

LUCAS MALLADA, 21. Prefacio: 9 a 26
ISSN 0214-8315, ISSN-e 2445-060X
<http://revistas.iea.es/index.php/LUMALL>
Huesca, 2019

EL RETO DE LA PROFESIONALIZACIÓN Y LA MEJORA TECNOLÓGICA DE LAS EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS: TECNOLOGÍA EN EQUIPOS DE APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

Durante los últimos años el sector agrícola está experimentando una clara transformación de la mano de las nuevas tecnologías implementadas en las máquinas agrícolas.

Analizando la evolución histórica, hemos pasado de la agricultura 1.0 (tracción animal) a la agricultura 4.0 (digitalización – conectividad), a través de la agricultura 2.0 (introducción del motor de combustión) y la agricultura 3.0 (inicio de la agricultura de precisión). Esto ha producido que las explotaciones estén cambiando su tipología en lo relativo a sus dimensiones y a la profesionalización. Estamos dirigiéndonos hacia un sector en el que primarán las explotaciones de gran tamaño y en las que se usará cada vez más tecnología apoyada en técnicos y profesionales capaces de obtener rendimiento de la misma.

Aunque este cambio no es todavía generalizado, su implementación no tiene vuelta atrás. La agricultura de precisión ligada a la gestión de la información, basada en aplicar insumos (fertilizantes, herbicidas, semillas...) de forma diferenciada en cada zona de la parcela, con el objetivo de aumentar los beneficios manteniendo el respeto al medioambiente, es una técnica que ha venido para quedarse. Su aplicación se basa en la utilización de tecnología: sensores embarcados o externos, sistemas de comunicación de datos, de navegación o de dosificación variable, mapas prescriptivos...

En el fondo subyace la capacidad de gestionar la información. Actualmente, podemos medir numerosos parámetros de nuestros cultivos y explotaciones: los parámetros físicos y químicos del suelo, la humedad, la temperatura, el estado vegetativo del cultivo, la presencia de malas hierbas, las plagas, las enfermedades... Esta información la podemos obtener de forma diferenciada en la parcela (espacialmente) pero también temporalmente, ya que los datos se pueden registrar en diferentes etapas del ciclo del cultivo dentro de una misma campaña, y también entre distintas campañas.

Por lo tanto, la implementación de tecnología ya no está basada en el desarrollo de soluciones mecánicas novedosas, sino en la gestión adecuada de toda la información que somos capaces de registrar obtenida por diferentes vías (satélites, drones, sensores embarcados en aperos y tractores...).

Lógicamente, gestionar esta información y tomar decisiones a partir de su análisis es el gran reto al que se enfrenta el sector agrícola para pasar a su modernización real y dar un salto cualitativo que permita mejorar el rendimiento económico de las explotaciones controlando al máximo el aporte de insumos y garantizando la seguridad alimentaria y medioambiental.

Para ello se requieren dos factores: tecnología y conocimiento. El primer factor, la tecnología, ya está disponible. Son numerosos los fabricantes de equipos agrícolas que adaptan en ellos todas las novedades existentes en el campo de la mecanización (sensores, automatismos, conectividad con servidores remotos, transmisión de datos en tiempo real...). El segundo factor, el conocimiento, también está disponible, ya que existen numerosos técnicos y empresas capacitados para ayudar en la introducción de estas tecnologías en el sector y no dejar todo en manos de las casas comerciales. Pero falta dar el paso para que las explotaciones agrícolas se apoyen de forma clara en técnicos cualificados y se profesionalicen, y cambien una gestión "sentimental" por otra profesional, como en cualquier otro sector de nuestra economía (servicios, industria...).

En este aspecto los centros de investigación, los centros de Formación Profesional y las universidades juegan un papel fundamental, ya que son los responsables de formar a profesionales con perfiles adecuados a

las exigencias del sector. Y ahí también me incluyo como parte del sector formativo, debemos ser autocríticos y trabajar en la adaptación de nuestros contenidos formativos y el modo de enseñar las necesidades reales del sector.

Centrándonos en Aragón, disponemos de un tejido formativo amplio para formar a profesionales del sector agrario y en la Universidad de Zaragoza tenemos la Escuela Politécnica Superior, ubicada en el Campus de Huesca, en la que se imparten las titulaciones relacionadas con la ingeniería agronómica y las ciencias ambientales. Es un hecho demostrable que los centros de enseñanza superior generan en su entorno cercano una mejora de la economía y del perfil profesional de los empleados. Por lo tanto, debemos aprovechar esta oportunidad para ser pioneros en la modernización y la profesionalización del sector agrícola en Aragón, ya que contamos con todos los ingredientes para ello: agricultura y ganadería con un alto peso específico dentro de la economía de la región, tecnología disponible con la presencia de fabricantes de equipos propios y centros formativos con titulaciones específicas demandadas por el sector.

