismo asegurar la protección de las plantas contra plagas y enfermedades (Cubero Salmerón, 2018). Se estima que para el 2050 la producción de alimentos deberá incrementarse en un 70%, para garantizar el abastecimiento de la población mundial según la Asociación Empresarial para la Protección de las Plantas (AEPLA, 2021). En este ámbito es donde la aplicación de productos fitosanitarios adquiere su relevancia para la protección de los vegetales y sus productos, contra los daños producidos por organismos nocivos. Se calcula

que entre un 40-50% de la producción potencial de cultivos a nivel mundial se pierde anualmente por plagas y enfermedades según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020).

En nuestro país, en 1942 se creó mediante Decreto de 19 de septiembre (España, 1942) el Registro Oficial Central de Productos y Material Fitosanitarios, siendo uno de los más antiguos del mundo y establecía que todos los Productos Fitosanitarios deberían estar inscritos en dicho Registro. En aquel entonces sólo se exigía que el producto que se inscribía debía ser eficaz a la dosis recomendada. Estableciéndose como único comprobante de esta eficacia el aval de un técnico, normalmente un Ingeniero Agrónomo. Desde entonces y hasta la actualidad los productos fitosanitarios han ido aumentando su eficiencia a medida que han aparecido nuevas moléculas, las cuales, con menores dosis y toxicidad consiguen iguales o mejores resultados, dejando una muy baja cantidad de residuos en los alimentos y el medio ambiente (Yagüe Martínez, A., 2008).

Desde el año 1991 con la aplicación de la Directiva 91/414/CEE de 15 de Julio (Comisión Europea, 1991) y modificaciones posteriores, la Unión Europea tiene normas comunes sobre la autorización y utilización de productos fitosanitarios. Casi veinte años más tarde, en 2009, se introdujo el concepto de productos fitosanitarios de “bajo riesgo” (Comisión Europea, 2009a). Esto ha provocado que haya existido una disminución paulatina de los productos fitosanitarios autorizados en la Unión Europea (del 2000 al 2020 se estima que se han eliminado del mercado entorno al 70% de las materias activas) (AEPLA, 2021).

Así mismo existe la tendencia cada vez más generalizada, de planteamientos comprometidos con los conceptos de agricultura sostenible y producción integrada para mantener sanos los cultivos ante las exigencias de las cadenas distribuidoras de “residuos cero” o con límites máximos de residuos (LMR) permitidos cada vez menores (Plataforma Nacional de Residuos 0, 2021). A esta tendencia del cuidado y respeto del medio ambiente también se unen

los agricultores y el resto de operadores del sector agrario, entre los cuales nos incluimos.

Por otro lado existe una creciente concienciación por parte de los consumidores de la influencia en la salud de los alimentos, lo cual se traduce en una creciente presión social sobre el uso de productos fitosanitarios. (Bello Gutiérrez, 2005). De igual forma los propios agricultores cada vez están más concienciados con la seguridad de los consumidores; pero no se puede olvidar que la utilización de productos fitosanitarios en sus explotaciones es la que permite posteriormente al consumidor poder comprar el aceite o el pan a un precio barato y asequible para todos los públicos. Las tendencias de los productos gourmet o similares son para darse un capricho de vez en cuando y no para todos los bolsillos.

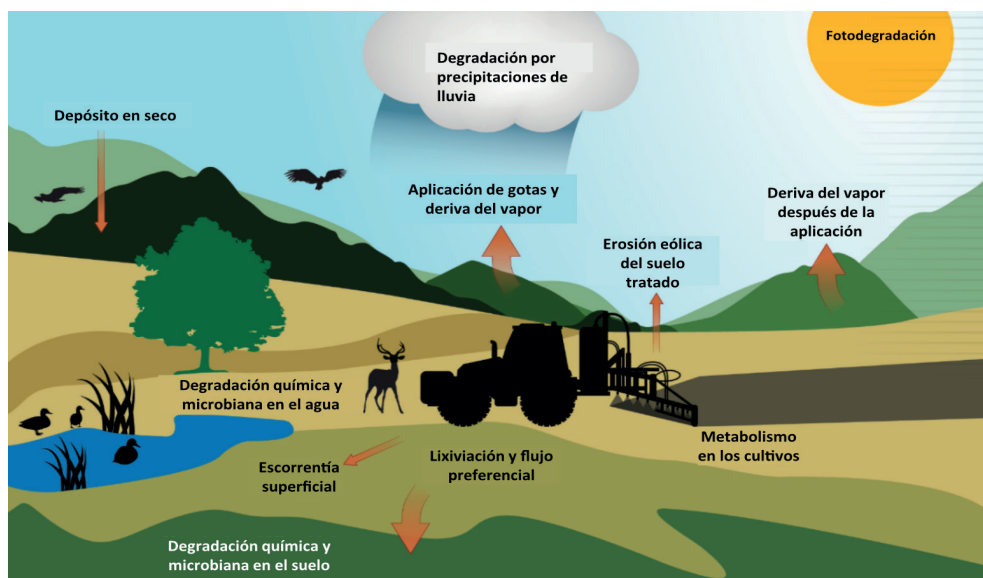


Figura 1.- Presión de los productos fitosanitarios sobre el medio ambiente.

Fuente: (Cessna *et al.*, 2016)

En este sentido el Pacto Verde o “Green Deal” de la Comisión Europea junto con las estrategias “De la granja a la mesa” y especialmente la de “Biodiversidad 2030” generan un nuevo marco de desarrollo de las tendencias de

aplicación de fitosanitarios ya que lleva asociada la idea de reducir la aplicación de plaguicidas en al menos un 50%. (López *et al.*, 2021).

En definitiva, por todo lo anteriormente expuesto, los fitosanitarios han ido evolucionando hacia formulados “eficaces” más respetuosos con el medio ambiente, con la seguridad de los aplicadores y de los consumidores de alimentos (AEPLA, 2021); acaparando la tecnología de aplicación de dichos productos fitosanitarios un papel fundamental inseparable de las tecnologías asociadas a la agricultura de precisión y a la agricultura 4.0. (López *et al.*, 2021).

3.. LOS EQUIPOS DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

3.1. Seguridad

Los equipos de aplicación de productos fitosanitarios al igual que otras máquinas existentes en el sector agrario deben ser seguros. Para ello todas las máquinas deben satisfacer las denominadas “Directivas Máquinas”, en concreto la Directiva 2006/42/CE (Comisión Europea, 2006) y otras. Esto se ha traspuesto en la legislación española mediante el Real Decreto 1644/2008 (España, 2008), por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. Además existen normas españolas UNE-EN publicadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación de seguridad y de requisitos medioambientales que deben cumplir los equipos de aplicación (AENOR, 2009; 2013; 2015).

La satisfacción de dichas normas se lleva a cabo mediante el cumplimiento de los denominados *Requisitos Esenciales de Seguridad y Salud*. Dicha satisfacción es responsabilidad del fabricante de los equipos y tiene una filosofía de “autocertificación” por parte del mismo. La presunción de seguridad se justifica mediante el marcado CE (logotipo CE) y el certificado de confor-

midad del fabricante. Así mismo las máquinas deben estar perfectamente identificadas (mediante una placa de identificación) y disponer del correspondiente manual de instrucciones. (Márquez, 2005; 2008a; Boto y Pastrana, 2008).

3.2. Eficacia

Los equipos de aplicación de productos fitosanitarios además de ser seguros deben ser eficaces en su labor de aplicación. El objetivo de un equipo de aplicación es el correcto reparto del producto fitosanitario sobre una “superficie determinada” (vegetación, suelo). Una correcta aplicación de productos fitosanitarios requiere una distribución homogénea del producto, y que se realice de acuerdo con las dosis autorizadas y recomendadas, al objeto de evitar efectos nocivos o perjudiciales en la salud humana y el medio ambiente.

La eficacia de una aplicación tiene que ver, con que el equipo esté en las condiciones favorables para su uso, con una correcta regulación de la máquina para realizar la aplicación deseada y, con una ejecución correcta del trabajo (carga del producto, velocidad de trabajo...). Hay que tener en cuenta que esta eficacia depende en gran parte del agricultor o usuario.

Un deficiente estado, una mala regulación o una mala ejecución del tratamiento pueden provocar daños al cultivo, al medio ambiente y al propio aplicador. (Boto *et al.*, 2009; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).

3.3. Inspecciones de los equipos de tratamientos fitosanitarios

La Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de sanidad vegetal, (España, 2002) pretende expresamente, garantizar que los medios de defensa fitosanitaria reúnan todas las condiciones necesarias y establece las disposiciones básicas relativas a los requisitos que deben cumplir estos medios, al uso racional

de los mismos atendiendo, en lo que se refiere a los equipos de aplicación, tanto a las condiciones de uso del plaguicida utilizado en cada caso como a los requisitos de mantenimiento y puesta a punto de dichos equipos, a los controles oficiales para verificar el cumplimiento de dichas disposiciones y a los instrumentos de apoyo necesarios para la realización de las correspondientes inspecciones. (Boto, *et al.*, 2000; Marcelo *et al.*, 2000; Márquez, 2000; Boto, 2011; Solanelles *et al.*, 2011; Vall, 2013; Gil, 2016a; Solanelles *et al.*, 2017).

Por su parte, la Directiva 2009/128/CE, de 21 de octubre, del Parlamento Europeo y del Consejo, (Comisión Europea, 2009b) por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas, establece determinados requisitos de obligado cumplimiento en esta materia. Entre otros contenidos, En el artículo 8 (hace referencia a la inspección de los equipo en uso; fechas, periodos, formas de hacer....) y el Anexo 2 (Establece los “Requisitos de salud y seguridad y de medio ambiente para la inspección de los equipos de aplicación de plaguicidas”), que tienen como objetivos

- Conseguir un elevado nivel y protección de la salud humana y del medio ambiente.
- Asegurar que los plaguicidas puedan dosificarse y distribuirse correctamente (eficiencia).

