

# El control de la deriva en la aplicación de fitosanitarios

## LA CORTINA DE AIRE



Hace unos meses, en estas mismas páginas de **agrotécnica**, se analizaban los diferentes tipos de boquillas de pulverización hidráulica específicamente diseñadas para reducir la deriva, lo que hace posible la aplicación eficaz de los productos fitosanitarios en condiciones ambientales desfavorables, a la vez que se minimiza el impacto ambiental de las aplicaciones. Pero la utilización de boquillas de baja deriva no es la única opción disponible. Los equipos con cortina de aire son alternativas interesantes, no sólo para ampliar el tiempo disponible para las aplicaciones, sino como una manera de reducir el volumen aplicado aumentando la eficiencia de los tratamientos.

Hace más de 15 años que Hardi puso en el mercado el pulverizador hidráulico conocido como Twin, que utiliza la cortina de aire como pantalla para mantener una buena distribución superficial conseguida con boquillas de chorro plano, aun en condiciones meteorológicas desfavorables, a la vez que ofrece la posibilidad de reducir el volumen de caldo y aumentar la velocidad de aplicación.

El sistema no era nuevo, ya otros fabricantes habían ofrecido productos con esta tecnología, pero fue el desarrollo de Hardi con su Twin el que marcó el comienzo de la difusión comercial de esta solución técnica en Europa.

La utilización de una corriente de aire que se encargue de transportar las gotas hasta el objetivo siempre se ha considerado como la mejor solución para los tratamientos sobre cultivos de alta densidad foliar; los pulverizadores hidroneumáticos (atomizadores), que se emplean en las áreas frutícolas, son buen ejemplo de ello. Ahora se pretendía hacer compatible la buena distribución superficial utilizando una pantalla de aire que actuara como sistema de protección.

Pero el empleo de esta técnica, además, permite trabajar con pulverización más fina, lo que hace posible las aplicaciones en bajo volumen con los mismos pro-

ductos fitosanitarios utilizados en volumen normal de agua. Las gotas pequeñas, que son las más efectivas, penetran con la misma facilidad que las más gruesas y disminuyen drásticamente la deriva.

En cualquier caso, el equipo, para que sea efectivo, debe de permitir la modificación de la velocidad de salida del aire y del ángulo de la cortina de aire y del chorro de pulverización, para poder ajustarse a las diferentes condiciones atmosféricas y del cultivo.

## Las gotas y el aire

Siempre que se analiza la eficacia de una aplicación de productos fitosanitarios por pulverización no puede perderse de vista la caracterización de la población de gotas resultante. En cualquier caso, la pulverización hidráulica, o por presión de líquido, que se produce en las boquillas, se caracteriza por su escasa homogeneidad dimensional, de manera que un 10% de las gotas más grandes se llevan más del 50% del líquido pulverizado.

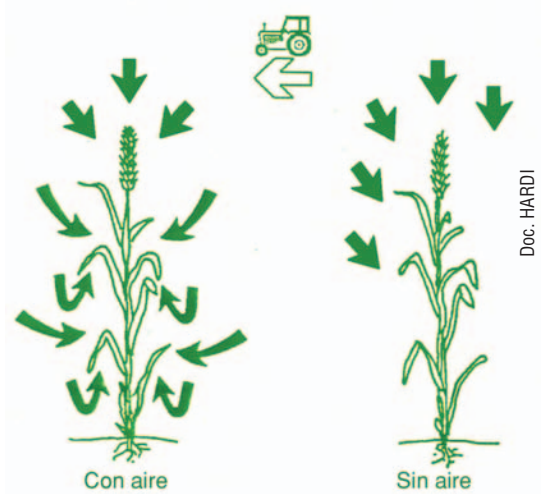
Siempre interesa reducir el tamaño de las gotas de una población, que se caracteriza por su VMD (diámetro de la gota mediana en volumen), por su NMD (diámetro de la gota median en número) y relación VMD/NMD, conocida como *span* que pone de manifiesto el grado de unifor-

midad de la población, de manera que si llegara a valer la unidad (VMD = NMD) todas las gotas de la población serían iguales. Lamentablemente, con boquillas de buena calidad, el mejor *span* que se puede conseguir es de 2 para las de abanico o chorro plano, y 1.8 para las cónicas, pero en bastantes ocasiones se alcanzan valores, respectivamente, de 8 y de 5.