Entre todos seguro que seremos capaces de afrontar con éxito este reto.

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA EXISTENTE

Si analizásemos, a nivel tecnológico (GARCÍA RAMOS, 2016), los diferentes equipos agrícolas existentes en el mercado, se requerirían muchas páginas y sería probablemente tedioso y aburrido para el lector. A modo de ejemplo, he seleccionado un tipo concreto de equipos de alta relevancia ambiental, los equipos de aplicación de productos fitosanitarios, como representativo de todo el sector de la maquinaria agrícola (abonadoras, sembradoras, aperos para laboreo de suelo, tractores, empacadoras...). A continuación se desarrolla, desde un punto de vista técnico, la situación de este tipo de equipos y sus condicionantes de uso, para que los lectores puedan valorar el nivel tecnológico disponible actualmente en un tipo de maquinaria agrícola concreto, el cual es extrapolable a la mayoría de los equipos y máquinas utilizados en nuestra agricultura (tractores, abonadoras, sembradoras, equipos de recolección...).

Tecnología en equipos de aplicación de productos fitosanitarios

Los equipos de aplicación de productos fitosanitarios han alcanzado un gran protagonismo y desarrollo tecnológico en nuestras explotaciones agrícolas durante los últimos años fruto del impacto de las vigentes normativas medioambientales, que son cada vez más exigentes en aspectos relacionados con el control de las dosis y el modo de aplicación. Este hecho ha propiciado la incorporación de numerosas novedades tecnológicas para regular con gran precisión la dosis de producto aplicada y garantizar la distribución óptima de esa dosis en el cultivo (GARCÍA RAMOS y cols., 2018).

En este artículo se realiza un análisis de la tecnología utilizada en este tipo de equipos y se ofrece una visión global de diferentes aspectos relacionados con su utilización.

¿De dónde partimos?

Las tipologías de equipos de aplicación de productos fitosanitarios son muy variadas (hidráulicos, hidroneumáticos, neumáticos, espolvoreadores...). No obstante, los pulverizadores hidráulicos de barra y los pulverizadores hidroneumáticos (atomizadores) representan en nuestro país cerca del 95 % de los equipos, y son los pulverizadores de barra aproximadamente el 65 % y los atomizadores el 30 %. Es, por lo tanto, en este tipo de equipos donde los fabricantes centran de forma mayoritaria sus esfuerzos de mejora, que se traducen en la incorporación de tecnología para garantizar al máximo el control de la aplicación con capacidades de trabajo elevadas.

Nos centraremos, por lo tanto, en las dos grandes tipologías de equipos de aplicación: pulverizadores hidráulicos de barra para cultivos extensivos (fig. 1) y pulverizadores hidroneumáticos (atomizadores) para frutales y viña (fig. 2).

Innovaciones tecnológicas comunes

Tanto para pulverizadores de barra como para atomizadores, la mayoría de los fabricantes ya ofertan de forma generalizada sistemas de control en los que la dosis aplicada (volumen de producto por unidad de superficie, l/ha)



Fig. 1. Pulverizador hidráulico de barra con estructura en aluminio.



Fig. 2. Pulverizador hidroneumático con doble ventilador (trasero y delantero).

es independiente de la velocidad de avance de la máquina, constituyendo la tecnología de caudal proporcional al avance (CPA). Estos sistemas se han hecho todavía más populares desde la incorporación masiva de la tecnología GPS, que permite cuantificar en todo momento la velocidad de avance del tractor.

Los sistemas CPA son de fácil uso para el tractorista, ya que este se limita a especificar en la pantalla de la consola de mando del equipo los litros por hectárea que tiene que aplicar y la máquina es capaz de autorregularse para, independientemente de la velocidad de avance en la parcela, aplicar la dosis deseada. Esto se consigue mediante la utilización de sensores capaces de medir la velocidad de avance del tractor (GPS, radar...) y el caudal aplicado por las boquillas (caudalímetros o, indirectamente, sensores de presión). De este modo, conocida la anchura de trabajo de la máquina, un procesador es capaz de cuantificar en todo momento los litros por hectárea aplicados y actuar sobre el circuito hidráulico de modo que, en caso de que la velocidad de avance aumente, el sistema incrementa la presión del circuito y, por lo tanto, el caudal aplicado, y en sentido inverso si disminuye la velocidad de avance. Por lo tanto, el rango de velocidades de avance en parcela debe ser tal que las boquillas trabajen dentro del rango de presiones estipulado por el fabricante para obtener el tamaño de gota deseado.