Dicha Directiva, establece que para prevenir estos riesgos es necesario, entre otros requerimientos, utilizar equipos de aplicación de productos fitosanitarios que funcionen correctamente, garantizando la exactitud en la distribución y dosificación del producto, así como la no existencia de fugas en el llenado, vaciado y mantenimiento.

Para dar cumplimiento y desarrollar lo señalado por la citada Ley 43/2002, de 20 de noviembre, así como para incorporar lo dispuesto en el artículo 8 de la Directiva 2009/128/CE y en su Anexo 2 y con ello lograr que los riesgos derivados de la aplicación y del estado de los equipos de aplicación de

productos fitosanitarios sean los mínimos, ha resultado necesario establecer controles oficiales para la verificación del cumplimiento de los requisitos de salud y seguridad y de medio ambiente. (Planas y Gracia 1998; Gracia, 2000; Gracia *et al.*, 2002; Gracia y Escolà, 2004; Moltó, 2005; Gil, 2007a; Gracia, 2007; Moltó *et al.*, 2010; Gil, 2014; Solanelles *et al.*, 2014)

De todo lo expuesto se desprende que existen importantes razones de interés general, tales como la protección del medio ambiente, seguridad alimentaria, junto con la de la salud y la de la protección de los usuarios de los equipos, por lo cual la administración ha establecido un régimen de autorización para las estaciones que realicen las inspecciones técnicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios, en adelante ITEAF.

Así mismo, con el fin de que las inspecciones sean desarrolladas por personal con la formación suficiente para ejercer sus responsabilidades, es necesario que tanto los directores como los inspectores de las estaciones de ensayo dispongan de un nivel académico previo vinculado a las funciones que han de desarrollar (Gil, 2001; Gil y Gracia, 2004; Boto *et al.*, 2014; Jiménez *et al.*, 2015).

Para llevar a cabo las inspecciones se han publicado por parte del Ministerio una serie de manuales y protocolos de inspección que fueron redactados en un primer lugar de acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 13790:2004 Maquinaria agrícola. Pulverizadores. Inspección de pulverizadores en uso (AENOR, 2004; Gil *et al.*, 2011) para posteriormente redactarse según la norma UNE-EN ISO 16122:2015 Maquinaria agrícola y forestal. Inspección de pulverizadores en uso (AENOR, 2015), que ha sustituido a la citada anteriormente a partir del 1 de junio de 2019 (Gil, 2006; Gil y Gracia, 2017).

3.4. Inspecciones de los equipos en España y en Castilla y León

A nivel del estado español el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación publicó el Real Decreto 1702/2011, de 18 de noviembre, (España, 2011)

de inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de fitosanitarios, sobre las inspecciones obligatorias de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios. Posteriormente la mayoría de las Comunidades Autónomas han desarrollado normativa al respecto. En concreto nuestra Comunidad publicó el 5 de noviembre de 2014 la Orden de la Consejería de Agricultura y Ganadería 925/2014, de 15 de octubre, (Castilla y León, 2014) por la que se regulan las inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios en Castilla y León. Así mismo mediante Resolución de 27 de mayo de 2013 (Castilla y León, 2013) de la Dirección General de Producción Agropecuaria y Desarrollo Rural (Consejería de Agricultura y Ganadería) se reconoció como Unidad de Formación al Grupo de Mecanización del Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad de León al cual pertenezco.

3.5. Tipología de equipos

Existen muchas **técnicas** de aplicación de productos fitosanitarios, unas son muy utilizadas y otras son de uso más restringido con equipos muy específicos, pudiéndose clasificar en: (Boto Fidalgo y López Díez, 1999; Laguna, 2000; Cañavate, 2003; Boto *et al.*, 2008; Aplicación de productos fitosanitarios, 2010; Fernández *et al.*, 2017a; 2017b):

- Pulverización Hidráulica
- Pulverización Neumática
- Pulverización Centrífuga
- Pulverización Termoneumática
- Pulverización Electrodinámica
- Espolvoreo
- Aplicación de microgránulos

De todas ellas la más extendida es la “pulverización hidráulica” que es utilizada en los equipos o máquinas denominados “pulverizadores hidráulicos” y en los “pulverizadores hidroneumáticos”. Los equipos, aparte de conseguir una determinada pulverización del líquido (con poblaciones de gotas determinadas) deben contar con los medios para facilitar que esas gotas alcancen la superficie que se desea cubrir o mojar (superficie objetivo)

Los **pulverizadores hidráulicos** también llamados *equipos de barras, aplicadores de herbicidas o equipos de tratamientos para cultivos bajos*. Se usan para aplicar productos en forma líquida, bien sobre cultivos de porte bajo (cereales, leguminosas, remolacha, etc.) o, sobre la superficie del suelo para el control de las malas hierbas o incluso para aportar abonos líquidos (López y Boto, 1996a; 1996b; Márquez 2001a; Boto, 2010; Solanelles *et al.*, 2015).

Básicamente estas máquinas consisten en un circuito de líquido que tiene su inicio en un depósito de almacenamiento y finaliza, tras haber sido sometido el líquido a presión, en un estrechamiento en la que se produce la formación de las gotas (pulverización del líquido) que no es otra cosa que una boquilla de pulverización. (Boto y Marcelo, 2000; Boto *et al.*, 2009). Dado que las dosis por hectárea que se aplican están en torno a 200 l/ha es frecuente que presenten depósitos de hasta 2.000 l de capacidad utilizando el equipo con el tractor de forma suspendida en el enganche tripuntal del tractor. Actualmente es frecuente ver equipos con depósitos de mayor capacidad, que pueden ser utilizados con el tractor de forma semi-suspendida (se monta sobre un carro con un eje con ruedas) o, que se montan en un chasis integral constituyendo una máquina automotriz (figura 2).



Figura 2.- Equipo de aplicación hidráulico suspendido. Arrastrado. Autopropulsado

En este circuito junto con los complementos necesarios para su uso se diferencian las siguientes partes principales (figura 3):

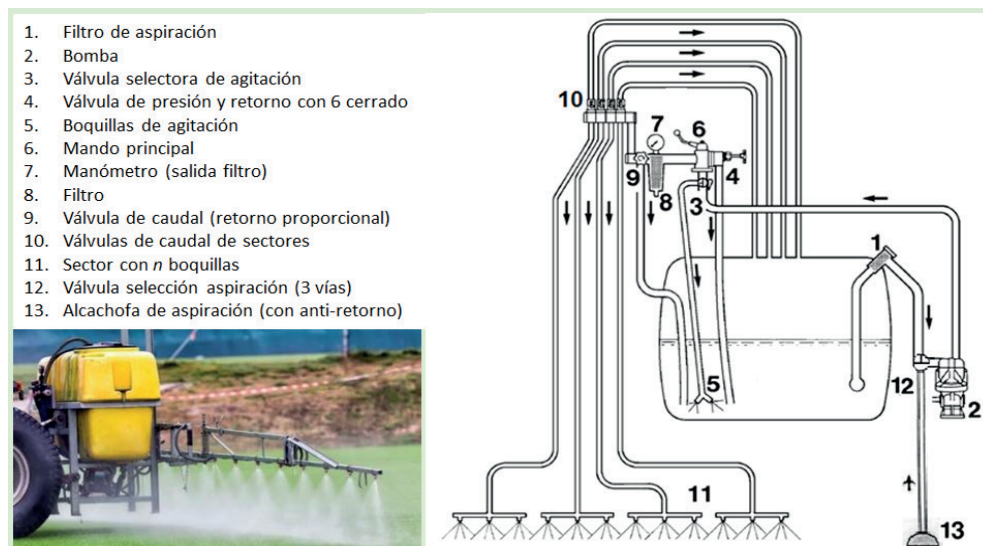


Figura 3.- Esquema general de un equipo de aplicación hidráulico

Sistema de enganche: Lugar por donde se acopla al tractor en los equipos suspendidos o semi arrastrados o incluso arrastrado (con dos ejes de sustentación)

Chasis o bastidor del equipo: Estructura resistente sobre la que se montan todos los componentes.

Depósito o cuba: Almacena y mantiene homogéneo el líquido fitosanitario mediante un sistema de agitación.

Conducciones: Permiten la conducción del líquido entre el depósito y las boquillas y el resto de circuitos de control o retornos.

Bomba de presión: Proporciona el caudal y aporta la presión adecuada al circuito hidráulico.

Distribuidor: Conjunto de válvulas que regulan la presión y el movimiento del líquido en el circuito, incluye siempre un manómetro.

Filtros: Eliminan impurezas que pueden existir en el caldo fitosanitario e impiden que lleguen a las boquillas donde pueden obstruir su orificio.

Barras distribuidoras o rampas: Estructuras que soportan y protegen a las conducciones, portaboquillas y las boquillas.

Portaboquillas y Boquillas: Las boquillas que son los componentes que se cargan de transformar o pulverizar el líquido en gotas de un tamaño (número de micras) o volumen determinado. Aunque pueden ser de muchos tipos lo habitual es que sean de *hendidura* o *de abanico* formando una superficie mojada de forma elíptica con un ángulo de proyección de chorro de 110°. Deben poseer un diseño tal que permitan obtener un tamaño de gotas lo suficientemente fino (100-600 micras) para conseguir un buen recubrimiento (número de gotas o de impactos por cm² de la superficie a cubrir) y a la vez que la “deriva” o desvío de su trayectoria prevista desplazamiento lateral provocado por el viento antes de llegar al suelo sea la menor posible para no dañar cultivos colindantes, existiendo un gran campo de investigación, innovación y mejora en este ámbito como así lo detallan las numerosas investigaciones al respecto. (Bourse, 1990; Martins, 1997; Zande *et al.*, 2000; Planas, 2001; Márquez, 2002; Zande *et al.*, 2002; Wenneker *et al.*, 2005; Nuyttens *et al.*, 2006; Balsari *et al.*, 2007; Nuyttens *et al.*, 2007; Wenneker y Zande., 2008; Nuyttens *et al.*, 2009; Nuyttens *et al.*, 2010; Huijsmans y Zande 2011; Zande *et al.*, 2012; Gil *et al.*, 2014; Nuyttens *et al.*, 2014; Gil *et al.*, 2015; Wenneker *et al.*, 2015).

