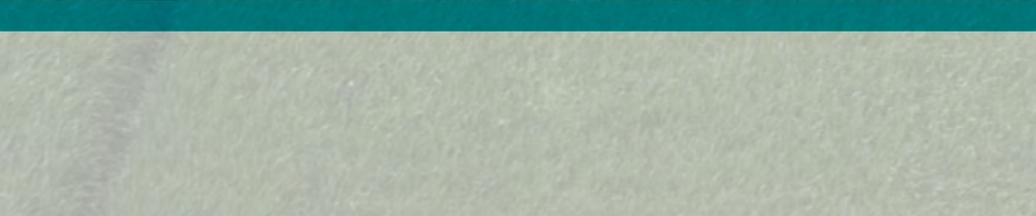




# Aplicación de tratamientos fitosanitarios

*Juan Antonio Boto Fidalgo  
(Universidad de León)*



# SUMARIO

---

1	LA NORMATIVA EN LAS MÁQUINAS DE APLICACIÓN	2
2	LAS BOQUILLAS DE PULVERIZACIÓN HIDRÁULICA	4
3	CALIBRACIÓN DE UNA APLICACIÓN Y REGULACIÓN DE LA MÁQUINA	6
4	LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS	9
5	EJEMPLOS	12

La aplicación de fitosanitarios se debe valorar en una doble vertiente, seguridad y eficiencia.

La **seguridad** debe referirse, tanto a las *personas* que realizan la aplicación, debido a que se manejan materias tóxicas y porque las máquinas son potencialmente peligrosas, como a la posible contaminación del *medio* que se puede provocar, ya sea al agua, al aire o a los productos expuestos al tratamiento.

La **eficiencia de un tratamiento**, que vendrá influenciada especialmente por el producto empleado, la dosis utilizada y el momento de la aplicación; en lo que se refiere a la máquina utilizada, se debe valorar por la *homogeneidad de reparto* del producto distribuido sobre la superficie de tratamiento; esto requiere de una máquina en buen estado y una buena regulación para su adaptación a las especificidad de la aplicación.



## LA NORMATIVA EN LAS MÁQUINAS DE APLICACIÓN

En ella se va a diferenciar la referida a los equipos nuevos y a los equipos en uso.

**Equipos nuevos (seguridad).** Todo equipo nuevo debe ser seguro para las personas de acuerdo con lo establecido por la Directiva conocida como “Directiva Máquinas”<sup>1</sup>. Está previsto que esta Directiva, que actualmente recoge los “Requisitos Esenciales de Seguridad y Salud” para las personas, incluya en un futuro los “Requisitos Esenciales de Protección para el medio ambiente”.

La seguridad en las máquinas es responsabilidad de los fabricantes, puesto que la administración no realizará prueba alguna al respecto antes de ponerla en el mercado. La presunción de seguridad de una máquina comercializada exige al fabricante el “Marcado CE”, que implica, que la máquina debe tener el anagrama “CE” y los datos del fabricante en una placa fácilmente visible. Además, la máquina debe ser acompañada con el correspondiente manual de instrucciones y un certificado expedido por el fabricante, de conformidad CE de la máquina.

El fabricante debe cumplir los Requisitos Esenciales en sus máquinas, aunque tiene libertad para utilizar en la máquina los elementos que considere oportunos para su satisfacción; no obstante, existen dos normas europeas (de carácter no obligatorio) específicas para “Pulverizadores y distribuidores de fertilizantes líquidos”, la UNE-EN 907 “Maquinaria agrícola y forestal: *Seguridad*.” y UNE-EN 12761 “Maquinaria agrícola y forestal: *Protección del medio*, que indican los componentes que los equipos pueden llevar para satisfacer los requisitos esenciales obligatorios. Si el fabricante construye las máquinas, de acuerdo a lo especificado en estas normas, tendrá la seguridad que cumplen los requisitos esenciales desde el punto de vista de la administración y su justificación ante una inspección sería inmediata; en caso contrario, tendrá que justificar con argumentos y pruebas la presunción de seguridad de la máquina.

**Equipos nuevos (eficiencia).** A diferencia de la seguridad, no hay exigencia por parte de la administración en lo que se refiere a la eficiencia, por lo que es el agricultor el que debe valorar si la máquina que adquiere le va a servir para sus fines.

