



MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LOS TRATAMIENTOS. INNOVACIONES EN LOS EQUIPOS DE APLICACIÓN DE HERBICIDAS

Francesc Solanelles, Alba Fillat, Ferran Camp

Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural. Centre de Mecanització Agrària

INTRODUCCIÓN

Aunque el diseño de los pulverizadores hidráulicos usados para la aplicación de fitosanitarios en los cultivos extensivos no ha variado de forma sustancial en los últimos años, sí que ha habido importantes avances en aquellos aspectos técnicos que permiten una aplicación más respetuosa con el medio ambiente, intentando al mismo tiempo que no disminuya la eficacia biológica. Estas mejoras se han conseguido con la adecuación del diseño de las máquinas para que se pueda cumplir con la normativa de seguridad y protección ambiental vigentes para este tipo de máquinas. La incorporación de la electrónica también ha sido otro hito importante en este aspecto, con mejoras importantes en el terreno de la ergonomía, la eficiencia de las aplicaciones y la seguridad de los operarios. A continuación se presentan algunos de los aspectos más destacados de la evolución de los pulverizadores hidráulicos en los últimos años.

SEGURIDAD Y PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS APLICACIONES

Una de las líneas de innovación más importantes en el diseño de pulverizadores hidráulicos es la adaptación a las normas europeas de seguridad (EN 907:1997, reemplazada actualmente por la EN ISO 4254-6:2009) y protección ambiental (EN 13761: 2001, actualmente en proceso de revisión). Mientras que el cumplimiento

Foto 1. Detalle del sistema de bombeo que permite reducir el volumen residual del depósito del pulverizador. Foto Berthoud.



- * El diseño de los pulverizadores hidráulicos utilizados en cultivos extensivos no ha variado sustancialmente en los últimos años, pero sí ha habido importantes avances técnicos que permiten una aplicación más respetuosa con el medio ambiente, intentando al mismo tiempo que no disminuya la eficacia
- * La incorporación de la electrónica ha sido otro hito en el desarrollo de los equipos de aplicación de fitosanitarios, con mejoras importantes en el terreno de la ergonomía, la eficiencia de las aplicaciones y la seguridad de los operarios

de la norma de seguridad está bastante extendido en la mayoría de los pulverizadores disponibles en el mercado, no es ésta la situación con la norma de protección ambiental. Todavía hay algunos puntos que se deben mejorar en el diseño de los equipos



▶▶▶ como el sistema de agitación del depósito, para conseguir una dosis constante de fitosanitario durante la duración de todo el tratamiento, el diseño de barras de aplicación que consigan la uniformidad suficiente en la distribución del producto en las diferentes condiciones de trabajo o la incorporación generalizada de depósitos de capacidad adecuada para la limpieza de la máquina después del tratamiento.

Sin embargo, hay fabricantes que ya incorporan novedades técnicas en relación a los equipos de aplicación de fitosanitarios para cultivos herbáceos que tienen como objetivo final reducir los riesgos de contaminación antes, durante o después de los tratamientos fitosanitarios, tanto del entorno donde se realizan como del propio operario.

En este sentido, hay marcas que presentan un sistema de bombeo y un conjunto de válvulas para los pulverizadores hidráulicos de gama alta, con objetivo de reducir al máximo el volumen residual que permanece en la máquina después de la aplicación. El sistema es de manejo fácil por parte del operario en el momento de preparar la máquina, antes y después de la aplicación, al estar situado en la zona próxima al incorporador de fitosanitarios y, además, admite su automatización con el uso de electroválvulas (foto 1).

Otras marcas incorporan una serie de dispositivos que, a parte de facilitar el manejo por parte del aplicador, también permiten reducir el riesgo de pérdidas de fitosanitarios. Se trata de incorporadores de productos fitosanitarios con un diseño mejorado y una buena capacidad de mezcla de productos formulados en polvo o de sistemas de filtrado que destacan por su facilidad de limpieza.