Esto quiere decir que, en el conjunto, habrá un elevado porcentaje de gotas pequeñas con poca cantidad de líquido, que serían muy eficaces si las hacemos llegar al objetivo, ya que proporcionan suficiente cobertura en términos de gotas/cm<sup>2</sup>, pero que son muy susceptibles de pérdidas por deriva. No se debe de olvidar que con 1 cm<sup>3</sup> de líquido se pueden conseguir cerca de 2 000 gotas, todas iguales y de 1 mm de diámetro (1 000 µm), y casi 2 millones si su diámetro fuera de 0.1 mm (100 µm). En consecuencia, la reducción de volumen de aplicación va unida a pulverización con gota fina, siendo éste el del conjunto de la población susceptible de no alcanzar el objetivo a causa de la deriva.

Si se analiza la pulverización obtenida con una boquilla se puede observar que, a medida que se reduce el caudal de pulverización (menor dimensión del orificio de salida) y se aumenta la presión de trabajo, la pulverización se hace más fina, aumentando considerablemente el por-

## TRAYECTORIA DE LAS GOTAS POR EFECTO DEL AIRE



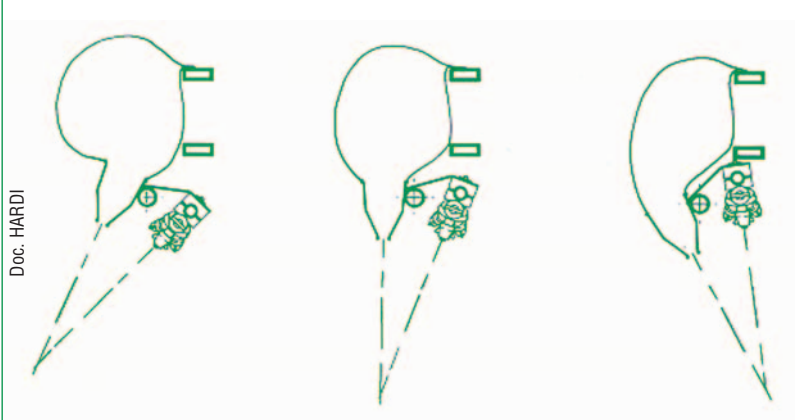
Doc. HARDI

centaje de gotas de diámetro inferior a 100 µm, que es la más susceptible de no llegar al objetivo.

Por todo ello, considerando la pulverización hidráulica convencional, cuando se trabaja en condiciones no favorables, se debe de recurrir a boquillas que pulvericen con una población de gotas más gruesas (boquillas de baja deriva), a no ser que se encuentre una alternativa que permita hacer llegar a las gotas más finas hasta el objetivo, como puede ser una 'pantalla' semipermeable que reduzca, tanto el viento de velocidad, generado por el desplazamiento del equipo, como el viento atmosférico.

En consecuencia, la utilización de esta 'pantalla' permitiría

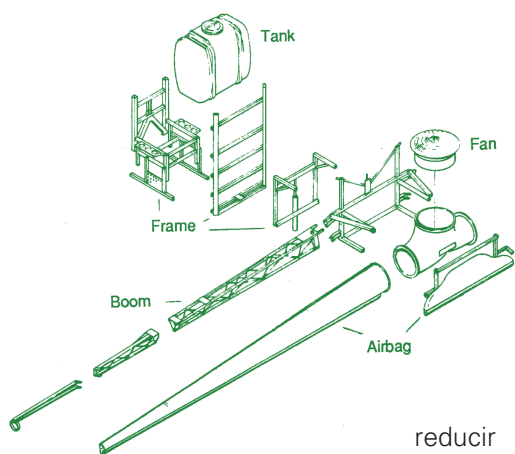
## AJUSTE COMBINADO DE LA ORIENTACIÓN AIRE-LÍQUIDO



Doc. HARDI



## COMPONENTES (HARDI TWIN)



reducir la deriva y aprovechar la gota de pequeño diámetro, con dos ventajas: reducir el volumen de caldo, con el correspondiente aumento de la capacidad de trabajo del pulverizador, a la vez que aumentar el tiempo disponible, ya que se pueden realizar las aplicaciones en situaciones atmosféricas (especialmente viento y temperaturas elevadas) más desfavorables.