Aunque la eficiencia no sea obligatoria, el ENTAM “European Network for Testing of Agricultural Machines”, reali-

<sup>1</sup> Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 17 de mayo de 2006 (DOUE de 9 de junio de 2006).

za pruebas normalizadas de eficiencia sobre los equipos de plaguicidas, estando a disposición de los fabricantes que quieran evaluar y demostrar el comportamiento de sus equipos. A nivel nacional, es el Centro de Mecanización Agraria de Lérida el que realiza estos ensayos.

Desde el año 2008, las máquinas de aplicación de fitosanitarios que se quieran acoger al “Plan Renove” del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, deben haber superado unas pruebas de “buen funcionamiento” y disponer de un certificado expedido por un Centro reconocido por el propio MMARM.

**Equipos en uso (situación actual).** La Ley de Sanidad Vegetal y la normativa sobre Producción Integrada de Productos Agrícolas contempla la inspección o revisión periódica de equipos en aquellas explotaciones que incorpora este sistema de producción. En la práctica, cada CCAA tiene sus criterios, tanto en lo que se refiere a obligatoriedad en hacer las inspecciones como a quien corresponde hacerlas.

**Equipos en uso (situación futura).** La Directiva de “Uso Sostenible de Plaguicidas”, contempla la obligatoriedad de realizar inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de plaguicidas en uso. Para la implantación de esta Directiva a nivel nacional se requiere la puesta en marcha de un plan nacional de actuación. En lo que se refiere a maquinaria, el MMARM tiene previstas dos actuaciones:

- Inscripción de todos los equipos en uso en un registro oficial de maquinaria agrícola. Se ha publicado el Real Decreto 1013/2009, de 19 de junio (BOE de 15 de julio) sobre caracterización y registro de maquinaria agrícola, que contempla la obligatoriedad del registro para todos los equipos en uso y la forma de actuación para su registro.
- Realización de la inspección de los equipos en uso. Esta previsto que un Real Decreto ponga en marcha las inspecciones de acuerdo con lo especificado en la Directiva de “Uso sostenible”. Se prevé que antes de 2016 todos los equipos en uso han debido ser sometidos al menos a una inspección. Se prevé realizar inspecciones periódicas cada 3 ó 5 años según el tipo de empresa o explotación a la que pertenecen.

La ejecución de la inscripción y la inspección de las máquinas en uso corresponderá a las CCAA, que dispondrán de los medios para su cumplimiento. La idea inicial es unificar al máximo las actuaciones de las CCAA para dar cumplimiento a la Directiva en materia de inspección de equipos en uso.



## 2 LAS BOQUILLAS DE PULVERIZACIÓN HIDRÁULICA

**Definición y características comunes.** Una boquilla se podría caracterizar por lo siguiente:

Es un elemento que **se monta en el extremo** de una conducción hidráulica (de líquido).

Presenta un **orificio** con una forma determinada y un **tamaño inferior** al de la conducción donde se monta (estrechamiento de la conducción).

Provoca la pulverización del líquido, en su salida hacia el exterior, cuando el líquido **presenta una determinada presión**.

Emite un caudal que se corresponde con la siguiente expresión:

$Q$  (caudal) =  $A$  (superficie orificio)  $\times$   $K$  (constante del orificio)  $\times \sqrt{p}$  (presión del líquido).

La pulverización está formada por gotas de diferentes tamaños (**población de gotas**) que puede ser caracterizada por parámetros normalizados (diámetros característicos).

**Clasificación.-** Se podía hacer la siguiente diferenciación:

**Tipos y subtipos:**

- **Abanico o hendidura:** Estándar, Antideriva, Bandas, Baja presión y Chorro excéntrico.
- **Cono hueco-lleño o turbulencia:** Chorro de ángulo variable, orificio y difusor, orificio con ranura.
- **Espejo o deflectora:** No se suelen diferenciar subtipos (cada vez menos utilizadas).
- **Chorros sólidos:** Tres orificios, múltiples orificios, (para aplicación de abonos líquidos al suelo).

**Modelos:** Ángulo de chorro a presión estándar (110° para las de abanico), variantes comerciales.

**Materiales:** Latón (en desuso), Aceros endurecidos, Plásticos especiales, Cerámicas.

**Tamaño de orificio:** Caudales normalizados a presión de referencia, e identificados con colores. Ejemplo en boquillas de abanico de 110° a presión de 3 bar: amarillas 0,8 l/min; azules 1,2 l/min y rojas 1,6 l/min.