Hay también marcas que han presentado como

Foto 2. Boquilla de abanico de baja deriva de inyección de aire. Foto Ferran Camp.



Foto 3. Visualización de la uniformidad de distribución de una barra mediante un banco portátil. Foto Ferran Camp.



novedad pulverizadores con diferentes depósitos, unos destinados para la aplicación de fitosanitarios y otros para la limpieza del pulverizador. Los depósitos principales permiten diferentes configuraciones de aplicación. Una de ellas consiste en destinar el depósito más grande a agua limpia y el pequeño a contener producto concentrado. A través de una bomba inyectora el producto concentrado es incorporado en el circuito de impulsión antes de la ▶▶▶



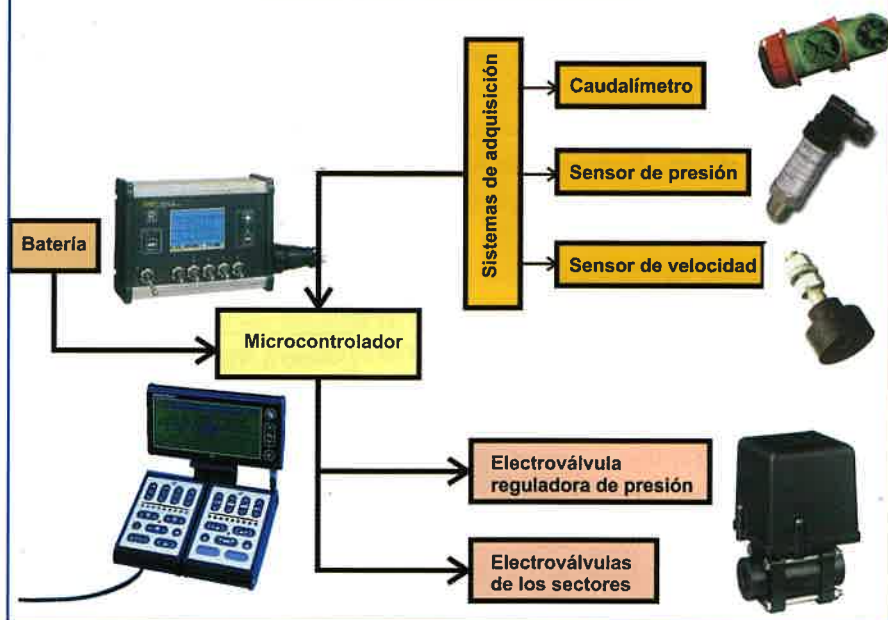
➤ ➤ ➤ pulverización, manteniendo así el depósito mayor siempre con agua limpia. Otra configuración permite destinar el depósito grande a contener un preparado fitosanitario para un tratamiento general, por ejemplo un herbicida de hoja ancha, y el pequeño a contener producto para una aplicación localizada, por ejemplo un herbicida de hoja estrecha, por lo general más caro. De esta manera se puede realizar en un mismo trayecto la aplicación de dos productos diferentes, uno de forma general por toda la parcela y el otro localizado en algunos rodales, sin necesidad de tener que realizar uno a continuación del otro.

La contaminación provocada por la deriva de los productos fitosanitarios fuera de la zona de aplicación es uno de los riesgos ambientales más importantes de la realización de los tratamientos fitosanitarios. El uso de boquillas de baja deriva en los pulverizadores hidráulicos es quizás la forma más práctica y eficaz de reducción de este riesgo (foto 2). Este tipo de boquillas producen una pulverización con gotas más grandes para un mismo caudal de aplicación que las boquillas estándar. Las más usadas actualmente son las de inyección de aire. Son fáciles de montar en la barra en sustitución de las boquillas tradicionales y su coste no es muy elevado. Uno de los inconvenientes es que al producir un tamaño de gota más grande, en algunos casos, pueden tener problemas de eficacia biológica, aunque en la mayoría de estudios experimentales realizados hasta el momento el control ha sido similar. Otra técnica para reducir las pérdidas por deriva, cuando los tratamientos se realizan sobre cubierta vegetal, es la incorporación de la asistencia de aire a las barras de pulverización.

APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS A DOSIS CONSTANTE

La aplicación tradicional con pulverizadores hidráulicos pretende realizar una distribución uniforme del producto fitosanitario en la superficie tratada, de forma que todas las zonas de la parcela reciban la misma dosis. Para conseguir este objetivo, los equipos deben estar equipados con sistemas que permiten mantener constante esta dosis frente a posibles variaciones de las condiciones de aplicación.

Foto 4. Esquema de un sistema electrónico de caudal proporcional al avance. Foto Francesc Solanelles.



La estabilidad de la barra influye de forma decisiva en la uniformidad de distribución de una aplicación de productos fitosanitarios (foto 3). Al aumentar la velocidad de trabajo aumentan también los movimientos de la barra tanto en sentido vertical como horizontal y, por tanto, no se consigue mantener una misma distancia de todas las boquillas al objetivo del tratamiento. Por ello, en el diseño de las máquinas hay que pensar en la mejora de los sistemas actuales de suspensión, que permitan amortiguar estos movimientos indeseados. Una línea de innovación consiste en la incorporación de sistemas de suspensión activos (Deprez *et al.*, 2002), con dispositivos electrónicos para mantener la distancia de las boquillas al objetivo en diferentes condiciones del terreno.

En este sentido hay marcas de pulverizadores que incorporan sistemas que, con la ayuda de sensores de ultrasonidos montados en la barra del pulverizador, permite conocer la altura sobre el objetivo de pulverización y corregirla de forma automática, en caso que sea necesario y sin la intervención del conductor. La altura de las boquillas sobre el cultivo es un factor decisivo en la uniformidad de la distribución del producto en los pulverizadores hidráulicos y, por tanto conviene mantenerla dentro de los límites correctos para cada tipo de boquillas (por ejemplo, alrededor de 50 cm en el caso de boquillas de 110° de abanico). La utilización de barras de gran longitud, junto con las irregularidades en la topografía de la parcela de cultivo, hacen necesarias frecuentes correcciones de la altura de toda la barra o de algunas secciones ➤ ➤ ➤



►►► (en caso de disponer de sistemas de geometría variable). Por tanto, si se puede disponer de un sistema electrónico de este tipo, se podrá conseguir una aplicación más eficiente.

Por otra parte, es difícil mantener constante la velocidad de trabajo en condiciones normales de aplicación, debido a factores como las variaciones del contenido de humedad en el suelo o de la pendiente del terreno, que provocan un cambio de régimen del motor o el resbalamiento de las ruedas de tracción. Para compensar estas variaciones los equipos deben disponer de sistemas de regulación de tipo hidráulico, como los de caudal proporcional al régimen del motor, o electrónicos, como los de caudal proporcional a la velocidad de avance, más precisos que los anteriores. La regulación del caudal de forma proporcional a la velocidad de avance (Foto 4) consiste en un sistema electrónico equipado con dispositivos para la medida de la velocidad y del caudal aplicado por la máquina en cada momento, con un sistema

Foto 5. Dispositivo electrónico para la detección de malas hierbas y para la aplicación de herbicidas en tiempo real. Foto CMA.



central de control basado en un microprocesador y con un sistema de actuación en forma de válvulas eléctricas motorizadas, que permite modificar la presión de trabajo de las boquillas (Rietz *et al.*, 1997). ►►►