Conviene recordar que la norma UNE-EN 12 761 (protección ambiental en las aplicaciones) establece como límite para la deriva el que corresponde a una boquilla de chorro plano, de 110° de ángulo de abertura, con caudal de pulverización de 0.72 L/min a presión de 2.5 bar. O sea, que utilizando boquillas de calibre menor (para bajar el volumen de aplicación o aumentar la velocidad de avance) o con mayor presión, se necesitaría recurrir a una pantalla o procedimiento alternativo que haga posible

reducir la deriva (como carga eléctrica de las gotas, cuando esto resulta posible).

Pero es importante que la pantalla no condicione la operatividad del pulverizador, ni que afecte a la uniformidad de distribución conseguida con las boquillas de chorro plano situadas a la altura del objetivo que proporciona un buen solapamiento.

## ■ El pulverizador 'doble'

El punto de partida para diseñar un equipo con estas características ha sido un pulverizador de barras convencional, al que se le asocia un conjunto de canalizaciones que permiten conducir la corriente de aire que genera un ventilador para formar una cortina o pantalla permeable situada por detrás de la barra de pulverización.

	normal	reforzado
Velocidad (m/s)	0 - 30	0 - 35
Caudal (m <sup>3</sup> /h y metro de barra)	0 - 1 500	0 - 2 000
Inclinación anterior/posterior (°)	18 / 18	40 / 30

Para que el sistema funcione correctamente, con independencia del tipo de aplicación, se necesita que la barra portaboquillas y las salidas de aire se puedan orientar de manera que los chorros se encuentren sobre el objetivo, pero también que se puedan inclinar hacia delante y hacia atrás para compensar el

viento atmosférico y el de velocidad generado por el desplazamiento del pulverizador. También que el caudal de aire y su velocidad de salida sean adecuados para abrir el cultivo, de manera que la pulverización penetre, pero evitando que el choque del aire contra el suelo produzca un fuerte rebote que impida el depósito del líquido pulverizado.

Analizando las diferentes situaciones agroclimáticas, se ha visto que en la mayoría de las circunstancias se necesitan velocidades de aire entre 0 y 30 m/s, con caudales de hasta 1 500 m<sup>3</sup>/h por cada metro de anchura de barra.

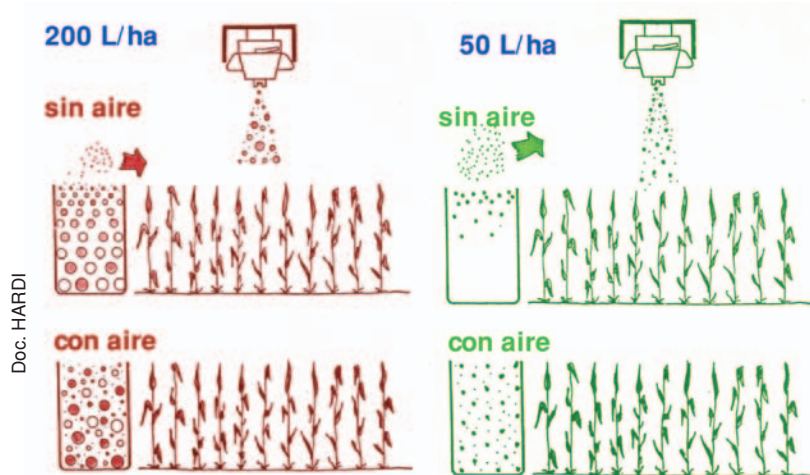
En consecuencia, fabricantes como Hardy, con gran experiencia en la fabricación de este tipo de equipos, ofrecen equipos con dos niveles de aire.

Es imprescindible la regulación del caudal y la velocidad de aire, así como la orientación de las salidas en función de la dirección del viento y de la densidad del cultivo, pero también de la zona en la que se necesite localizar la materia activa del producto pulverizado.

Desde la perspectiva del diseño de estos pulverizadores dobles, la mayor dificultad está en conseguir que el conjunto de aire se pueda adaptar a un sistema de barras convencionales sin que aumente excesivamente el peso del conjunto, ya que, especialmente en los equipos suspendidos, esto afectaría a la capacidad del depósito, para no superar un nivel de carga sobre los neumáticos que afecte a la compactación del suelo. También hay que tener en cuenta el sobrecoste de la solución incorporada.