Como alternativa a los sistemas CPA, la reciente aparición del control electrónico de las boquillas (apertura / cierre) mediante válvulas y, de forma más sofisticada, de boquillas pulsantes (PWM – *pulse-width modulation*) capaces de trabajar a una determinada frecuencia con porcentajes *on/off* de encendido / apagado, ha abierto la posibilidad de controlar la dosis aplicada sin variar la presión del circuito. Más adelante se analizará de forma más específica esta tecnología.

Control de la dosis del producto y de la calidad de la aplicación

a) Pulverizadores de barra

En los pulverizadores de barra es ya habitual la implementación de sistemas de control, coloquialmente conocidos como *cierre automático de sectores* o *corte de tramos*, basados en la utilización de sistemas de posicionamiento GPS ligados a la apertura y al cierre de válvulas ubicadas en

el circuito hidráulico de la máquina. El objetivo final es evitar solapamientos entre pasadas y controlar con precisión los tratamientos en los bordes de parcela, o en parcelas con geometrías irregulares. Popularmente estaríamos hablando de la tecnología de “corte de tramos” utilizada también de forma habitual en sembradoras.

En el caso de tratamientos herbicidas en cultivos extensivos, el control de la dosis puede ser muy elevado, hasta tal punto que se puede conseguir que el producto solo se aplique a la mala hierba detectada y no de forma general en toda la superficie. Para ello se requieren sensores ópticos a lo largo de la barra que localizan la presencia de malas hierbas (identifican la presencia de planta verde) y en la utilización de boquillas con sistemas de control por pulsos (PWM) o cierre individual electrónico que trabajan de forma diferenciada en función de la información aportada por el sensor óptico.

Por otro lado, una vez fijada la dosis a aplicar (litros de producto por hectárea), se debe garantizar una distribución homogénea del producto en la superficie de aplicación con un tamaño de gota adecuado. Para ello es necesario, considerando un determinado tipo de boquillas, establecer la altura de trabajo de la barra y garantizar que se mantenga paralela al terreno durante el tratamiento. El paralelismo de la barra con el suelo se consigue de forma tradicional mediante sistemas de estabilización por paralelogramo. Actualmente, los fabricantes están diseñando como alternativa sistemas activos basados en la utilización de sensores de ultrasonidos (fig. 3) capaces de chequear las condiciones de paralelismo con el cultivo y corregir en su caso la inclinación de la barra mediante sistemas hidráulicos que posibilitan su giro.

Otra línea de mejora no es solo la utilización de electrónica, sino la mejora estructural de la barra portaboquillas, introduciendo materiales más ligeros como el aluminio (fig. 1) o la fibra de carbono, con la que se

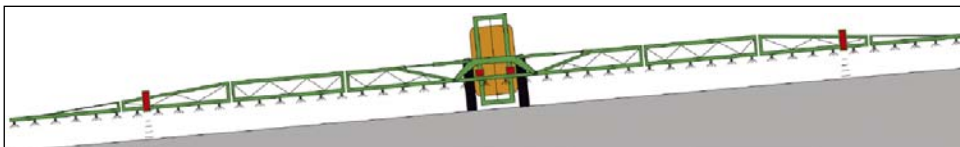


Fig. 3. Sistema de corrección automática de la inclinación de la barra para mantener el paralelismo con la superficie de aplicación. (Documentación Amazone)

alcanzan anchuras de trabajo muy elevadas (hasta 45 metros) con menor peso, consiguiendo así capacidades de trabajo mayores y menor consumo energético.

b) Atomizadores

En el caso de los atomizadores, utilizados habitualmente en frutales, los fabricantes han centrado sus esfuerzos en implementar sistemas que controlen al máximo la trayectoria del producto para evitar las pérdidas por deriva. En este sentido, durante los últimos años, se han mejorado los sistemas neumáticos para poder adaptar el caudal de aire a la vegetación real del cultivo, se ha trabajado en la adaptación del arco de las boquillas a la geometría del cultivo y ya es habitual la utilización de sensores (normalmente acústicos) para detectar la presencia o no de cultivo en plantaciones aisladas (olivo, almendro...), que permiten implementar sistemas *on / off* para ahorrar dosis de producto y evitar la contaminación ambiental. A nivel experimental, se está utilizando tecnología láser 2D y 3D (GARCÍA RAMOS y cols., 2012) con el objetivo de establecer las dosis de aplicación de forma muy precisa a partir de la medición real de la geometría de la plantación.