►►► APLICACIÓN VARIABLE. AGRICULTURA DE PRECISIÓN

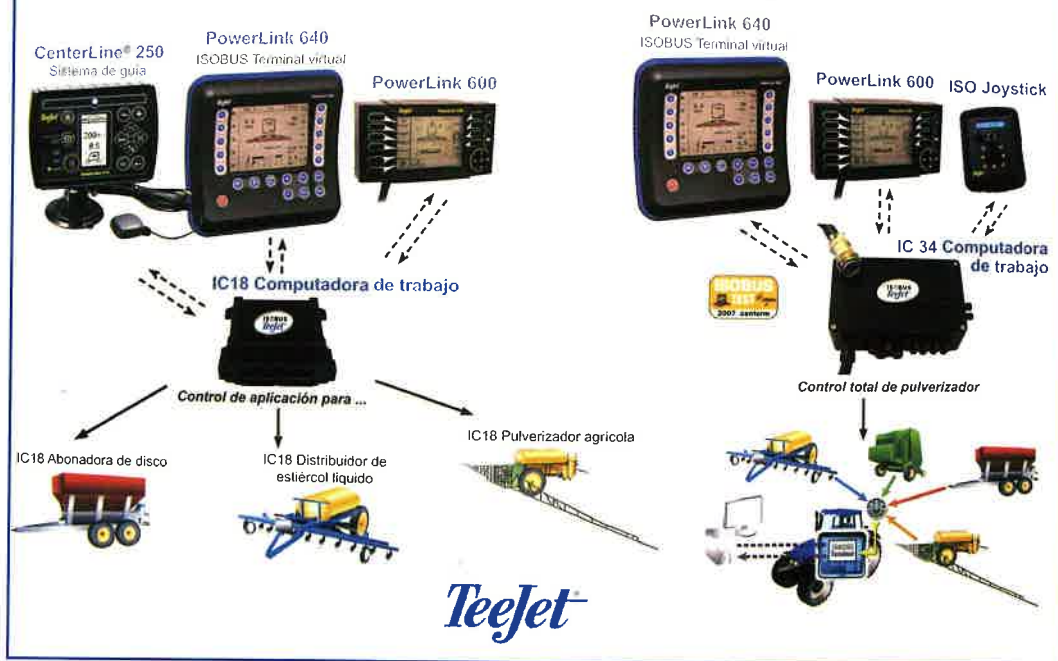
La distribución de malas hierbas (o de patógenos) en el cultivo es muy poco uniforme, por lo que parece lógico intentar aplicar el producto fitosanitario sólo allí donde verdaderamente se necesita. En el caso de las aplicaciones herbicidas, donde la técnica está más avanzada, se puede realizar una detección de las malas hierbas y control de la aplicación en tiempo real, o realizar primero un mapa de la distribución de las malas hierbas y posteriormente una aplicación del producto de forma selectiva. Cualquiera de las dos técnicas forman parte de lo que se conoce como agricultura de precisión. En caso de conseguir un control adecuado de las malas hierbas, las ventajas derivadas de la reducción de la dosis de producto fitosanitario son evidentes tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

Para la detección automática de las malas hierbas se usan principalmente técnicas de análisis de imagen o bien de análisis espectral. Las técnicas de análisis de imagen se basan en la identificación de las malas hierbas por medio de criterios de forma, tamaño o color. Hasta el momento se han usado poco ha nivel comercial, ya que requieren cámaras y equipos informáticos potentes y excesivamente caros para su uso en la agricultura.

Las técnicas de análisis espectral son las más usadas y se basan en las diferencias en el espectro de luz reflejada entre las malas hierbas y el suelo (foto 5) o incluso entre las malas hierbas y el cultivo. Para la distinción entre diferentes especies vegetales es especialmente sensible la relación de la intensidad de la luz reflejada en diferentes zonas del espectro, lo que se conoce como índice espectral de vegetación.

En cualquier caso, si lo que se pretende es la realización de mapas de malas hierbas es necesario disponer también de un sistema de posicionamiento

Foto 6. Esquema de un dispositivo de control y monitorización que permite mediante Isobus gestionar diversos aperos. Foto Teejet.



global (GPS) que permita registrar en la parcela la localización de los rodales (Downey *et al.*, 2004). A veces la identificación de las zonas de mayor población de malas hierbas se puede incluso realizar de forma visual, como es el caso de la avena loca en los cereales (Fernández-Quintanilla *et al.*, 2006).