En la actualidad se han desarrollado una gran variedad de boquillas, tanto en materiales de constitución como sistemas de pulverización, que facilitan su elección para obtener la pulverización de poblaciones de gotas deseadas.

Las boquillas van montadas en los “portaboquillas” que permiten su fijación a las conducciones permitiendo el paso del líquido y disponiendo de un sistema “antigoteo” que evita que el líquido llegue a la boquilla si no lleva suficiente presión.

En segundo lugar los **pulverizadores hidroneumáticos** que son aquellos que presentan una pulverización hidráulica e incorporan un sistema neumático para mejorar el alcance y deposición de las gotas en la superficie objetivo. Estos equipos también se denominan *atomizadores* y se utilizan en aplicaciones sobre cultivos de porte medio (vid) o alto (frutales). En estos cultivos se emplean dosis por hectárea más elevadas superando a veces los 1.000 l/ha lo cual hace necesario un depósito de mayor capacidad comparándolos con los hidráulicos anteriormente vistos, por lo cual la mayor parte son equipos semi arrastrados con depósitos con capacidades de 3.000-5.000 l (figura 4).



Figura 4.- Equipo de aplicación hidroneumático convencional y tipo pulpo

Estos equipos, al igual que los pulverizadores hidráulicos vistos anteriormente, presentan un circuito de líquido e incluyen, un sistema de enganche para el tractor, un chasis, un depósito o cuba, conducciones, una bomba de presión, un distribuidor, filtros, (entre ellos los colocados al inicio de las conducciones en este caso en cada uno de los dos arcos o tramos que presentan estos equipos, sistemas de sujeción portaboquillas, boquillas y, como gran diferencia, un sistema de aire. Suelen incorporar entre 10-24 portaboquillas sobre los dos arcos que forman las conducciones destacando que suelen ser múltiples (llevan dos boquillas de diferente caudal), se pueden regular individualmente e incluso cerrar; siendo las boquillas del tipo de turbulencia o de cono hueco para mejorar la penetración del producto en la vegetación (figura 5) (Márquez, 2001b; Gil, 2003). De igual forma a lo que sucede con los pulverizadores hidráulicos con las boquillas de estos equipos existe un gran campo de investigación y mejora permanente por parte de los investigadores

y las casas comerciales (Rocamora, 1999; Alcides, 2004; Val, L. 2004; Doruchowski *et al.*, 2009; Sozzi, 2011; Sozzi *et al.*, 2011; Balsari *et al.*, 2012; Cunha *et al.*, 2012; Gil, 2013; Gil *et al.*, 2013a; Moltó 2013; Balsari *et al.*, 2014; Chueca *et al.*, 2014; Garcerá *et al.*, 2014; Llop *et al.*, 2015; Miranda-Fuentes *et al.*, 2015; Triloff, 2015; Balsari *et al.*, 2016; Gil *et al.*, 2021; Michael, *et al.*, 2021).

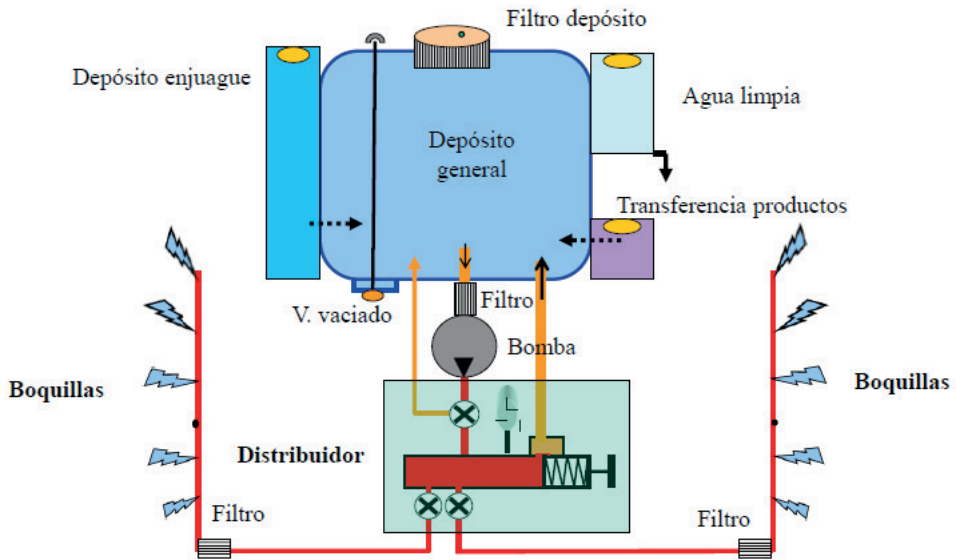


Figura 5.- Esquema general de un equipo de aplicación hidroneumático

El sistema de aire o neumático está formado por un ventilador (de tipo axial o de tipo centrífugo) y un conjunto de deflectores que desplazan o desvían el aire (ventiladores de flujo axial) y/o colectores que canalizan el aire por tubos (ventiladores de flujo radial). En ambos casos, la corriente de aire impulsado por el ventilador facilita el alcance y penetración de las gotas formadas hasta la superficie objetivo de la vegetación a varios metros de distancia y a veces también de altura. Existen en el mercado una gran variedad de equipos pulverizadores hidroneumáticos o atomizadores cada uno con adaptaciones específicas para determinadas aplicaciones con el objetivo de obtener un mayor rendimiento de los tratamientos (Triloff, 2015; Salcedo *et al.*, 2015; Magdalena, 2004) (figura 6).



Figura 6.- Equipo hidroneumático convencional con triple arco portaboquillas. Con pantallas o deflectores verticales. Con deflectores horizontales. Con dos ventiladores. Con colectores tipo cañón.

La **pulverización neumática** se caracteriza por que las gotas de líquido se forman al exponer un caudal de líquido a una corriente de aire a gran velocidad llamándose a los equipos *pulverizadores neumáticos* o *nebulizadores*. Su aspecto y uso, aunque es bastante restringido realizando una aplicación similar a los atomizadores pero incorporan obligatoriamente un ventilador de flujo radial (centrifugo) y colectores para canalizar el aire hasta las boquillas neumáticas “con ventilador de flujo radial”. La pulverización del líquido se forma en los extremos de las conducciones (boquilla neumática) que se encuentra en el interior de los colectores de aire, que pueden presentar diferentes formas, y que a veces se denominan “toberas” (figura 7) (Boto Fidalgo y López Díez, 1999; Gil, 2003).

En estos equipos, la corriente de aire, aparte de producir la pulverización del líquido, sirve también para facilitar que las gotas alcancen la superficie objetivo.



Figura 7.- Equipo de aplicación neumático. Detalle de una tobera

La **pulverización centrífuga** se utiliza para realizar aplicaciones denominadas de ultra bajo volumen (ULV “Ultra Low Volume”) siendo capaz de aplicar dosis muy bajas, de entre 5 y 50 l/ha con una buena uniformidad de reparto. Se realiza mediante pulverizadores centrífugos que montan un disco giratorio donde llega el líquido y se desplaza por la fuerza centrífuga formándose las gotas; se utiliza principalmente en equipos manuales (figura 8) (Boto Fidalgo y López Díez, 1999; Cañavate, 2003).

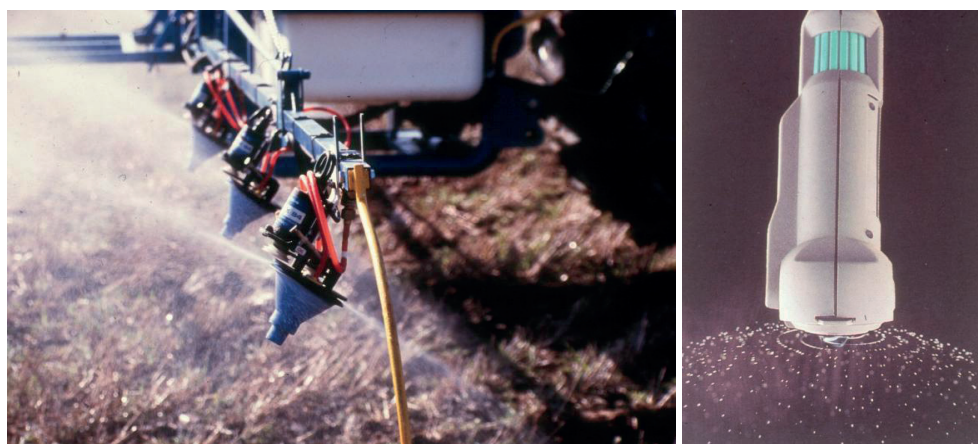


Figura 8.- Equipo de aplicación centrífugo. Detalle de formación de las gotas

La **pulverización termoneumática** tiene su uso restringido a recintos cerrados donde se aplica mediante equipos denominados *termonebulizadores* o *aerosoles*. Aquí las gotas que se forman provienen de poner en contacto el

caldo fitosanitario con una corriente de gas caliente lo que provoca la rotura del líquido en gotas muy finas (inferiores a 30 micras) que forman una niebla. La corriente de gas caliente generalmente procede de los gases de escape producidos por un motor de combustión interna (figura 9) (Márquez, 1988; Olivet, 2009; Llop, 2017).



Figura 9.- Equipos de aplicación termoneumáticos tratando en recintos cerrados.