Para facilitar la modificación del caudal de aire, el ventilador

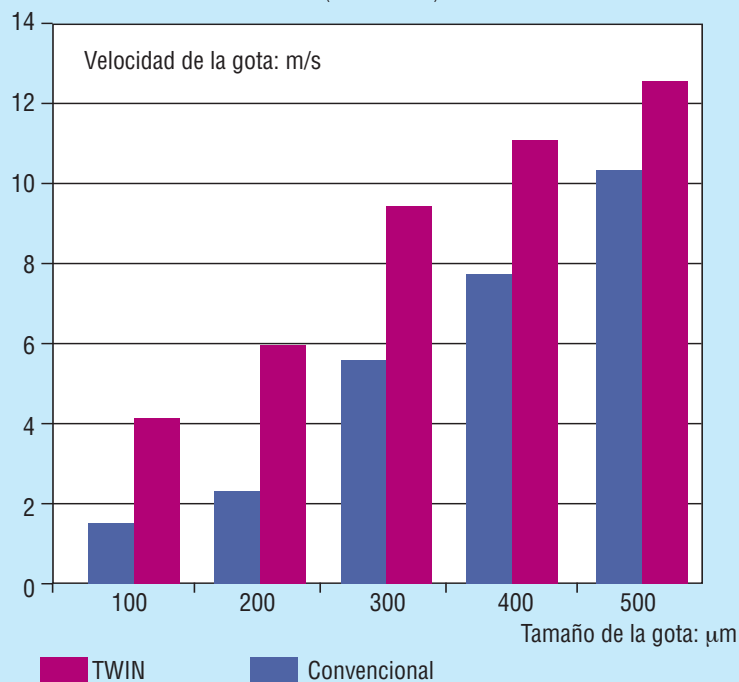
## IMPORTANCIA DEL VOLUMEN APLICADO



Doc. HARDI

GRÁFICO 1.- VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LAS GOTAS EN FUNCIÓN DE SU TAMAÑO A 50 cm DE LA SALIDA

(Fuente HARDI)



que lo suministra a la manga de distribución, que puede ser único o doble, se acciona mediante un motor hidráulico, lo que exige que el tractor proporcione un caudal de aceite adecuado. Así, se da como referencia que, para un equipo de 15 m de anchura de trabajo, se necesita un caudal de aceite de 44 L/min a una presión de 165 bar. Con menor potencia en el sistema hidráulico del tractor, el caudal de aire se reducirá proporcionalmente; las

pérdidas de energía en la transmisión hidrostática hasta el motor hacen aumentar la temperatura del aceite, por lo que siempre se necesitará contar con radiador de aceite dimensionado para los niveles de temperatura que se alcanzan en la zona agrícola considerada en el periodo de tratamientos.

En cuanto a la forma de salida del aire, se ofrecen dos alternativas: una ranura continua, paralela a la barra portaboquillas, o

bien una serie de orificios muy próximos entre sí, que ofrecen una salida de aire equivalente, más sencilla y barata de fabricar.

## Resultados

La combinación de la pulverización hidráulica con la cortina de aire tiene una primera consecuencia: el aumento de la velocidad de desplazamiento de las gotas pequeñas, que son las más susceptibles de deriva. Así, en el Gráfico 1 se aprecia la variación de la velocidad de la gota, en función de su tamaño, para una boquilla Hardi 4110-12, a 2 bar de presión, medida con un analizador láser PMS, a 50 cm de distancia del orificio de salida.

Las gotas de menos de 200  $\mu\text{m}$ , que son las más sensibles al viento, son las que más se benefician de este incremento de velocidad. Además, el choque de la cortina de aire contra el suelo hace que las plantas reciban también en las zonas no directamente expuestas al chorro de pulverización.

Por otra parte, la deriva producida en condiciones de campo se reduce de manera considerable, especialmente cuando se