Cabe recordar la importancia que están dando los fabricantes de atomizadores a controlar el flujo de aire generado por los ventiladores con el objetivo de garantizar la deposición óptima de producto en el cultivo. En este sentido, se ofertan en el mercado, además de los equipos tradicionales con ventilador trasero, nuevos diseños de equipos con doble ventilador con diferentes disposiciones: ventilador trasero y delantero; dos ventiladores en paralelo en la parte posterior; dos ventiladores en serie en la parte posterior... Otro ejemplo de mejora tecnológica es la ubicación, a la salida del ventilador, de difusores fijos con geometría helicoidal, que permiten conseguir un flujo de aire turbulento para favorecer la penetración del producto en el cultivo.

Analizando de forma más detallada el flujo de aire del ventilador, hay que tener en cuenta que constituye el medio de transporte que garantiza que el producto pulverizado alcance su objetivo. El flujo de aire del ventilador influye en la capacidad de penetración en el árbol del producto aplicado,

sobre todo, para el caso de los frutales, en capas interiores situadas a más de 1,5 metros del perímetro externo. En este sentido, la capacidad de penetración del producto en el cultivo se ve dificultada por el volumen de vegetación existente y se ha demostrado que la densidad del follaje de la plantación tiene grandes efectos sobre los depósitos obtenidos.

Hay que considerar la gran variedad de marcos de plantación y de densidades vegetales que presentan los árboles frutales. Es fácil pensar en la diferencia de masa vegetal de un árbol de hoja caduca tras la poda y el mismo árbol en pleno periodo de formación y recolección de fruto. Y lo mismo ocurre cuando comparamos dos plantaciones arbóreas de la misma variedad con distinta formación (vaso o palmeta) o plantaciones de distintas variedades (naranja-almendro), o plantaciones de distintas edades.

Actualmente, la mayoría de los atomizadores comercializados responden a la tipología de un ventilador ubicado en la parte posterior del depósito de la máquina que dirige radialmente el flujo de aire (fig. 2), pudiendo utilizar diferentes difusores. Estos ventiladores, de tipo axial, se caracterizan por aportar caudales elevados de aire (25 000 a 120 000 m³/h) a velocidades de salida moderadas (20 a 50 m/s, fig. 4). Es habitual que los fabricantes dispongan álabes cuyo ángulo de calado es regulable de forma manual o electrónica, consiguiendo así una gama de caudales prácticamente continua. Algunos fabricantes ya comercializan sistemas que permiten la regulación de los álabes del ventilador desde el tractor, en tiempo real, durante el trabajo en la parcela.

Por último, es necesario recordar que los sistemas neumáticos tienen un efecto directo en la demanda de potencia al tractor lo que condiciona el tamaño de este y el consumo de combustible. En este sentido, resulta más conveniente conseguir el caudal de aire necesario a bajas revoluciones y elevado ángulo de giro en los álabes que al contrario. Como ejemplo, las figuras 5 y 6 muestran, para el caso de un atomizador regulado a diferentes velocidades de giro y tres ángulos de álabes, el volumen de aire generado y la potencia demandada. Se puede observar (fig. 5) que se podría obtener el mismo caudal de aire a 1233 rpm y posición de álabes 3 que a 1554 rpm y posición de álabes 2 o que a 2343 rpm y posición de álabes 1. Sin embargo, en este último caso (fig. 6) el consumo de potencia sería mucho más elevado, con un 44 % de incremento en la demanda de potencia.