Para la aplicación selectiva de herbicidas el pulverizador ha de disponer de un sistema de control electrónico que permita trabajar con mapas o con sensores de detección. Asimismo los sistemas de actuación han de ser rápidos para poderse adaptar a las variaciones que se registren en la parcela a la velocidad normal de trabajo, lo cual descarta el uso de válvulas eléctricas motorizadas. En su lugar, se debe contar con electroválvulas de solenoide proporcionales que puedan variar de forma rápida la presión de trabajo o, mejor todavía, con sistemas que permitan variar el caudal de aplicación sin modificar las características de la pulverización, como son los sistemas basados en el control pulsante de las boquillas (Solanelles *et al.*, 2002).

En este sentido hay marcas que presentan sistemas que permiten abrir y cerrar la pulverización de los diferentes sectores de la barra de pulverización y que, en combinación con un sistema GPS diferencial, pueden controlar la pulverización de acuerdo con un mapa de la parcela (foto 6).

Así, por ejemplo, se puede cerrar la pulverización de forma automática cuando la barra sobrepasa ►►►

►►► los límites de la parcela, o ¿por qué no? cuando se llegue a una zona de la parcela que no conviene tratar, puesto que se ha alcanzado la franja de seguridad para evitar la contaminación por deriva de un curso de agua. También es posible realizar lo que se conoce como gestión del equipo en la cabecera de la parcela, una prestación que cada vez incorporan mayor número de máquinas agrícolas. De esta forma puede abrir y cerrar la pulverización de todo el equipo de forma automática y modificar la altura de la barra de forma automática, sin que el conductor tenga que preocuparse de estas tareas.

Si se dispone de un mapa de dosificación de producto de la misma parcela, también se podrá realizar una aplicación variable o, de forma inversa, registrar un mapa de la dosis real aplicada en cada punto de la parcela. Por tanto se trata de una buena herramienta para aplicar los principios de la agricultura de precisión en la aplicación de fitosanitarios.

Las mejoras en el diseño de los pulverizadores hidráulicos en cultivos extensivos ayudan a conseguir que los tratamientos fitosanitarios sean menos agresivos con el medio ambiente, sin que esto perjudique de forma excesiva su utilidad para garantizar una producción de alimentos saludable y de calidad. Las empresas fabricantes de pulverizadores son conscientes de ello y abocan gran cantidad de recursos técnicos, humanos y económicos para el diseño y construcción de máquinas cada vez más precisas, fiables y respetuosas con el medio ambiente. Aunque en el camino hacia la mejora de la eficiencia de los tratamientos haya que renunciar a un poco de su eficacia, es importante establecer un punto de equilibrio entre los dos extremos, que hoy en día se acostumbra a identificar con el concepto de sostenibilidad.

BIBLIOGRAFIA

Deprez, K., Anthonis, J., Ramon H. y Van Brussel H. (2002). Development of a Slow Active Suspension for Stabilizing the Roll of Spray Booms, Part 1: Hybrid Modelling Biosystems Engineering 81 2, 185-191 y Part 2: Controller Design Biosystems Engineering 81 3, 273-279.

Downey, D., Giles, D. K. y Slaughter, D. C. (2004). Weeds accurately mapped using DGPS and ground-based vision identification. California Agriculture. University of California. <http://californiaagriculture.ucop.edu/0404OND/pdfs/weedMap.pdf>.

Fernández-Quintanilla, C., Ruiz, D., Barroso, J., Escribano, C. y Ribeiro, A. (2006). El manejo de la avena loca mediante técnicas de agricultura de precisión. Vida Rural 233, 36-38.

Rietz, S., Pályi, B., Ganzelmeier, H. y László, A. (1997). Performance of Electronic Controls for Field Sprayers. Journal of Agricultural Engineering Research, 68 4, 399-407.

Solanelles, F., Zanuy, C., Arnó, J., Gràcia, F. y Martínez, E. (2002). Assessment of intermittent control of liquid flor for spray applications using fan nozzles and mist sprinklers. 10th IUPAC International Congress on the Chemistry of Crop Protection. 2002.