GRÁFICO 2A.- EFECTO DEL VIENTO EN LA VELOCIDAD DE LAS GOTAS

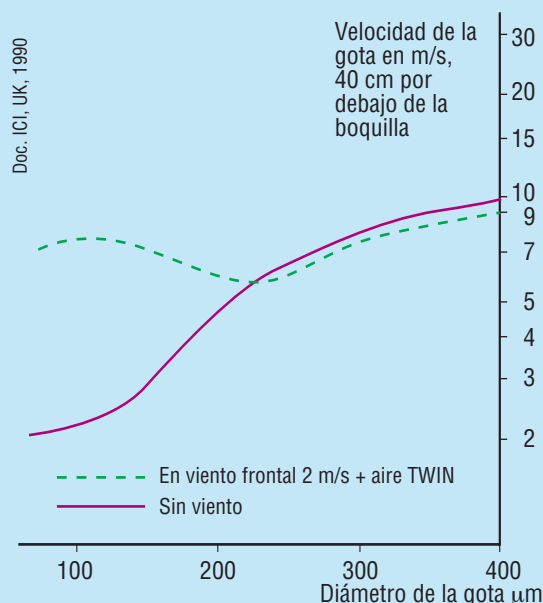


GRÁFICO 2B.- PÉRDIDAS POR DERIVA CON DIFERENTES BOQUILLAS ASOCIADA A LA PRESENCIA DE VIENTO

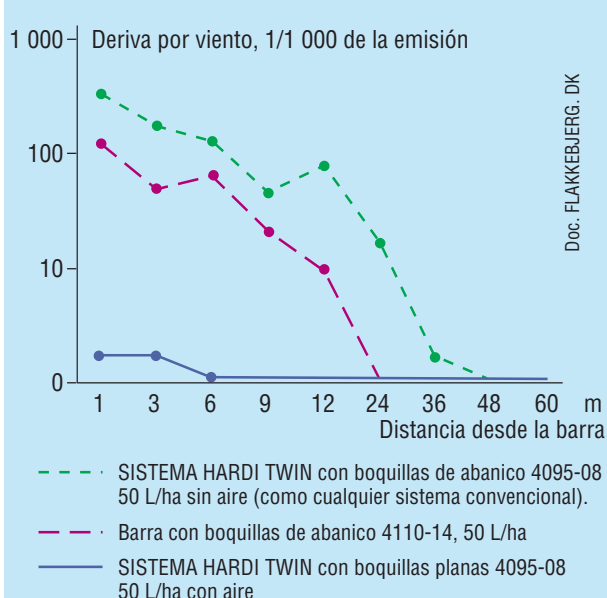
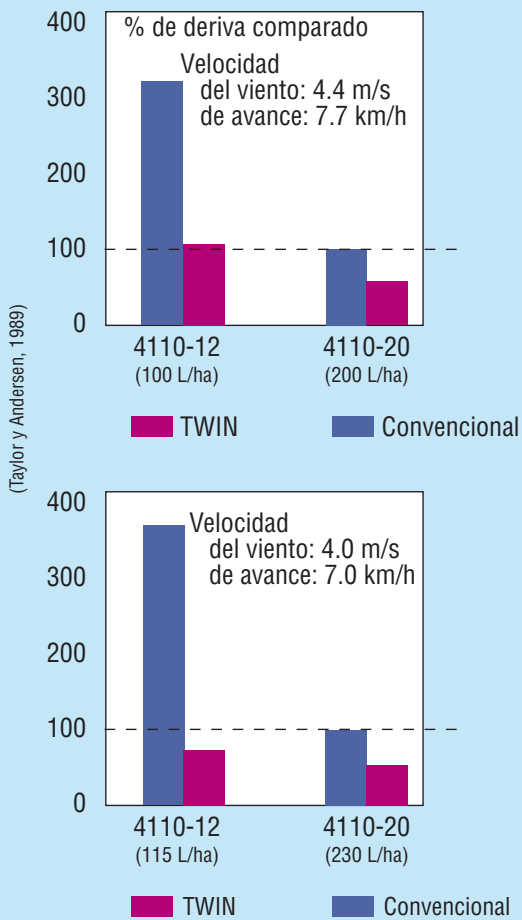


GRÁFICO 3.- DERIVA PRODUCIDA CON MEDIO Y ALTO VOLUMEN



utilizan boquillas de muy bajo caudal, como se pone de manifiesto en el Gráfico 2A, en el que se puede apreciar cómo las gotas de 100 y 200 µm mantienen, a 40 cm de la boquilla, una velocidad de desplazamiento similar a la de las gotas de 300 µm.

En consecuencia, es posible utilizar boquillas de muy bajo caudal para aplicaciones de 50 L/ha, reduciendo la deriva como pone de manifiesto el Gráfico 2B.

Comparando los resultados en la deriva, Taylor y Andersen (1989) detectaron que con el sistema Twin con volumen bajo se producía la misma deriva por viento que en un pulverizador convencional con alto volumen (Gráfico 3). Reduciendo el volumen de caldo, en una aplicación convencional, pasando de 200 a 100 L/ha, aumenta la deriva del 200 al 300%

También la velocidad de avance influye en el depósito de

las gotas y la capacidad de penetración se suele reducir con la velocidad. En una aplicación convencional la deriva aumenta con la velocidad (viento de desplazamiento y turbulencia ocasionada por el paso del tractor), sobre todo cuando se alcanzan los 10 km/h, lo que no se produce cuando se utiliza la cortina de aire bien situada.