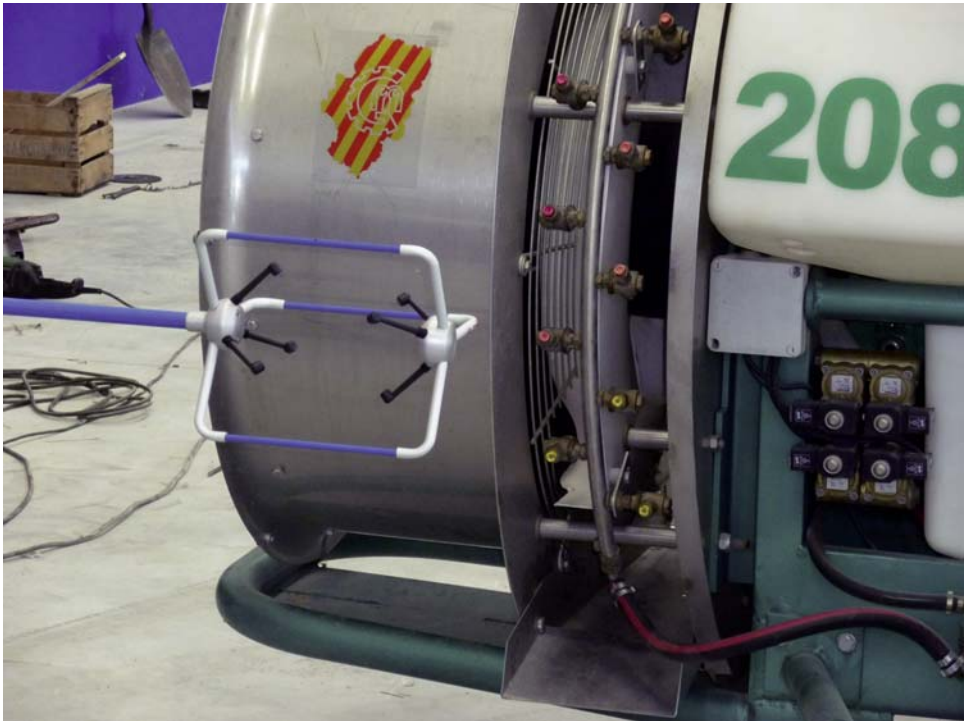


Fig. 4. Medida de velocidad de aire a la salida del ventilador utilizando un anemómetro 3D.

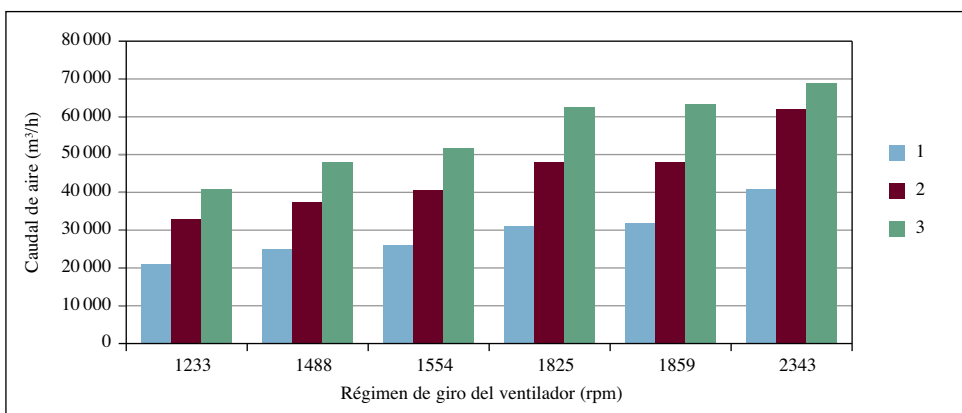


Fig. 5. Caudal de aire (m^3/h) generado por el ventilador de un atomizador para diferentes revoluciones de giro considerando tres posiciones de los álabes: 1, 2 y 3. Fuente: SOZZI (2011).

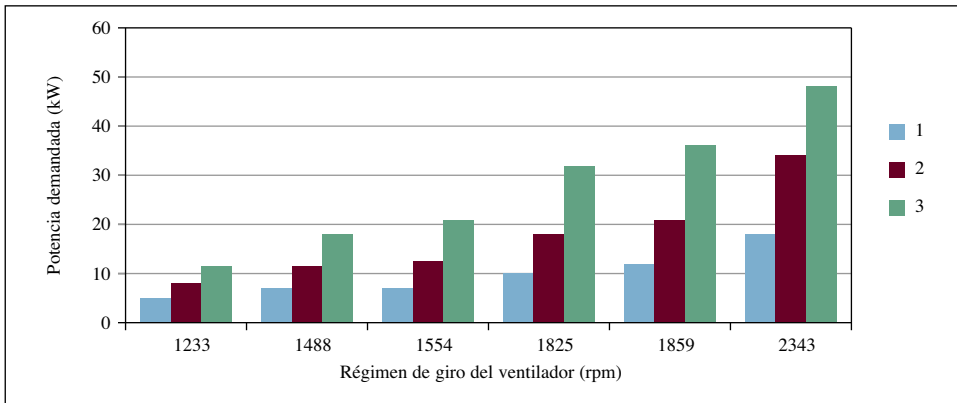


Fig. 6. Demanda de potencia (kW) del sistema neumático de un atomizador para diferentes revoluciones de giro considerando tres posiciones de los álabes: 1, 2 y 3. Fuente: SOZZI (2011).