**Utilización.-** Se hacen las siguientes recomendaciones:

- Las boquillas de abanico de chorro de 110° (las más empleadas) se utilizan para realizar aplicaciones homogéneas sobre una superficie plana; por ejemplo, un tratamiento herbicida sobre el suelo. Las boquillas antideriva se recomiendan para reducir los riesgos de deriva<sup>2</sup> en las aplicaciones; cada vez son más empleadas las boquillas antideriva con aspiración de aire (son alargadas con orificios laterales).
- Las boquillas de abanico de bandas se recomiendan para realizar aplicaciones en bandas (no cubrir toda la superficie del terreno), regulando la anchura de la banda con la altura de la barra donde se montan las boquillas.
- Las boquillas de cono se utilizan para realizar aplicaciones en las que se busca la penetración de las gotas de líquido por el interior de la vegetación; tratamientos de fungicidas, insecticidas, acaricidas e incluso herbicidas de contacto pueden hacerse con estas boquillas.
- Las boquillas de chorros sólidos, en los que se evita la pulverización del líquido, se recomiendan exclusivamente para el reparto de abonos líquidos sobre el suelo.

---

<sup>1</sup> La deriva consiste en que las gotas pulverizadas toman una trayectoria distinta a la prevista, pudiendo provocar daños en los cultivos próximos y contaminaciones de todo tipo.



## 3

### CALIBRACIÓN DE UNA APLICACIÓN Y REGULACIÓN DE LA MÁQUINA

**Calibración de la aplicación.** La calibración consiste en establecer los valores de los 4 parámetros “de calibración” interdependientes que entran en juego en una aplicación:

- **D**, volumen de aplicación o dosis, expresada habitualmente en l/ha
- **Q**, caudal emitido por la máquina, expresado en l/min
- **v**, velocidad real de avance de la máquina, expresada en km/h
- **a**, ancho de trabajo o separación entre pasadas, expresado en m, que se puede corresponder con el ancho de distribución de la máquina, separación de líneas de cultivo en plantaciones frutales, etc.

La relación de estos parámetros es la siguiente<sup>3</sup>:

$$Q(l/min) = \frac{D(l/ha) \times v(km/h) \times a(m)}{600}$$

<sup>3</sup> En los equipos de barras, en los que las boquillas que se montan son idénticas y están separadas a la misma distancia, en la fórmula se puede utilizar el caudal de una boquilla y el ancho correspondiente a la separación entre dos boquillas (normalmente 50 cm).

Habitualmente, cuando se hace una aplicación, se fija la dosis o volumen de aplicación (l/ha) y el ancho de trabajo (separación entre pasadas de la máquina o separación entre boquillas de la barra), con lo que utilizando la fórmula, si vamos a una velocidad conocida, en km/h, nos da el caudal de la máquina o boquilla individual (l/min) y, viceversa, si nosotros sabemos el caudal que tira la máquina o una boquilla de la barra (l/min), obtendremos la velocidad en km/h a la que debemos trabajar.

El caudal que emite una boquilla es función, como ya se ha indicado, de la presión con la que llega el líquido. Para transformar el caudal de la boquilla en presión del líquido se recurre a la siguiente fórmula:

$$\frac{Q_1^2}{Q_2^2} = \frac{p_1}{p_2}$$

Esta fórmula nos permite calcular, para una boquilla determinada de la que se conoce el caudal emitido a una presión dada ( $Q_1$ ,  $p_1$ ), la presión que se debe dar al líquido ( $p_2$ ) para obtener el caudal deseado ( $Q_2$ ) o el caudal que emite la boquillas a una presión de trabajo.

A partir de las dos fórmulas se elaboran las tablas informativas que presentan los fabricantes de boquillas, en las que se suelen incluir colores que representan boquillas concretas, con un determinado tamaño de orificio.

**Regulación de la máquina.** Consiste en preparar la máquina para trabajar con los parámetros de calibración fijados y otras adaptaciones que puedan ser necesarias según el tipo de aplicación. Si damos por supuesto que el ancho de trabajo es fijo para una máquina o aplicación y la dosis es un parámetro de aplicación, la regulación afecta al caudal (presión del líquido) y la velocidad de avance.