Asimismo, el viento atmosférico afecta a la deriva, lo que obliga a parar los tratamientos con pulverizadores hidráulicos convencionales cuando éste supera los 4-5 m/s, medida esta velocidad de viento a 2 m de altura sobre el

suelo. En el Gráfico 4A se observa cómo la deriva con velocidad de viento de 8.5 m/s, utilizando cortina de aire, es similar a la que se produce utilizando un pulverizador convencional con velocidad de viento de 1.5 - 3.0 m/s, que es la que se considera como ideal en los tratamientos. En consecuencia, la utilización de la cortina de aire reduce la deriva por viento entre el 50 y el 90%, ventaja que se manifiesta más notablemente cuando se trabaja con bajo volumen y en cultivos más desarrollados.

Si se compara el efecto de la cortina de aire con otras alternativas disponibles (boquillas de

GRÁFICO 4A

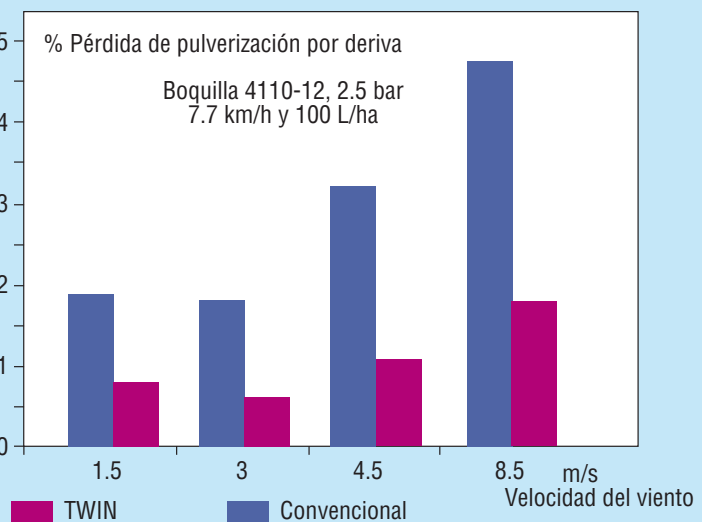
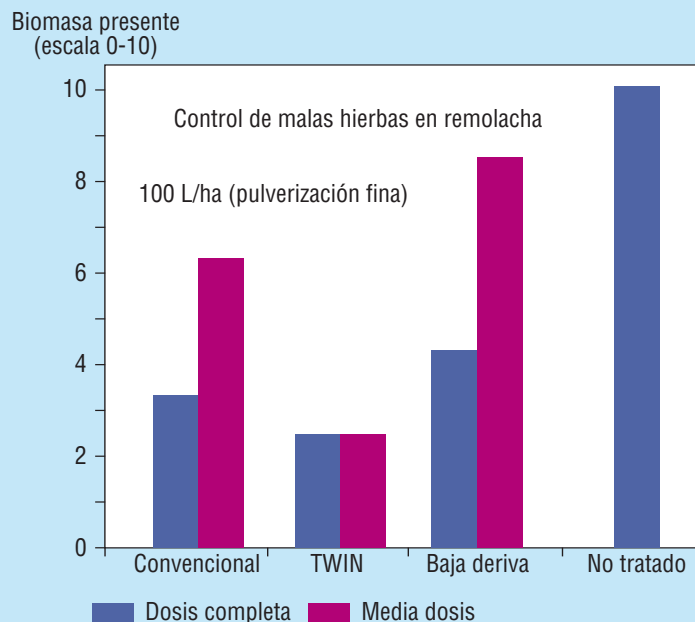


GRÁFICO 4B



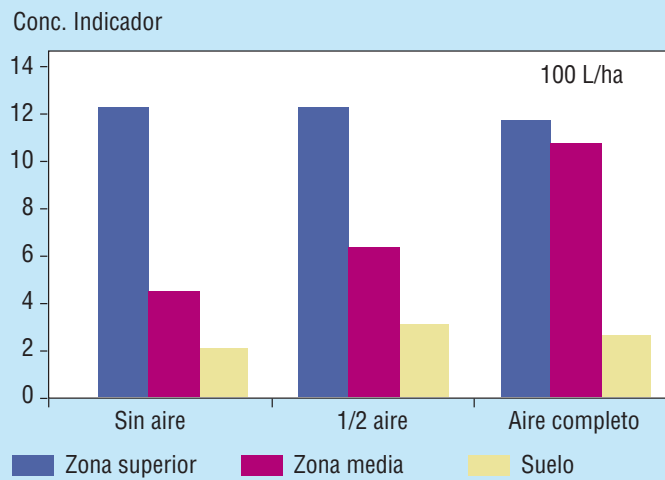
Morley Research Centre, UK 1991

baja deriva) se observa una clara ventaja de este sistema, especialmente cuando se aplican dosis reducidas de producto (Gráfico 4B) obtenido en el control de malas hierbas en remolacha.