Tecnología de las boquillas

A pesar de que su coste es muy reducido en comparación con el precio total del equipo, las boquillas (fig. 7) son un factor clave para garantizar un tratamiento de calidad, puesto que están relacionadas con la uniformidad de la aplicación, la deriva del producto y el tamaño de gota deseado. Hay que recordar que el tamaño de las gotas se define normalmente por su diámetro volumétrico medido (DVM) en micras, definiendo como dicho diámetro a la mediana de la población de gotas generada por la boquilla para una presión nominal. En este sentido, se utilizan gotas pequeñas (100 a 200 μ) para tratamientos fungicidas e insecticidas de contacto. Para tratamientos herbicidas de contacto se utilizan gotas de tamaño medio (150 a 300 μ), mientras que para herbicidas de preemergencia es habitual utilizar gotas de tamaño grande (300 a 500 μ), y se pueden alcanzar tamaños muy grandes para el caso de abonos líquidos aplicados al suelo (hasta 1000 μ). Existe, por lo tanto, una amplia gama de tipologías de boquillas que tienen como objetivo garantizar el tamaño de gota deseado con diferentes caudales de trabajo.

Por otro lado, las pérdidas por deriva son un claro riesgo en gotas de tamaño inferior a 100 μ y por este hecho durante los últimos años las mejoras en las boquillas han ido orientadas al desarrollo de boquillas de baja



Fig. 7. Sistema Amaselect de Amazone para la selección de la boquilla de trabajo, equipado con diferentes tipos de boquillas.

deriva con diferentes tecnologías: a) pérdida de presión dentro de la boquilla para aumentar el diámetro de la gota; y b) inyección de aire para producir agrupamiento de gotas durante el trayecto hacia el objetivo.

Para el control individual del funcionamiento de la boquilla existen dos opciones: la utilización de boquillas de pulsos (PWM) y la utilización de válvulas electrónicas de cierre/apertura individual de cada boquilla (o de un tramo de boquillas en su defecto).

Ahondando en esta línea, el máximo exponente del control de la pulverización lo constituye la tecnología *pulse-width modulation* (PWM). Esta tecnología se basa en la utilización de válvulas que se colocan junto a la boquilla de pulverización y permiten su apertura y cierre por medio de un solenoide controlado electrónicamente (fig. 8). Así, se dispone de un control individual de cada boquilla y el caudal aplicado por la boquilla se puede modificar sin necesidad de aumentar o reducir la presión del circuito

hidráulico, simplemente modificando el tiempo de apertura y cierre de la boquilla realizando sucesivos ciclos *on / off*. Normalmente, las boquillas trabajan a frecuencias de 10 Hz, es decir, realizando 10 ciclos *on / off* por segundo, aunque este dato varía en función del fabricante, pudiendo llegar hasta los 30. El tiempo relativo durante el cual la boquilla está en posición *on* (tiempo de encendido) se conoce en inglés como *duty cycle* o *pulse-width* y es regulable variando el ratio tiempo *on* / tiempo *off*. Se recomienda no bajar de valores del 40 % del tiempo relativo de encendido, aunque algunos fabricantes fijan este valor límite en el 20 %. En general, cuando el tiempo de encendido (*duty cycle*) se reduce, se produce un aumento en el tamaño de la gota, que es mayor cuanto menor es la presión de regulación del circuito hidráulico. De este modo, es recomendable mantener la presión del circuito lo más alta posible para reducir el efecto de modificación de los tiempos de encendido de la boquilla sobre el tamaño de la gota. Este efecto se acrecienta cuando se utilizan boquillas de inducción de aire frente a boquillas tradicionales. La tecnología PWM fue desarrollada para pulverizadores hidráulicos por Ken Giles, de la Universidad de California–Davis, y fue introducida en el mercado norteamericano de pulverizadores hidráulicos por Capstan Ag Systems (sistema AIM Command) y, posteriormente, comercializada por Case IH. A partir de entonces, otros fabricantes también han lanzado su propia tecnología: Raven (sistema Hawkeye), John Deere (ExactApply) o Teejet (sistema DynaJet).

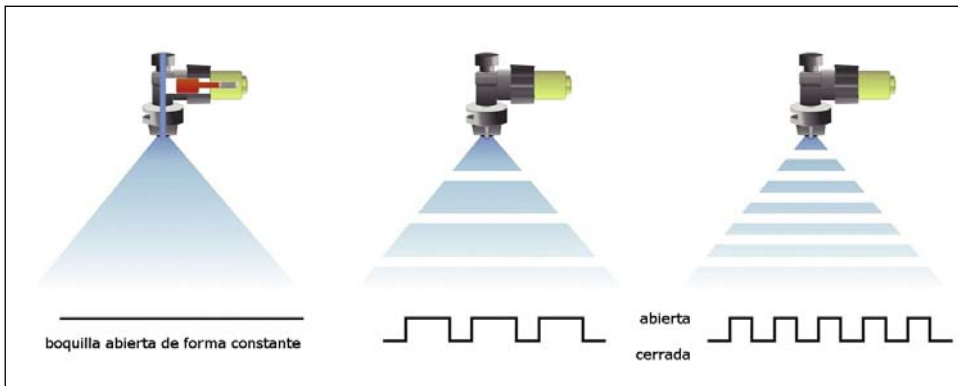


Fig. 8. Válvulas para el control individual de las boquillas utilizadas en tecnología PWM. Izquierda, válvula abierta de forma continua; centro y derecha, válvula abriéndose y cerrándose con diferentes frecuencias de trabajo.