La **pulverización electrodinámica** consiste en transformar el líquido fitosanitario en gotas a la vez que se dotan de carga eléctrica, con ello se consiguen gotas muy finas y homogéneas pudiéndose trabajar con dosis de 1 l/ha. Existen pocos equipos en el mercado y tienen aplicaciones muy concretas para muy pocos productos fitosanitarios. La aplicación presenta problemas ya que las gotas se depositan en la superficie polarizable más próxima sea la superficie objetivo o sea el propio operario aplicador. (Ribero, 1993; Salcedo, *et al.*, 2019)

La técnica del **espolvoreo** se utiliza con *espolvoreadores* para aplicar productos sólidos en forma de polvo. Su utilización se ha reducido mucho quedando prácticamente reducida a la aplicación de azufre en viñedo con dosis de 20-30 kg/ha. Los equipos consisten en un circuito de aire formado por un ventilador centrífugo con colectores que canalizan el aire desplazado por el ventilador hasta las salidas de polvo denominadas toberas. El circuito de aire bien por sobre presión o por depresión arrastra el producto en forma

de polvo que está contenido en un depósito y lo hace salir por dos toberas, una a cada lado del equipo. Además para evitar la compactación del producto dispone de un agitador en el depósito y de un regulador para poder regular el caudal de producto a aplicar (Boto Fidalgo y López Díez, 1999; Cañavate, 2003) (figura 10).



Figura 10.- Equipo espolvoreador. Saco de azufre en polvo. Detalle del ventilador centrífugo

La **aplicación de microgránulos** (generalmente productos insecticidas, nematocidas, herbicidas, etc.) ha tenido en los últimos 40 años una importante aplicación junto con las operaciones de siembra o trasplante para proteger a las plantas en sus primeras fases de desarrollo aunque va perdiendo importancia al aparecer en el mercado semillas o plantas recubiertas ya del producto fitosanitario.

Se suelen instalar como sistemas complementarios a los equipos de siembra, presentando uno o varios depósitos para el producto, un sistema de dosificación generalmente de caudal proporcional al avance y un sistema de distribución mediante tubos y algún otro elemento (reja o bota, difusor, etc) dependiendo si el producto se quiere colocar en profundidad o en la superficie, en líneas, en bandas, del terreno (Boto Fidalgo y López Díez, 1999; Cañavate, 2003) (figura 11).



Figura 11.- Equipo de siembra con aplicación de microgránulos en profundidad. En superficie

Cabe destacar que es muy importante para llevar a cabo una correcta aplicación del producto fitosanitario que exista un buen mantenimiento del equipo y una correcta calibración o adaptación del equipo a las condiciones particulares y específicas de la aplicación que se va a realizar en un momento determinado y una correcta ejecución (velocidad de avance...) siendo esto uno de los puntos básicos para el éxito del tratamiento. (Val *et al.*, 1991; Bernat *et al.*, 1997; López y Boto, 1999; Márquez 2004 a; 2004b; Gil, 2007b; Gil y Badiola, 2007; Santamarta y Boto, 2014; Llop y Gil, 2017).

3.6. Evolución y nuevas tendencias

Han pasado muchos años de los primeros equipos de aplicación de fitosanitarios con tracción animal hasta llegar a los actuales equipos dotados de monitorización y automatización (figura 12) (Márquez, 2008b).



Figura 12.- Pulverizador de los años 60 del siglo XX. Aplicación de fitosanitarios en los años 50 del siglo XX.

En los comienzos los equipos eran de tracción animal hasta que posteriormente fueron sustituidos por tracción mecánica, normalmente tractores. En la actualidad se siguen manteniendo los equipos semi-arrastrados o suspendidos de tractores convencionales pero cada vez más se comercializan equipos específicos automotrices dotados de una gran capacidad de trabajo (figura 13).



Figura 13.- Pulverizador hidráulico de tipo semi arrastrado. Pulverizador hidráulico de tipo suspendido. Pulverizador hidráulico en equipo autopropulsado. Pulverizador hidroneumático o atomizador autopropulsado.

Actualmente se comercializan equipos dotados de sistemas de autoguiado mediante GPS (Global Position System) (figura 14) o preparados para conectarse a los sistemas del tractor, para poder tratar de noche con la misma precisión y eficacia que de día o equipos dotados de dosificación electrónica para que el operador no se tenga que preocupar de elaborar la mezcla del producto fitosanitario con el agua de disolución. Con ello se consigue que el operador o conductor de la máquina realice su labor de una forma más cómoda y más respetuosa con el medio ambiente. Todo ello pasa por disponer

en la máquina de un sistema automático que incluye, un procesador (con todas las órdenes previstas), una serie de sensores o captadores que envían la información al procesador, que a su vez de forma automática, en base a lo previamente fijado por el operador, da órdenes a una serie de actuadores existentes en la máquina para actuar sobre los elementos reguladores la misma (figura 14). La respuesta de la máquina se puede observar en el “monitor” (pantallas, luces,...); además, en la mayoría de los sistemas se dispone de lo que se conoce como “interface” (pantallas, mandos,...) que nos permite acceder al procesador cambiando órdenes.



Figura 14.-. Detalle antena receptora sistema de posicionamiento por GPS. Detalle del sistema de autoguiado en el interior de la cabina.

Los sensores que se utilizan son radares para medir la velocidad real de avance, caudalímetros para medir el caudal de entrada y salida del distribuidor, medidores de la altura de barras o sensores para la ubicación de la máquina en la parcela (GPS, autoguiado).

El procesador o central de control tiene una interface en la que se fijan una serie de parámetros como son la dosis, el número de boquillas, la altura de barras, funciones automatizadas e incluso parámetros simulados, mostrando a través de un monitor los parámetros de funcionamiento, los parámetros incorporados, parámetros de rendimiento y alarmas. Normalmente, el monitor y el interface se incluyen en la misma pantalla.

Los actuadores son los elementos (actualmente electrónicos relés, motores,...) que accionan a las diversas válvulas (de compuerta, caudal, de

presión, etc...) que son las que regulan el funcionamiento de la actividad o actuadores sobre el elevador hidráulico o sobre la dirección de la máquina.

Además no se debe olvidar la importancia de la compatibilidad de estas máquinas con los tractores correspondientes a las que están enganchadas utilizándose conexiones normalizadas tipo ISOBUS. (Martín, 1999; Miller *et al.*, 2003; Gil, *et al.*, 2007; Márquez, 2007; Gil y Escolà 2009; Landers, 2010; Llorens, *et al.*, 2010; Escolà, *et al.*, 2011; Gil, *et al.*, 2011; Escolà, *et al.*, 2013a; 2013b; Gil, *et al.*, 2013b; Gil, *et al.*, 2014; Campos *et al.*, 2019; Gil, *et al.*, 2019; Campos *et al.*, 2020; Garcerá *et al.*, 2021).

Los RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) o simplemente drones también tienen en la aplicación de fitosanitarios un campo de actividad no tanto como equipos de tratamiento debido a la limitación del peso que pueden soportar (figura 15) sino como equipos de reconocimiento para la obtención de imágenes que puedan aportar información georreferenciada para un tratamiento selectivo posterior mediante una máquina terrestre incorporando para ello cámaras multiespectrales y de manera incipiente sensores LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) bastante desarrollados en cultivos como el olivar (López, *et al.*, 2021).

En la actualidad se están utilizando sensores terrestres tipo LIDAR para evaluar la calidad de las aplicaciones, la deriva generada en las mismas, para ver la conformación de las plantas a tratar o para generación de mapas georreferenciados de la parcela combinándolos con GPS. (Rosell *et al.*, 2009a ; 2009b; Llorens *et al.*, 2011a; 2011b; Gil *et al.*, 2013c; Sanz *et al.*, 2013; Llop *et al.*, 2016). También se están desarrollando Apps para móviles para ayudar a hacer una dosificación más precisa del caldo fitosanitario. (Gil, 2018). De forma continua están apareciendo innovaciones de todo tipo. Tienen especial interés todas aquellas relacionadas con la reducción de las dosis a aplicar mediante la optimización de los tratamientos y mediante la aplicación selectiva, especialmente recomendado para los grandes cultivos extensivos donde el potencial de reducción de volumen es mucho mayor (Figura 15). (Palacios,

1994; Serrano, 2002; Paiva, 2003; Planas *et al.*, 2006; Gil, 2009; Fillat *et al.*, 2011; Gil, 2011; Gil y Díez, 2014; Miranda-Fuentes *et al.*, 2015; Višacki *et al.*, 2016; Miranda, 2017; Miranda-Fuentes *et al.*, 2018; López *et al.*, 2021). De igual forma presenta un máximo interés todo lo relacionado con una utilización más segura y eficaz de los equipos de aplicación. (Planas y Gil, 2002; Gil, 2016b; Moltó *et al.*, 2012; Planas, 2013; Doruchowski *et al.*, 2014)



Figura 15.-. Dron multirotor con dispositivo aplicador. Sistema weedseeker de Trimble para la detección de biomasa con infrarrojos y decidir si abre o no la boquilla correspondiente. Cámara-sensor DAT Ecopatch mediante imagen RGB. Sistema Berthoud Impact con cámaras multispectrales cada 1,5 m.

4.. CONCLUSIONES

- La protección de las plantas mediante productos fitosanitarios es un medio indispensable para poder disponer de alimentos a unos precios asequibles por parte de los consumidores. Así mismo, los fitosanitarios han ido evolucionando hacia formulados más comprometidos y respetuosos con la agricultura sostenible, con la seguridad de los

alimentos y la seguridad y salud de los aplicadores y de los consumidores.