Esto tiene como consecuencia que se puede conseguir un aumento de la capacidad de trabajo en campo, derivada de la posible reducción del volumen de caldo, pero sobre todo del aumento del número de horas disponibles, lo que puede ser muy variable en función de las condiciones atmosféricas que se producen de manera habitual en la zona durante el periodo en el que se realizan las aplicaciones. El porcentaje de tiempo en el que el viento se mantiene por debajo de 4 m/s y entre 4 y 8.5 m/s puede tomarse como referencia para calcular el incremento del tiempo disponible. También se puede mantener una pulverización fina, si el producto así lo exige, aunque las condiciones meteorológicas no sean favorables para ello con el pulverizador convencional.

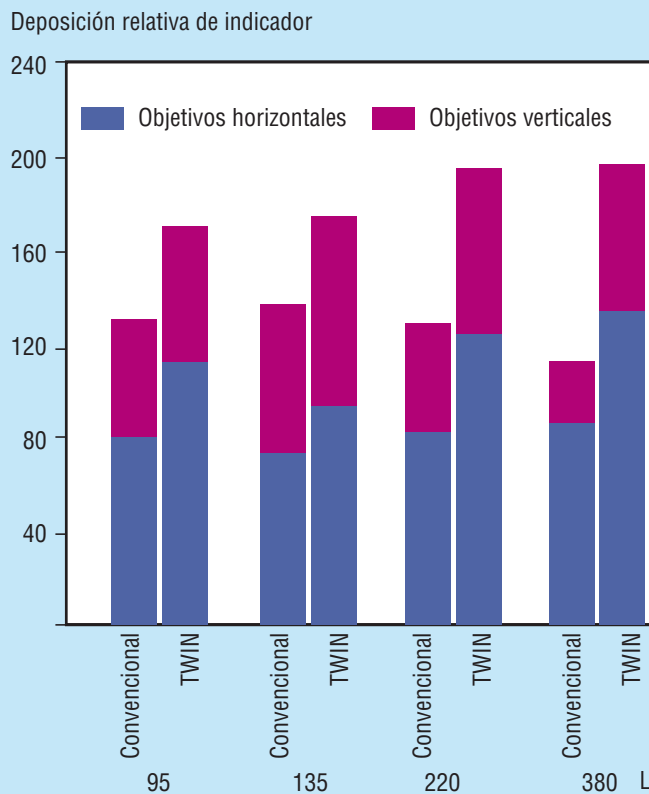
Otro punto importante es la deposición en plantas con mayor desarrollo foliar, como la patata o el algodón, o en cultivos de cereales de invierno de gran densidad cuando se necesita llegar a las zonas próximas al suelo. En el Gráfico 5A se presenta la deposición conseguida sobre algodón, con pulverización de 100 L/ha, utilizando el sistema Twin y diferentes niveles de aire.

GRÁFICO 5A.- DEPÓSITO PRODUCIDO POR ZONAS EN FUNCIÓN DEL VOLUMEN DE AIRE



Doc. WOMAC, USA, 1990

GRÁFICO 5B.- DEPÓSITOS PRODUCIDOS SOBRE OBJETIVOS VERTICALES Y HORIZONTALES



Doc. FLAKKEBJERG, DK, 1991



Este aire ayuda a que se produzca una depósitos sobre 'objetivos' verticales (tallos) y horizontales (hojas), como se pone de manifiesto en el Gráfico 5B, con diferentes volúmenes de caldo que producen una pulverización que va desde la muy fina hasta la gruesa.

Por último, al analizar la eficiencia biológica de los productos aplicados con el sistema de pulverización hidráulica y cortina de aire, se aprecia, en la bibliografía disponible, una mejora de la eficiencia biológica en muchos casos, especialmente cuando se reduce la dosis, como queda reflejado en el Gráfico 6 para el caso de un herbicida aplicado sobre cebada.