TECNOLOGÍA DE APOYO AL DISEÑO Y LA REGULACIÓN DE LA MÁQUINA

La realización de ensayos en campo para valorar la correcta deposición y distribución del producto aplicado requiere de medios técnicos y humanos importantes, por lo que resulta lenta y costosa. Por ello, el reto de ajustar los parámetros de trabajo de la máquina, así como la fase de su diseño se apoya en la utilización de herramientas informáticas basadas en la aplicación de modelos numéricos (GARCÍA RAMOS y cols., 2015). Como ejemplo, actualmente, la simulación del flujo de aire mediante dinámica de fluidos computacional (CFD, fig. 9) está siendo utilizada tanto por fabricantes como por investigadores, y esta línea de trabajo se está traduciendo en mejoras en los sistemas neumáticos de los equipos que en el medio plazo deben ir ligadas a sistemas inteligentes que permitan seleccionar el caudal de aire óptimo en función de las características del cultivo. Los primeros trabajos CFD se centraron en analizar el flujo de aire generado por los equipos sin tener en cuenta el cultivo; sin embargo,

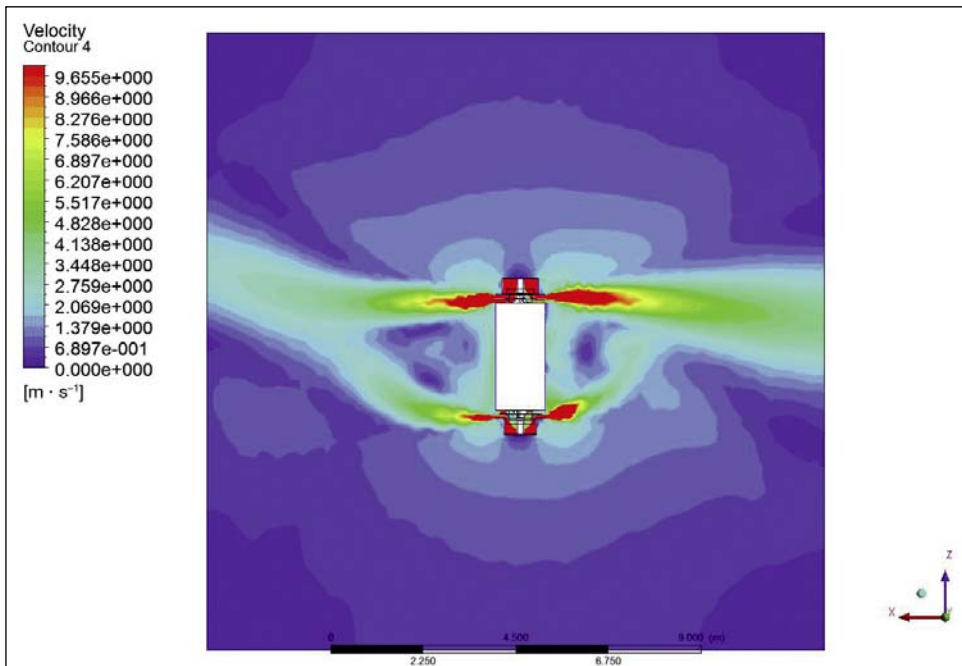


Fig. 9. Vista en planta de la simulación de la distribución de velocidades de aire en un pulverizador con doble ventilador utilizando dinámica de fluidos computacional.

actualmente se ha ido avanzando en el estudio de la interacción de dicho flujo con el cultivo e incluso la influencia en los modelos de parámetros ambientales como la velocidad del viento. También los modelos CFD pueden ser utilizados para simular la trayectoria de las gotas producidas en las boquillas.

Software de apoyo para la regulación de la máquina

Existen numerosas aplicaciones informáticas que complementan las innovaciones tecnológicas y permiten tomar decisiones lo más ajustadas posible en relación con la estimación de la dosis de producto a aplicar y con la selección de las boquillas.

Un ejemplo es el *software* Dosaviña (<https://dosavina.upc.edu>), desarrollado por la Universidad Politécnica de Cataluña, o el *software* Dosafrut / DOSA3D (<http://www.dosa3d.cat>), por la Generalitat de Catalunya, la Universidad de Lérida y la Universidad Politécnica de Cataluña, que permite determinar las dosis de aplicación (l/ha) en plantaciones de manzano y peral.