La regulación de los parámetros indicados debe hacerse a unas condiciones de régimen de funcionamiento del motor del tractor o máquina automotriz utilizada; al régimen elegido en el motor permitirá, un régimen al eje de la toma de fuerza (tdf) y por tanto un caudal emitido por la bomba y, una velocidad de avance con una marcha determinada. Muy importante, el régimen del motor elegido para la regulación de la máquina debe ser el utilizado durante la aplicación.

¿Qué régimen del motor ha de utilizarse?. Será aquel que permita un régimen adecuado al eje de la tdf y por tanto de accionamiento de la bomba, que normalmente

<sup>5</sup> Este es un régimen normalizado habitualmente utilizado para las bombas; es decir, las bombas se fabrican para que, recibiendo 540 rev/min funcionen correctamente..



estará en torno a las 540 rev/min<sup>4</sup>. Este régimen en la tdf, en los tractores antiguos, se obtiene a regímenes muy elevados (superior a las 2.000 rev/min) mientras que en los tractores modernos, que montan “tdf económica” la pueden obtener a regímenes mucho más bajos (1500 -1.600 rev/min). En principio, en los tractores modernos siempre se utilizará la posición “tdf económica” y se utilizará el régimen del motor del tractor que permite obtener a la tdf en torno a las 540 rev/min.

El *caudal* se regulará mediante los mandos del distribuidor del equipo que controlan la presión. La *presión* se fija comprobando su valor en el manómetro que monta. Es muy importante que el manómetro disponga una escala con divisiones que permitan ajustar la presión con la precisión deseada<sup>5</sup>.

La *velocidad de avance* se comprueba al régimen del motor elegido y con la marcha prevista utilizar durante la aplicación. Esta comprobación se puede hacer recorriendo el tractor con el equipo una longitud conocida (por ejemplo 50 m) y midiendo el tiempo empleado en segundos. La velocidad, en km/h, sería la siguiente:

$$v(\text{km/h}) = \frac{\text{Longitud recorrida (m)}}{\text{Tiempo transcurrido (s)}} \times 3,6$$

Aparte del caudal (presión) y velocidad de avance, fijados en la calibración, se pueden hacer otras regulaciones para adaptar la máquina a la aplicación, por ejemplo, la altura y orientación de las boquillas, en los pulverizadores de barras, o el caudal y orientación de aire en los equipos con sistemas neumáticos.

<sup>5</sup> Entre 0 y 5 bar las divisiones de la escala deben ser como máximo de 0,2 bar y entre 5 y 20 bar como máximo de 1 bar.



## LA APLICACIÓN DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS

4

Cuando se realiza una aplicación se pueden diferenciar tres niveles de objetivos:

- Aportar una dosis o volumen de líquido sobre una superficie; 100, 200, .. l/ha
- Distribuir la dosis de forma homogénea sobre la superficie objetivo (suelo, hojas de las plantas, etc.)
- Buscar otros aspectos complementarios, como puede ser, nivel de cobertura de líquido sobre la superficie a tratar, penetración de las gotas sobre la vegetación, limitación de la deriva, etc.

Sobre esta base se van a tipificar tres tipos de aplicaciones, que se corresponden con los trabajos más habituales en los tratamientos fitosanitarios.

**Tratamiento herbicida con reparto del producto sobre una superficie plana.**- Se trata de repartir la dosis o volumen de aplicación (75, 100, 200,... l/ha) de una forma homogénea sobre un suelo desnudo o con poca vegetación. Se utiliza un pulverizador hidráulico de barras convencional que monte boquillas de abanico, normalmente de 110° de ángulo de chorro, a presiones recomendadas de uso (normalmente de 1 a 4 bar), separadas 0,5 m en la barra.

Para repartir el líquido de forma homogénea sobre una superficie plana, se requiere un reparto homogéneo en dos direcciones perpendiculares; la de avance del tractor y la de la barra del equipo.

Para conseguir el reparto homogéneo en la dirección de avance del tractor, se ha de mantener constante durante la aplicación, la velocidad y el caudal, lo que se consigue manteniendo constante el régimen del motor del tractor

utilizado en la regulación. Esto a veces es complicado, especialmente cuando se trabaja en pendientes, porque el régimen del motor del tractor suele variar y con él la velocidad y el caudal. En los equipos que montan “*reguladores volumétricos*”, en los que la presión se regula mediante válvulas de caudal, el reparto en la dirección de avance se mantiene constante en todo momento aunque varíe ligeramente el régimen del motor puesto que las variaciones de velocidad y caudal se compensan. Por ejemplo, si se incrementa el régimen del motor del tractor, va a provocar un incremento en la velocidad de avance (se mantiene la marcha de avance), pero también va a provocar un incremento de caudal de la bomba que incrementará la presión del líquido y por tanto se aumentará el caudal en las boquillas, haciendo que la relación entre la velocidad de avance (km/h) y el caudal suministrado por las boquillas (l/min) sea constante.