- La aplicación de la Directiva europea 2009/128 de 21 de octubre de Uso sostenible de plaguicidas ha provocado un cambio positivo en el hacer de los agricultores. La legislación comunitaria y nacional ha cambiado sustancialmente y afecta ahora también a las técnicas de aplicación y no solo a los productos.
- La inspección técnica de los Equipos de Aplicación (ITEAF) ha provocado, aparte de una actualización de su correcto estado, la mejora de la formación y el conocimiento de los usuarios de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios. Con todo ello un equipo de aplicación que funciona correctamente se puede calibrar y permite hacer ajustes precisos y mejores aplicaciones lo cual permite reducir la cantidad de fitosanitarios distribuida sin perjuicio de los niveles de eficacia alcanzados reduciendo por lo tanto el riesgo medioambiental.
- Las nuevas tendencias en agricultura de precisión mediante la aplicación selectiva nos permiten reducir el volumen de producto aplicado al cultivo.
- En definitiva, la utilización de equipos de aplicación de productos fitosanitarios en buenas condiciones y debidamente regulados permitirán alcanzar una agricultura cada vez más eficaz y a la vez segura y respetuosa con el medioambiente.

HE DICHO

5.. BIBLIOGRAFÍA

- AEPLA (2021) Asociación Empresarial para la protección de las Plantas Página web de la AEPLA. Disponible en: <https://www.aepla.es> (Accedido: 25 junio 2021)
- Alcides, P. (2004) Túnel pulverizador para manzanos de alta densidad. Diseño y calidad de aplicación. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- AENOR (2004) Asociación Española de Normalización y Certificación UNE-EN ISO 13790:2004 Maquinaria agrícola. Pulverizadores. Inspección de pulverizadores en uso. Partes 1 y 2. Madrid: AENOR.
- AENOR (2009) Asociación Española de Normalización y Certificación UNE-EN ISO 4254-6. Maquinaria agrícola. Seguridad. Parte 6: Pulverizadores y distribuidores de fertilizantes líquidos. Madrid: AENOR.
- AENOR (2013) Asociación Española de Normalización y Certificación UNE-EN ISO 16119. Maquinaria agrícola y forestal. Requisitos medioambientales para pulverizadores. Madrid: AENOR.
- AENOR (2015) Asociación Española de Normalización y Certificación UNE-EN ISO 16122. Maquinaria agrícola y forestal. Inspección de pulverizadores en uso. Madrid: AENOR.
- Aplicación de Productos Fitosanitarios (2010) Madrid: ICD Editores.
- Balsari, P., Gil, E., Marucco, P., Gallart, M., Bozzer, C., Llop, J. y Tamagnone, M. (2014) "Study and development of a test methodology to assess potential drift generated by air-assisted sprayers", *Aspects of Applied Biology*, (122), (International Advances in Pesticide Application), pp. 339-346. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/21367>

- Balsari, P., Marucco, P. y Tamagnone, M. (2007) "A test bench for the classification of boom sprayers according to drift risk", *Crop Protection*, 26 (10) 1482-1489. Disponible en: doi.org/10.1016/j.cropro.2006.12.012
- Balsari, P., Marucco, P., y Tamagnone, M. (2012) "Study of a test methodology to assess potential spray drift generated by air-assisted sprayers for arboreal crops", en *Proc AgEng Conf 2012*. Valencia, España, 8-10 julio, p. C1613.
- Balsari, P., Gil, E., Marucco, P., van de Zande, J.C., Nuyttens, D., Herbst, A. y Gallart, M. (2016) "Field-crop-sprayer potential drift measured using test bench: Effects of boom height and nozzle type", *Biosystems Engineering*, (154), pp. 3-13. Disponible en: doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.10.015
- Bello Gutiérrez, J. (2005) *Calidad de vida, alimentos y salud humana: Fundamentos científicos*. Madrid: Díaz de Santos.
- Bernat, C., Gil, E., Armengol, E. y Badiola, J. (1997) "Diseño y comprobación de un equipo móvil para la calibración de pulverizadores hidroneumáticos para frutales y viña", *Fruticultura profesional*, (89), pp. 35-44.
- Bouse, L.F., Kirk I.W., y Bode L.E. (1990) "Effect of spray mixture on droplet size", *Transactions of the ASAE*, 33 (3), pp. 783-788. Disponible en: doi.org/10.13031/2013.31401
- Boto, J.A. (2010) "Equipos de aplicación de herbicidas para cultivos extensivos", *Phytoma España*, (216), pp. 40-44.
- Boto, J.A. (2011) "Aspectos técnicos de las inspecciones de los equipos de aplicación de plaguicidas: seguridad y eficiencia", *Tierras de Castilla y León*, (181), pp. 12-19.
- Boto, J.A. y Pastrana, P. (2008) "Seguridad en el manejo de los pulverizadores en los tratamientos herbicidas en Castilla y León", *Tierras de Castilla y León*, (147), pp. 56-60.

- Boto, J.A., Pastrana, P., López, F.J. y Marcelo, V. (2009) "Calibración y regulación de los equipos para la aplicación de productos plaguicidas", *Tierras de Castilla y León*, (159), pp. 96-102.
- Boto, J.A., López, F.J., Marcelo, V. y Pastrana, P. (2000) "Inspección de equipos de tratamientos fitosanitarios", *Agricultura*, (817), pp. 501-502.
- Boto, J.A. y Marcelo, V. (2000) "Boquillas de pulverización hidráulica", *Agricultura*, (822), pp. 893-897.
- Boto, J.A., Marcelo, V., Pastrana, P., López, F.J. y Valenciano, J.B. (2014) "Current situation of the inspections of sprayers in use in the Community of Castilla y León (Spain)", en *International Conference of Agricultural Engineering AgEng2014*. Zurich, Suiza. 6-10 Julio, p. C0376
- Boto, J.A., Pastrana, P., López, F.J. y Valenciano, J.B. (2008) "Tipología y/o caracterización de los equipos de aplicación de herbicidas en Castilla y León", *Tierras de Castilla y León*, (145), pp. 28-32.
- Boto, J.A., Valenciano, J.B., López, F.J. y Pastrana, P. (2009) "Análisis comparativo del uso de boquillas de abanico y turbulencia en la aplicación de herbicidas", en *Herbologia e biodiversidade numa agricultura sustentável*. Lisboa, 10 a 13 de Noviembre de 2009.
- Boto Fidalgo, J.A. y López Díez, F.J. (1999) *La aplicación de fitosanitarios y fertilizantes*. León: Universidad de León.
- Campos, J., Gallart, M., Llop, J., Ortega, P., Salcedo, R. y Gil, E. (2020) "On-Farm Evaluation of Prescription Map-Based Variable Rate Application of Pesticides in Vineyards" *Agronomy*, 10 (1), p. 102. Disponible en: doi.org/10.3390/agronomy10010102

- Campos, J., Gil, E., Campos, J., Llop, J., Gallart, M., García-Ruíz, F., Gras A., Salcedo, R. y Gil, E. (2019) "Development of canopy vigor maps using UAV for site-specific management during vineyard spraying process" *Precision Agriculture*, 20 (6), pp. 1136-1156. Disponible en: doi.org/10.1007/s11119-019-09643-z
- Castilla y León (2013) "Resolución de 27 de mayo de 2013 de la Dirección General de Producción Agropecuaria y Desarrollo Rural, por la que se reconoce como Unidad de Formación en Castilla y León en materia de Inspecciones Técnicas de los Equipos de Aplicación de Productos Fitosanitarios en Castilla y León, al Grupo de Mecanización del Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad de León", *Boletín Oficial de Castilla y León*, 6 de julio de 2013 (107), pp. 37536-37537.
- Castilla y León (2014) "Orden de la Consejería de Agricultura y Ganadería 925/2014, de 15 de octubre, por la que se regulan las inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios en Castilla y León", *Boletín Oficial de Castilla y León*, 5 de noviembre de 2014 (213), pp. 75177-75186.
- Cessna, A.J. Gagnon, P., Sheedy, C., Farenhorst, A., Newlands, N. y McQueenet, D.A.R. (2016) "Pesticides", en Clearwater, R.L., Martin, T. y Hoppe, T. (eds.) *Environmental sustainability of Canadian agriculture: Agri-environmental indicator report series – Report #4*. Ottawa: Agriculture and Agri-Food Canada, p. 155.
- Comisión Europea (1991) "Directiva 91/414/CEE de 15 de Julio, relativa a la comercialización de Productos Fitosanitarios", *Diario Oficial de la Unión Europea*, 19 de agosto de 1991, (230) pp. 1-32.
- Comisión Europea (2006) "Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas", *Diario Oficial de la Unión Europea*, 9 de junio de 2006, (157), pp. 24-86.

- Comisión Europea (2009a) “Reglamento CE 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 relativo a la comercialización de productos fitosanitarios”. Diario Oficial de la Unión Europea 24 de noviembre de 2009, (309) pp. 1-50.
- Comisión Europea (2009b) “Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas”, Diario Oficial de la Unión Europea, 24 de noviembre de 2009, (309), pp. 71-86.
- Chueca, P., Moltó, E. y Garcerá, C. (2014) “Estudio sobre la distribución de la pulverización de las boquillas convencionales y antideriva en los tratamientos de cítricos”, *Levante Agrícola*, (421), pp.133-137.
- Cubero Salmerón, J.I. (2018) *Historia general de la agricultura: De los pueblos nómadas a la biotecnología*. Córdoba: Guadalmazán.
- Cunha, J.P., Chueca, P., Garcerá, C. y Moltó, E. (2012) “Risk assessment of pesticide spray drift from citrus applications with air-blast sprayers in Spain”, *Crop Protection*, (42), pp. 116-123. Disponible en: doi.org/10.1016/j.cropro.2012.06.001
- Doruchowski, G., Balsari, P., Gil, E., Marucco, P., Roettele, M. y Wehmann, H.J. (2014) “Environmentally Optimised Sprayer (EOS) – A software application for comprehensive assessment of environmental safety features of sprayers”, *Science of the total Environment*, (482-483), pp. 201-207. Disponible en: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.112
- Doruchowski, G., Swiechowski, W., Godyn, A. y Holownicki, R. (2009) “Spray deposit in apple canopies as affected by low drift application strategies with environmentally dependent application system”, en *Proc SuproFruit 2009 -10th Workshop on Spray Application in Fruit Growing*. Wageningen, Holanda, 30 de septiembre – 2 de octubre. pp: 26-27.