En lo relativo a la selección de las boquillas, los fabricantes ofrecen aplicaciones que se pueden usar de forma directa en páginas web, como la del fabricante Lechler (www.lechler.com), o aplicaciones para móviles con las que seleccionar de forma sencilla las boquillas que han de utilizarse.

Entre estas últimas podemos citar como ejemplo las desarrolladas por Albuz (<http://www.albuz-spray.com>), Teejet (<http://www.teejet.com/tools>) o Hardi (<http://www.hardi.es>).

Condiciones legales de utilización

Independientemente de la tecnología equipada en el pulverizador, este debe ser regulado adecuadamente para realizar un buen tratamiento. Y para ello es imprescindible que sus diferentes componentes y sistemas estén en buenas condiciones de uso. En este sentido, la inspección obligatoria de equipos de aplicación constituye un aspecto clave y lo será todavía más si se aborda como una oportunidad para dar un salto de calidad en la aplicación de productos fitosanitarios en nuestra agricultura.

Esa inspección está basada en la aplicación de normas armonizadas como base para el desarrollo de los protocolos de inspección por parte de las empresas autorizadas.

Como consecuencia de la publicación en 2009 de las Directivas 2009/127 y 128/CE, y a solicitud de la Comisión Europea, se publicó (12/06/2015) la serie UNE-EN ISO 16122, que contiene una serie de normas armonizadas para el establecimiento de los nuevos procedimientos de inspección (fig. 10) de los equipos de aplicación de productos fitosanitarios (EAPF), en sustitución de la serie EN 13790. En España, se han completado en todas las comunidades autónomas los planes de inspección de equipos móviles y se está afrontando la fase final del proceso de inspección del resto de tipologías de EAPF. Para ello se han publicado en la web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) los manuales y las



Fig. 10. Medida de caudal en boquillas de barra de pulverizador hidráulico utilizando un caudalímetro digital.

guías adaptados a la nueva norma, fruto de la colaboración con el MAPA de un importante grupo de universidades y centros de investigación especializados. Asimismo, se ha puesto en servicio de las entidades inspectoras (ITEAF) la nueva aplicación informática APPRITEAF, desarrollada por el Laboratorio de Maquinaria Agrícola de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Zaragoza (JIMÉNEZ y cols., 2015), que incorpora los protocolos de inspección para la toma de datos, procesado, la emisión de documentación y la transmisión de los resultados a la Administración.

A MODO DE RESUMEN

a) Para cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 1013/2009 respecto al registro de maquinaria agrícola, todos los equipos de aplicación de productos fitosanitarios deben estar inscritos en el ROMA, si están instalados en equipos móviles (trabajen en agricultura, jardinería u otros usos), o bien en los censos especiales que han sido habilitados por los gobiernos autonómicos si están en instalaciones fijas o semimóviles, es decir, dando servicio a invernaderos, centrales poscosecha u otros.

b) Para poder usar los EAPF, en cumplimiento del Real Decreto 1702/2011, relativo a la inspección, todos los EAPF deberán estar inspeccionados por una ITEAF autorizada por la comunidad autónoma donde se realice la inspección, independientemente de su tipología (excepto las mochilas y las carretillas arrastradas manualmente de menos de 100 litros de capacidad).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARCÍA RAMOS, F. J. (2016). Equipos de pulverización, una clara apuesta por la incorporación continua de tecnología. *Vida Rural*, 410: 88-94.
- GARCÍA RAMOS, F. J., A. BONÉ, A. SERRETA y M. VIDAL (2012). Application of a 3-D laser scanner for characterising centrifugal fertiliser spreaders. *Biosystems Engineering*, 113 (1): 33-41.
- GARCÍA RAMOS, F. J., H. MALÓN, Á. J. AGUIRRE, A. BONÉ, J. PUYUELO y M. VIDAL (2015). Validation of a CFD Model by using 3D sonic anemometers to analyze the air velocity generated by an air-assisted sprayer equipped with two axial fans. *Sensors*, 15: 2399-2418.

- GARCÍA RAMOS, F. J., Á. JIMÉNEZ, M. VIDAL y A. BONÉ (2018). Innovaciones tecnológicas en equipos de pulverización. *Vida Rural*, 446: 74-78.
- JIMÉNEZ, A., F. J. GARCÍA RAMOS, M. VIDAL, A. BONÉ y E. GIL (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): 829-837.
- 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.

Francisco Javier GARCÍA RAMOS¹

¹ Área de Ingeniería Agroforestal. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 Huesca. fjavier@unizar.es