Para repartir el producto de forma homogénea en la dirección de la barra, es necesario que ésta se mantenga perfectamente horizontal (paralela al suelo), para que todas las boquillas pulvericen a la misma altura. Si las boquillas están separadas en la barra 50 cm (lo normal), y se dispone de boquillas de abanico de 110° de chorro (en su referencia aparece un 110), la altura de las boquillas sobre el suelo debe ser de unos 50 cm. Las boquillas deben estar montadas de tal forma que la dirección del eje mayor de la hendidura (y de la elipse proyectada de líquido) forme un ángulo de 10 a 15° con la dirección del eje de la barra<sup>6</sup>, para que los chorros de líquido no choquen en su recorrido hasta el suelo.

**Tratamiento fitosanitario sobre la vegetación en cultivos bajos.**- Se trata de repartir el volumen de aplicación entre la vegetación de las plantas de cultivo, o entre las malas hierbas que se quieren combatir. Para este tipo de tratamiento se pueden utilizar equipos de barras convencionales, como el indicado en el punto anterior, u otros más específicos que pueden incluir sistemas neumáticos.

En todo caso, el equipo debe repartir el producto de forma homogénea en la *dirección de avance*, para lo que se actuará de la misma forma indicada en el tratamiento de herbicidas.

En la *dirección perpendicular al avance*, si se dispone de un equipo hidráulico de barras convencional con bo-

<sup>6</sup> En los equipos en que las boquillas se montan con cuerpo de bayoneta, mediante un cuarto de vuelta, las boquillas quedan colocadas con la orientación adecuada cuando éstas se fijan. Si la sujeción de las boquillas es con cuerpo de rosca, habrá que buscar la orientación correcta con la llave que se suministra con la máquina).

quillas separadas 50 cm, lo mejor es montar boquillas de turbulencia o cono, con chorro circular. En este caso, y dado que se recomienda que los chorros nunca deben chocar antes de llegar a la vegetación a tratar, la altura de la barra será tal que los chorros de las diferentes boquillas lleguen a contactar a la altura de las plantas<sup>7</sup>. El reparto del producto en la dirección de la barra no será homogéneo como en el caso anterior pero las gotas penetrarán por el interior de la vegetación cubriendo mejor las hojas interiores de las plantas, pudiendo conseguir un buen reparto de producto entre las plantas tratadas. Para comprobar el nivel de penetración del producto en la vegetación, nivel de cobertura, etc., se pueden realizar pruebas con papeles hidrosensibles.

### Tratamiento fitosanitario sobre la vegetación de frutales.-

Al igual que el caso anterior, se trata de repartir un volumen de líquido entre la vegetación de las plantas, por lo que se utilizan habitualmente boquillas de cono. En los equipos utilizados nos encontramos una gran variedad, al igual que pueden ser muy distintas las configuraciones de las plantaciones; esto hace que, conociendo el equipo disponible y su regulación,



se deben hacer pruebas de reparto del líquido sobre la vegetación a tratar. La prueba se realiza utilizando agua, como líquido distribuido, y papeles hidrosensibles<sup>8</sup>, colocados en diferentes alturas y profundidades, para intuir el reparto. Tras una regulación inicial, se pasa con la máquina pulverizando por la plantación y se comprueba la impregnación de los papeles hidrosensibles. A la vista del reparto, y si se considera oportuno para mejorarlo, se pueden cambiar las boquillas, modificar su orientación, variar la velocidad del aire, etc., cambios que sugieran una mejora de los resultados obtenidos en la primera prueba. Se hará una segunda prueba con las modificaciones realizadas y se comprueba de nuevo el reparto del producto.

<sup>7</sup> Si los chorros no llegan a contactar cuando lleguen al nivel superior de las plantas, quedarán zonas sin tratar y, si chocan antes, las gotas pueden romperse en gotas muy finas sensibles a la deriva.

<sup>8</sup> Estos papeles registran los impactos de líquido quedando impresos con un color intenso, lo que nos permite intuir tanto la cantidad de líquido como el tamaño de gotas que llegan a la ubicación donde se colocan los papeles.