## Recomendaciones para la utilización de los equipos de cortina de aire

En primer lugar, se necesita ajustar el volumen de aire para reducir la deriva. Si la aplicación se realiza con suelo desnudo se debe de reducir la velocidad del aire para evitar la reflexión al chocar el aire contra el suelo.

El volumen de aire se debe de incrementar cuando lo hace:

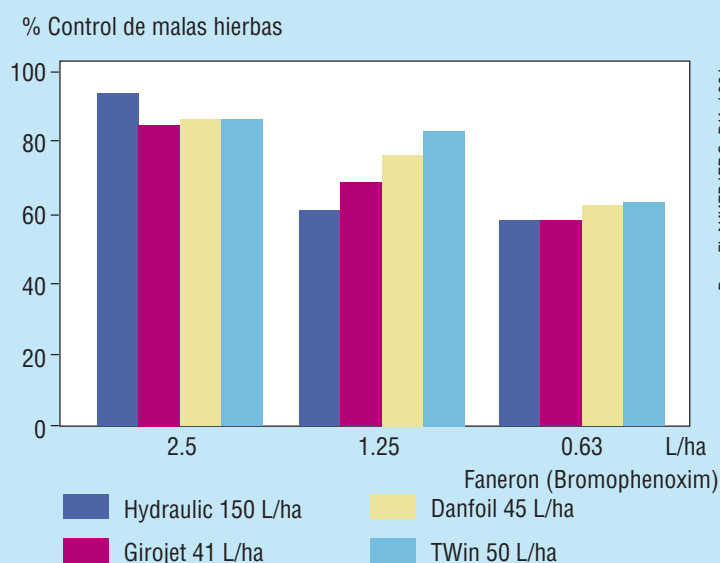
- El volumen de pulverización.
- La velocidad del viento.
- La velocidad de avance.
- La densidad del cultivo, si se busca penetración.

El ángulo de la boquilla/aire debe de ajustarse para que el ángulo de pulverización siempre se produzca contra del viento, o sea:

- Viento frontal: ángulo en la dirección de avance.
- Viento de cola: ángulo hacia atrás.

En el caso de viento lateral, la salida se orientará hacia delante, tanto más cuanto la velocidad de avance supere los 8 km/h. Al pulverizar sobre suelo desnudo o

GRÁFICO 6.- EFICIENCIA EN EL CONTROL DE MALAS HIERBAS EN CEBADA EN FUNCIÓN DE LA DOSIS DE PRODUCTO Y DEL VOLUMEN DE CALDO CON DIFERENTES TÉCNICAS DE APLICACIÓN



con vegetación ligera, se orientará la salida completamente hacia atrás. También en cultivos altos y densos conviene orientar la salida hacia atrás, siempre que la velocidad de avance sea moderada.

Cuando se busca una buena penetración en cultivos altos no muy densos conviene una salida vertical, de manera que el cultivo se desplace lateralmente, pero sin obstruir la entrada del chorro de pulverización. Si sólo se desea una penetración moderada, esto se consigue reduciendo la velocidad del aire, y orientando la salida hacia atrás.

## Conclusiones

Se puede decir que el empleo de pulverizadores de barras con cortina de aire permite reducir la deriva con respecto a los pulverizadores convencionales, lo que los hace posible minimizar la anchura de las 'fajas de seguridad' para los tratamientos que se exigen en determinadas zonas agrícolas.

Por otra parte, esta técnica resulta ventajosa cuando se rea-

lizan aplicaciones en bajo volumen, en zonas agrícolas ventosas y cuando el desarrollo foliar del cultivo aumenta en tratamientos que exigen penetración.

Es imprescindible que el equipo permita ajustar la velocidad de salida del aire y su orientación en función de las condiciones ambientales, del desarrollo del cultivo y del tipo de tratamiento.

El mayor coste de esta solución tecnológica con respecto a un pulverizador de barras convencional es la única limitación apreciable, aunque se amortizaría sin dificultad por los usuarios dispuestos a aprovechar las ventajas que el sistema ofrece. ■

LUIS MÁRQUEZ

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA  
Hardi Internacional A/S.-

- Twin System: año 1994
- Hardi Rama: año 1997
- Hechos a cerca de la pulverización asistida por aire: año 2002  
[www.hardi-international.com/](http://www.hardi-international.com/)  
[www.hardi-es.com](http://www.hardi-es.com)