- Escolà, A., Arnó, J., Rosell, J.R., Gil, E., Ortí, E. y Moltó, E. (2013b) "Fruticultura de precisión: tecnologías precisas para la protección de cultivos en frutales, viña y cítricos", *Agricultura*, (958), pp. 30-34.
- Escolà, A., Planas, S., Rosell, JR., Pomar, J., Camp, F., Solanelles, F., Gracia, F., Llorens, J. y Gil, E. (2011) "Performance of an Ultrasonic Ranging Sensor in Apple Tree Canopies", *Sensors*, 11 (3), pp. 2459-2477. Disponible en: Disponible en: doi.org/10.3390/s110302459
- Escolà, A., Rosell-Polo, J.R., Planas, S., Gil, E., Pomar, J., Camp, F., Llorens, J. y Solanelles, F. (2013a) "Variable rate sprayer. Part 1 - Orchard prototype: design, implementation and validation", *Computers and Electronics in Agriculture*, (95), pp. 122-135. Disponible en: doi.org/10.1016/j.compag.2013.02.004
- España (1942) "Decreto de 19 de septiembre sobre fabricación y comercio de insecticidas, anticriptogamicidas y material de aplicación", *Boletín Oficial del Estado*, 23 de octubre de 1942, (296), pp. 8479-8480.
- España (2002) "Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de sanidad vegetal", *Boletín Oficial del Estado*, 21 de noviembre de 2002, (279), pp. 40970-40988.
- España (2008) "Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas", *Boletín Oficial del Estado*, 11 de octubre de 2008, (246), pp. 40995-41030
- España (2011) "Real Decreto 1702/2011, de 18 de noviembre, sobre las inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios", *Boletín Oficial del Estado*, 9 de diciembre de 2011, (296), pp. 130569-130584
- FAO (2020) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Página web de la FAO. Disponible en: <https://www.fao.org> (Accedido: 25 junio 2021)

- Fernández, M., López, M.I., Serrano, N., Ortiz, F., López, J., Martín, R.A. y Yruela, M.C. (2017a) *Aplicación de Productos Fitosanitarios. Nivel básico*. Sevilla: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía.
- Fernández, M., López, M.I.; Serrano, N., Ortiz, F., López, J., Martín, R.A. y Yruela, M.C. (2017b) *Aplicación de Productos Fitosanitarios. Nivel cualificado*. Sevilla: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía.
- Fillat, A., Solanelles, F., Camp, F. y Gracia, F.J. (2011) "Optimización de las aplicaciones fitosanitarias e innovaciones tecnológicas", *Vida Rural*, (333), pp. 36-40.
- Garcerá, C., Moltó, E., Fonte, A. y Chueca, P. (2014) "Development of models to predict product deposition from coverage obtained on artificial collectors and their practical application", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12 (3), pp. 594-602.
- Garcerá, C., Moltó, E., Fonte, A. y Chueca, P. (2021) "CitrusVol y otras herramientas de ayuda a la decisión para la optimización del volumen de caldo en los tratamientos fitosanitarios para cítricos", *Levante Agrícola*, (455), pp. 45-52.
- Gil, E. (2001) "Inspection of sprayers in use. Quality improvement by increasing farmer's formation", *Parasitica*, 57 (1-2-3), pp. 157-166.
- Gil, E. (2003) *Tratamientos en viña: equipos y técnicas de aplicación*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Gil, E. (2006) "The Spanish perspective on pesticide application issues on international standards and regulatory demands", *Aspects of Applied Biology* (77), (International advances in pesticide application 2006), pp. 51-62.

- Gil, E. (2007a) "Inspection of sprayers in use: a European sustainable strategy to reduce pesticide use in fruit crops", *Applied Engineering in Agriculture*, 23 (1), pp. 49-56. Disponible en: doi.org/10.13031/2013.22330
- Gil, E. (2007b) "Importancia del mantenimiento y limpieza del equipo de tratamientos", *Vida Rural, Extra* (251), pp. 26-28.
- Gil, E. (2009) "Mejora de las aplicaciones de fitosanitarios en frutales, vid y cítricos", *Vida Rural, Extra* (296), pp.14-18.
- Gil, E. (2011) "Reducción de dosis en tratamientos fitosanitarios en viña", *Tierras de Castilla y León*, (183), pp. 120-125.
- Gil, E. (2013) "Reducir la deriva en tratamientos en viña: TOPPS-Prowadis y la Guía de Buenas Prácticas Fitosanitarias", *Enovicultura*, (20), pp. 18-31.
- Gil, E. (2014) "Inspecciones de equipos de aplicación de fitosanitarios: Situación dos años después de la publicación del Real Decreto", *Tierras de Castilla y León*, (218), pp. 18-27.
- Gil, E. (2016a) "La calidad de las inspecciones de equipos de aplicación de fitosanitarios", *Tierras de Castilla y León*, (240), pp-34-37.
- Gil, E. (2016b) "Tratamientos fitosanitarios en viña. Nuevas tecnologías para un proceso más seguro y sostenible", *Agricultura*, (994), pp. 322-332.
- Gil, E. (2018) "Nueva App DOSAVIÑA: Nueva herramienta de ayuda para un correcto uso de fitosanitarias en viña", *Tierras de Castilla y León*, (266), pp.120-123.
- Gil, E. y Badiola, J. (2007) "Design and verification of a portable vertical patternator for vineyard sprayers calibration", *Applied Engineering in Agriculture*, 23 (1), pp. 35-42. Disponible en: <http://asae.frymulti.com/abstract.asp?aid=22328&t=2>.

- Gil, E. y Escolà, A. (2009) "Design of a decision support method to determine volume rate for vineyard spraying", *Applied Engineering in Agriculture*, 25 (2), pp. 145-151. Disponible en: <http://asae.frymulti.com/abstract.asp?aid=26323&t=2>
- Gil, E. y Díez, A.M. (2014) "Implementación de estrategias de demostración e innovación para reducir el uso de fitosanitarios", *Agricultura*, (977), pp. 690-692.
- Gil, E. y Gracia, F. (2004) "Compulsory inspection of sprayers in use: improving efficiency by training and formative aspects", en *First European Workshop on Standardised Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe – SPISE*. Braunschweig, Alemania, 27-29 de abril. pp. 114-119.
- Gil Moya, E. y Gracia Águila, F. (2017) *Manual de inspección de equipos de aplicación de fitosanitarios en uso*. 2ª edición adaptada a la normativa UNE-EN ISO 16122:2015. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Gil Moya, E., Gracia Águila, F. y Escolá Agustí, A. (2011) *Manual de inspección de equipos de aplicación de fitosanitarios en uso*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Gil, E., Arnó, J., Llorens, J., Sanz, R., Llop, J., Rosell-Polo, J.R., Gallart, M. y Escolà, A. (2014) "Advanced Technologies for the Improvement of Spray Application Techniques in Spanish Viticulture: an overview", *Sensors*, 14 (1), pp. 691-708. Disponible en: doi.org/10.3390/s120100691
- Gil, E., Balsari, P., Gallart, M., Llorens, J., Marucco, P., Gummer Andersen, P., Fàbregas, X. y Llop, J. (2014) "Determination of drift potential of different flat fan nozzles on a boom sprayer using a test bench", *Crop Protection*, (56), pp. 58-68. Disponible en: doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.018

- Gil, E., Campos, J., Ortega, P., Llop, J., Gras, A., Armengol, E., Salcedo, R. y Gallart, M. (2019) "DOSAVIÑA: Tool to calculate the optimal volume rate and pesticide amount in vineyard spray applications based on a modified leaf wall area method", *Computers and Electronics in Agriculture*, (160), pp. 117-130. Disponible en: doi.org/10.1016/j.compag.2019.03.018
- Gil, E., Escolà, A., Rosell, J.R., Planas, S. y Val, L. (2007) "Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors", *Crop Protection*, 26 (8), pp. 1287-1297. Disponible en: doi.org/10.1016/j.cropro.2006.11.003
- Gil, E., Gallart, M., Balsari, P., Marucco, P., Almajano, M.P. y Llop, J. (2015) "Influence of wind velocity and wind direction on measurements of spray drift potential of boom sprayers using drift test bench", *Agricultural and Forest Meteorology*, (202), pp. 94-101. Disponible en: doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.12.002
- Gil, E., Landers, A., Gallart, M. y Llorens, J. (2013a) "Development of two portable patternators to improve drift control and operator training in the operation of vineyard sprayers", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(3), pp. 615-625. Disponible en: doi.org/10.5424/sjar/20131113-3638
- Gil, E., Llorens, J., Landers, A., Llop, J. y Giralt, L. (2011) "Field validation of DOSAVIÑA, a decision support system to determine the optimal volume rate for pesticide application in vineyards", *European Journal of Agronomy*, 35 (1), pp. 33-46. Disponible en: doi.org/10.1016/j.eja.2011.03.005
- Gil, E., Llorens, J., Llop, J., Fàbregas, X. y Gallart, M. (2013c) "Use of terrestrial LIDAR sensor for drift detection on vineyard spraying" *Sensors*, 13 (1), pp. 516-534. Disponible en: doi.org/10.3390/s130100516

- Gil, E., Llorens, J., Llop, J., Escolà, A. y Rosell-Polo, J.R. (2013b) "Variable rate sprayer. Part 2 - Vineyard prototype: design, implementation and validation", *Computers and Electronics in Agriculture*, (95), pp. 136-150. Disponible en: doi.org/10.1016/j.compag.2013.02.010
- Gil, E., Salcedo, R., Soler, A., Ortega, P., Llop, J., Campos, J. y Oliva, J. (2021) "Relative efficiencies of experimental and conventional foliar sprayers and assessment of optimal LWA spray volumes in trellised wine grapes", *Pest Management Science*, 77 (5), pp. 2462-2476. Disponible en: doi.org/10.1002/ps.6276
- Gracia, F.J. (2007) "Maquinaria para la distribución de los fitosanitarios: regulación y control/inspección de los equipos aplicadores", *Agricultura de conservación*, (5), pp. 32-37.
- Gracia, F.J. (2000) "La inspección periódica de la maquinaria de tratamientos: resultados alcanzados y perspectivas del programa", *Fruticultura Profesional*, (109), pp. 5-15.
- Gracia, F.J. y Escolà, A. (2004) "Importancia de la maquinaria de aplicación de los tratamientos fitosanitarios: la inspección de las máquinas de tratamientos fitosanitarios", *Phytoma España*, (162), pp. 46-55.
- Gracia, F.J., Escolà, A. y Bustos, A. (2002) "Inspección de equipos en uso para la aplicación de productos fitosanitarios en España", *Fruticultura Profesional*, (124), pp. 5-11.
- Huijsmans, J.F.M. y Zande, J.C. van de (2011) "Workshop harmonisation of drift and drift reducing methodologies for evaluation and authorization of plant protection products", *Plant Research International WUR-PRI*, (390), pp. 19-20.

- Jiménez, A., García-Ramos, J., Muñoz, V., Boné, A.V. y Gil, E. (2015) "Design and development of software for improving the efficacy and training of mandatory inspections of sprayers in use in Europe", *Applied Engineering in Agriculture*, 31(6), pp. 829-837. Disponible en: doi.org/10.13031/aea.31.11302
- Laguna, A. (2000) *Maquinaria agrícola. Construcción, funcionamiento, regulaciones y cuidados*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Landers, A. (2010) "Developments towards an automatic precision sprayer for fruit crop canopies" en *ASABE Int Meet*. Pittsburgh, PA, USA. p. 1009008.
- López, F.J. y Boto, J.A. (1996a) "Maquinaria: Pulverizadores hidráulicos", *Agricultura*, (773), pp. 1008-1013.
- López, F.J. y Boto, J.A. (1996b) "Pulverizadores hidráulicos, I: Depósito, bomba y distribuidor", *Agricultura*, (771), pp. 827-832.
- López, F.J. y Boto, J.A. (1999) "Influencia de la regulación de un pulverizador hidráulico en la homogeneidad de reparto de los herbicidas", en *Congreso Sociedad Española de Malherbología*, Logroño, 23-25 de noviembre.
- López, F.J., Marcelo, V. y Pastrana, S. (2021) "Pulverización con equipos de barras en agricultura de precisión", *Vida Rural*, (496), pp. 74-80.
- Llop, J. (2017) *Improvement of spray application process in greenhouse tomato crop. Assessment of adapted spraying technologies and methods for canopy characterization*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Llop, J. y Gil, E. (2017) "Calibración: la clave para un uso eficiente de los fitosanitarios", *Agricultura*, (1009), pp. 690-694.

- Llop, J., Gil, E., Llorens, J., Gallart, M. y Balsari, P. (2015) "Influence of air-assistance on spray application for tomato plants in greenhouses", *Crop Protection*, (78), pp. 293-301. Disponible en: [doi.org/ 10.1016/j.cropro.2015.09.026](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.09.026)
- Llop, J., Gil, E., Llorens, J., Miranda-Fuentes, A. y Gallart, M. (2016) "Testing the suitability of a terrestrial 2D Lidar scanner for canopy characterization of greenhouse tomato crops", *Sensors*, 16 (9), p. 1435. Disponible en: doi.org/10.3390/s16091435
- Llorens, J., Gil, E., Llop, J. y Escolà, A. (2010) "Variable rate dosing in precision viticulture: Use of electronic devices to improve application efficiency", *Crop Protection*, 29 (3), pp. 239-248. Disponible en: doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.022
- Llorens, J., Gil, E., Llop, J. y Escolà, A. (2011a) "Ultrasonic and LIDAR Sensors for Electronic Canopy Characterization in Vineyards: Advances to Improve Pesticide Application Methods", *Sensors*, 11 (2), pp. 2177-2194. Disponible en: doi.org/10.3390/s110202177
- Llorens, J., Gil, E., Llop, J. y Queraltó, M. (2011b) "Georeferenced LIDAR 3D Map Generation of Vine Plantations", *Sensors*, 11 (6), pp. 6237-6256. Disponible en: doi.org/10.3390/s110606237
- Magdalena, J.C. (2004) Efecto de la utilización de pulverizadores de flujo transversal e hidroneumático tradicional sobre la calidad de los tratamientos fitosanitarios en manzanos (*Malus doméstica*, Borkh). Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Marcelo, V., López, F.J., Pastrana, P. y Boto, J.A. (2000) "Inspección de equipos de tratamientos fitosanitarios", *Agricultura*, (817), pp. 501-502.
- Márquez, L. (1988) "Aplicación de fitosanitarios por pulverización termo-neumática", *Agricultura*, (676), pp. 830-837.

- Márquez, L. (2000) "La inspección técnica de los pulverizadores", *Agrotécnica*, (2), pp. 44-49.
- Márquez, L. (2001a) "Aspectos generales y específicos para pulverizadores de barras", *Agrotécnica*, (4), pp.153-158.
- Márquez, L. (2001b) "Equipos de medida y condiciones específicas de los pulverizadores para cultivos arbóreos", *Agrotécnica*, (5), pp. 53-39.
- Márquez, L. (2002) "Reducir la deriva mediante boquillas con inyección de aire". *Revista de AIMCRA*, (76), pp. 22-26.
- Márquez, L. (2004a) "Adaptación de los pulverizadores hidroneumáticos a las características de la plantación" *Agrotécnica*, (5), pp. 57-61.
- Márquez, L. (2004b) "La regulación de la maquinaria para los tratamientos fitosanitarios y sus repercusiones técnicas, económicas y ambientales", en Fernández, E.J. (eds.) *Producción hortícola y seguridad alimentaria*. Almería: Universidad de Almería, pp. 359-378.
- Márquez, L. (2005) "Normativa aplicable a los equipos de pulverización", *Phytoma España*, (169), pp. 90-97.
- Márquez, L. (2007) "Sistema de guiado en paralelo para tractores y máquinas agrícolas". *Mundo del agrónomo, Revista del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias*, (1), p. 28.
- Márquez, L. (2008a) *Buenas prácticas agrícolas en la aplicación de los fitosanitarios*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Márquez, L. (2008b) "La evolución del equipo mecánico para la aplicación de fitosanitarios en los últimos veinte años", *Phytoma España*, (196), pp.32-36.

- Martín, B. (1999) Control electrónico en dos modelos de equipos de tratamientos fitosanitarios en arboricultura. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Martins, M. (1997) Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Michael, C., Gil, E., Gallart, M. y Stavrinides, M.C. (2021) "Evaluation of the Effects of Spray Technology and Volume Rate on the Control of Grape Berry Moth in Mountain Viticulture", *Agriculture*, 11 (2), p. 178. Disponible en: doi.org/10.3390/agriculture11020178
- Miller, P.R., Salyani, M. y Hiscox, A.L. (2003) "Remote measurement of spray drift from orchard sprayers using LIDAR", en *Proc American Society of Agricultural and Biological Engineers*. Las Vegas, NV, Estados Unidos, 27-30 de julio. p. 031093.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021) Página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/mquinaria-agricola/inspecciones-equipos-aplicacion-productos-fitosanitarios/> (Accedido: 25 junio 2021)
- Miranda, A. (2017) Strategies for the optimization of the efficiency in the plant protection product applications in olive canopies. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.
- Miranda-Fuentes, A., Llorens, J., Gamarra-Diezma, J.L., Gil-Ribes, J.A., y Gil, E. (2015) "Towards an optimized method of olive tree crown volume measurement", *Sensors*, 15 (2), pp. 3671-3687. Disponible en: doi.org/10.3390/s150203671

- Miranda-Fuentes, A., Marucco, P., González-Sánchez, E.J., Gil, E., Grella, M. y Balsari, P. (2018) "Developing strategies to reduce spray drift in pneumatic spraying in vineyards: Assessment of the parameters affecting droplet size in pneumatic spraying", *Science of The Total Environment*, (616-617), pp. 805-815. Disponible en: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.242
- Miranda-Fuentes, A., Rodríguez-Lizana, A., Gil, E., Agüera-Vega, J. y Gil-Ribes, J. (2015) "Influence of liquid-volume and airflow rates on spray application quality and homogeneity in super-intensive olive tree canopies", *Science of the Total Environment*, 537(15), pp.250-259. Disponible en: [doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.012](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.012)
- Moltó, E. (2005) "Situación actual de la aplicación de productos fitosanitarios en el cultivo de cítricos", *Levante Agrícola*, (375), pp-144-153.
- Moltó, E., Chueca, P., Garcerá, C., Rosell, J.R., Gil, E. y Val, L. (2012) "Estrategias integrales para la utilización en fitosanitarios segura y eficaz", *Phytoma España*, (237), p. 107.
- Moltó, E., Garcerá, C. y Chueca, P. (2010) "Funcionamiento de los equipos, seguridad del operario y estimación de la deriva en tratamientos fitosanitarios", *Vida Rural*, (317), pp. 52-56.
- Moltó, E., Garcerá, C. y Chueca, P. (2013) "La reducción de la deriva de los tratamientos fitosanitarios en citricultura", *Vida Rural*, (369), pp. 66-70.
- Nuyttens, D., Schampheleire, M. de, Baetens, K. y Sonck, B. (2007) "The influence of operator controlled variables on spray drift from field crop sprayers", *Transactions of the ASABE*, 50 (4), pp. 1129-1140. Disponible en: doi.org/10.13031/2013.23622

- Nuyttens, D., Schampheleire M. de, Steurbaut, W., Baetens, K., Verboven, P., Nicolai, B., Ramon, H. y Sonck B. (2006) "Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers. Part 2: spray application technique", *Aspects of Applied Biology* (77), (International Advances in Pesticide Application), pp.1-8.
- Nuyttens, D., Schampheleire, M. de, Verboven, P. y Sonck, B. (2010) "Comparison between indirect and direct spray drift assessment methods", *Biosystems Engineering*, (105), pp. 2-12. Disponible en: doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.08.004
- Nuyttens, D., Taylor, W.A., Schampheleire, M. de, Verboven, P. y Dekeyser, D. (2009) "Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods", *Biosystems Engineering*, (103), pp. 271-280. Disponible en: doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.04.001
- Nuyttens, D., Zwervaegher, I. y Dekeyser, D. (2014) "Comparison between drift test bench results and other drift assessment techniques", *Aspects of Applied Biology*, (122), (International Advances in Pesticide Application), pp. 293-302.
- Olivet, J.J. (2009) Optimización de los tratamientos fitosanitarios en cultivos de invernadero en Uruguay. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Ortiz-Cañavate, J. (2003) *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. 6ª edición. Madrid: Mundi-Prensa.
- Paiva, I. (2003) Optimización de la aplicación de plaguicidas en cultivos bajos de gran desarrollo foliar. Aplicación al cultivo del cardo (*Cynara cardunculus* L.). Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

- Palacios, M.P. (1994) Optimización de los tratamientos fitosanitarios mediante pulverización hidroneumática en plantaciones de cítricos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Planas, S. (2001) "Prevención de la deriva en los tratamientos fitosanitarios", *Vida Rural*, (123), pp. 54-57.
- Planas, S. (2013) Aplicación sostenible de productos fitosanitarios. Madrid: AMV ediciones.
- Planas, S. y Gil, E. (2002) "Tratamientos fitosanitarios de calidad en viña" *Viticultura enología profesional*, Extra (83), pp. 131-134.
- Planas, S. y Gracia, F.J. (1998) "Inspección de máquinas de tratamientos fitosanitarios", *Vida Rural*, (61), pp. 50-52.
- Planas, S., Solanelles, F., Gil, E. y Escolá, A. (2006) "DOSA, instrumento para la optimización de la dosis de los tratamientos fitosanitarios en cultivos arbóreos", *Phytoma España*, (182), pp. 43-50.
- Plataforma Nacional de Residuos 0 (2021) Página web de la Plataforma Nacional de Residuos 0. Disponible en: <http://www.residuo0.com/residuo-cero>. (Accedido: 25 junio 2021)
- Ribero, R. (1993) Mejora de la eficiencia de la pulverización hidráulica mediante la técnica de incorporación de carga eléctrica en la gota. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Rosell, J.R., Llorens, J., Sanz, R., Arnó, J., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Escolà, A., Camp, F., Solanelles, F., Gràcia, F., Gil, E., Val, L., Planas, S. y Palacín, J. (2009a) "Obtaining the three-dimensional structure of tree orchards from remote 2D terrestrial LIDAR scanning" *Agricultural and Forest Meteorology*, (149), pp. 1505-1515. Disponible en: doi:10.1016/j.agrfor-met.2009.04.008

- Rosell, J.R., Sanz, R., Llorens, J., Arnó, J., Escolà, A., Ribes-Dasi, M., Masip, J., Camp, F., Gracia, F., Solanelles, F., Pallejá, T., Val, L., Planas, S., Gil, E. y Palacín, J. (2009b) "A tractor-mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements", *Biosystems Engineering*, (102), pp. 128-134. Disponible en: doi:10.1016/j.biosystemseng.2008.10.009
- Rocamora, M.C. (1999) Análisis de la eficiencia mecánica en tratamientos fitosanitarios sobre cultivos hortícolas mediante pulverización hidroneumática. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Salcedo, R., Garcerá, C., Granell, R., Moltó, E. y Chueca, P. (2015) "Description of the airflow produced by an air-assisted sprayer during pesticide applications to citrus", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13 (2), e0208. Disponible en: doi.org/10.5424/sjar/2015132-6567
- Salcedo, R., Llop, J., Campos, J., Costas, M., Gallart, M., Ortega, P. y Gil, E. (2019) "Evaluation of leaf deposit quality between electrostatic and conventional multi-row sprayers in a trellised vineyard", *Crop protection*, (127), p. 104964. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104964>
- Santamarta, D. y Boto, J.A. (2014) "Mantenimiento de los equipos de aplicación de fitosanitarios", *Agricultura*, (967), pp. 766-769.
- Sanz, R., Rosell, J.R., Llorens, J., Gil, E. y Planas, S. (2013) "Relationship between tree row LIDAR-volume and leaf area density for fruit orchards and vineyards obtained with a LIDAR 3D Dynamic Measurement System" *Agricultural and Forest Meteorology*, (171-172), pp. 153-162. Disponible en: doi:10.1016/j.agrformet.2012.11.013
- Serrano, J.C. (2002) Estudio de los parámetros que afectan a la eficiencia en la distribución de distintos pulverizadores hidroneumáticos en cítricos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

- Solanelles, F., Camp, F., Fillat, A. y Gracia F.J. (2015) "Aspectos técnicos relacionados con los equipos de aplicación de productos fitosanitarios para cultivos extensivos", *Tierras de Castilla y León*, (227), pp. 54-61.
- Solanelles, F., Fillat, A., Camp, F. y Gracia F.J. (2014) "Situación actual de la inspección de equipos de aplicación de productos fitosanitarios", *Vida Rural*, (373), pp. 58-62.
- Solanelles, F., Fillat, A., Camp, F. y Gracia F.J. (2017) "Evaluación de los resultados de inspecciones de equipos de aplicación de fitosanitarios en Cataluña", *Vida Rural*, (428), pp. 70-76.
- Solanelles, F., Fillat, A. y Gracia F.J. (2011) "Control de pulverizadores en el marco de la Red Europea de Laboratorios de Ensayo de Maquinaria Agrícola", *Vida Rural*, (330), pp. 34-38.
- Sozzi, A. (2011) Estudio del efecto de diferentes caudales de aire sobre la distribución, recubrimiento y cantidad de producto depositado con pulverizador hidroneumático en cítricos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Sozzi, A., Val, L., Vercher R. y Villa, A. (2011) "Evaluación de un pulverizador hidroneumático para el control de *aonidiella aurantii* en naranjo, con diferentes dosis del agroquímico y caudales de aire", *Bioagro*, 23 (2), pp. 87-92.
- Triloff, P. (2015) "Results of measuring the air distribution of sprayers for 3D-Crops and parameters for evaluating and comparing fan types", en *Proc SuproFruit 2015 - 13th Workshop on Spray Application in Fruit Growing*. Lindau, Alemania. pp: 21-23.
- Val, L. (2004) "Situación actual de la mecanización de los tratamientos fitosanitarios en Hortofruticultura", *Horticultura*, Extra (1), pp. 72-79.

- Val, L. (2013) "Implantación de la inspección de equipos de aplicación de productos fitosanitarios como instrumento para obtener mejores aplicaciones", *Phytoma España*, (252), p. 40.
- Val, L., García, C. y Oliver, J. (1991) "Utilización y conservación de los equipos para tratamientos fitosanitarios en la Comunidad de Valencia" *Fruticultura Profesional*, (43), pp. 103-105.
- Višacki, V.V., Sedlar, A.D., Gil, E., Bugarin, R.M., Turan, J.J., Janic, T.V. y Burg, P. (2016) "Effects of Sprayer Boom Height and Operating Pressure on the Spray Uniformity and Distribution Model Development", *Applied Engineering in Agriculture*, 32 (3), pp. 341-346. Disponible en: doi: 10.13031/aea.32.11376
- Wenneker, M., Heijne, B. y Zande J.C. van de (2005) "Effect of air induction nozzle (coarse droplet), air assistance and one-sided spraying of the outer tree row on spray drift in orchard spraying", *Annual Review Agricultural Engineering*, 4 (1), pp.116-128.
- Wenneker, M. y Zande J.C. van de (2008) "Drift reduction in orchard spraying using a cross flow sprayer equipped with reflection shields (Wanner) and air injection nozzles", *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal X*, Vol X, Manuscript ALNARP 08 014 .
- Wenneker, M., Zande, J.C. van de, Michielsen, J.M.G.P. y Stallinga H. (2015) "Improving spray deposition and reducing spray drift in orchard spraying by multiple row sprayers", en *Proc SuproFruit 2015-13th Workshop on Spray Application in Fruit Growing*. Lindau, Alemania. pp. 85-86.
- Yagüe Martínez, A. (2008) "Evolución histórica de los productos fitosanitarios", *Phytoma España*, (197). pp.14-17.

Zande, J.C. van de, Porskamp, H.A.J. y Holterman, H.J. (2002) "Influence of reference nozzle choice on spray drift classification", *Aspects of Applied Biology*, (66), (Advances in Pesticide Application), pp. 49-56.

Zande, J.C. van de, Porskamp, H.A.J., Michielsen, J.M.G.P., Holterman, H. y J., Huijsmans J.F.M. (2000) "Classification of spray applications for driftability, to protect surface water", *Aspects of Applied Biology*, (66), (Advances in Pesticide Application), pp. 57-65.

Zande, J.C. van de, Wenneker, M., Michielsen, J.M.G.P., Stallinga, H., Velde, P. van y Joosten N. (2012) "Nozzle classification for drift reduction in orchard spraying", *Aspects of Applied Biology* (114), (International Advances in Pesticide Application), pp: 253-260.

Lección Inaugural del Curso Académico
2021-2022
Campus de Ponferrada



SERVICIO
DE PUBLICACIONES
UNIVERSIDAD DE LEÓN