## 5

## EJEMPLOS

**Ejemplo 1**

Queremos hacer una aplicación de herbicidas sobre un suelo desnudo utilizando un volumen de aplicación de 200 l/ha, con un equipo de pulverización hidráulico de 10 m. de ancho que presenta unas boquillas amarillas de hendidura (abanico) de 110° de ángulo de chorro, separadas 50 cm en la barra, que aportan un caudal de 0,8 l/min a 3 bar de presión.

Establece los parámetros de calibración, así como la regulación de la máquina para la ejecución de la aplicación de forma correcta.

**Calibración:**

Se elige una velocidad de avance de 6 km/h y, como todas las boquillas son iguales y están separadas 0,5 m, se utiliza la fórmula de la calibración para obtener el caudal de una boquilla.

$$Q(l/min) = \frac{200(l/ha) \times 6(km/h) \times 0,5(m)}{600} = 1,0 l/min$$

Si este caudal lo debemos suministrar con la boquilla amarilla, ¿a qué presión debe trabajar?

$$\frac{0,8^2}{1,0^2} = \frac{3 bar}{p_2}; \quad p_2 = 4,7 bar. \quad \text{¿Nos vale este resultado?}$$

La presión es algo alta para una boquilla de abanico (se comprobaría en las recomendaciones del fabricante).

Podemos elegir otra velocidad más baja, p.e. 5 km/h:

$$Q(l/\text{min}) = \frac{200(l/\text{ha}) \times 5 (\text{km}/\text{h}) \times 0,5 (m)}{600} = 0,83 l/\text{min}$$

$$\frac{0,8^2}{0,83^2} = \frac{3 \text{ bar}}{p_2} \quad p_2 = 3,2$$

La presión obtenida es más adecuada a la boquilla disponible. *Podría valer*

**Regulación y ejecución:** (se supone que el equipo está en buen estado de funcionamiento).

- Se elegirá un régimen del motor del tractor que permita conseguir un régimen adecuado para el funcionamiento de la bomba (500 a 540 rev/min).
- Se “meterá” una marcha y se comprobará la velocidad, intentado conseguir los 5 km/h.
- Si es complicado llegar a esa velocidad exactamente, se puede rehacer la calibración con la nueva velocidad obtenida.
- Se accionará sobre los mandos pertinentes para obtener los 3,2 bar en el manómetro, si la velocidad conseguida es 5 km/h.
- Se comprobará que todas las boquillas presenten “chorros característicos” (indicará que no están deterioradas o presentan obstrucciones) y que están orientadas correctamente respecto la dirección de la barra.
- Se fijará la altura de la barra para que la distancia entre las boquillas y el suelo sea de unos 50 cm.
- Se procederá a realizar el tratamiento.

## Ejemplo 2

Queremos hacer una aplicación de un fungicida sobre un cultivo utilizando un volumen de aplicación de 300 l/ha, con un equipo de pulverización hidráulico de 10 m. de ancho que presenta unas boquillas de turbulencia o cono, separadas 50 cm, que aportan un caudal de 1,30 l/min a 2 bar de presión.

Establece los parámetros de calibración, regulación y actuaciones complementarias para la ejecución de la aplicación de forma correcta.

**Calibración:**

Se elige una velocidad de avance de 6 km/h y, como todas las boquillas son iguales y están separadas 0,5 m, se utiliza la fórmula de la calibración para obtener el caudal de una boquilla.

$$Q(l/min) = \frac{300(l/ha) \times 6(km/h) \times 0,5(m)}{600} = 1,5 l/min$$

$$\frac{1,3^2}{1,5^2} = \frac{2 bar}{p_2} ; p_2 = 2,7 bar. \text{ ¿Nos vale este resultado?}$$

Presión algo baja para una boquilla de turbulencia<sup>9</sup>.

Elegimos otra velocidad más elevada, p.e. 8 km/h:

$$Q(l/min) = \frac{300(l/ha) \times 8(km/h) \times 0,5(m)}{600} = 2,0 l/min$$

$$\frac{1,3^2}{2,0^2} = \frac{2 bar}{p_2} ; p_2 = 2,7 bar.$$

*La presión obtenida es aceptable aunque la velocidad elegida puede ser excesiva; podría recomendarse la utilización de boquillas de menos caudal.*

**Regulación y ejecución:**

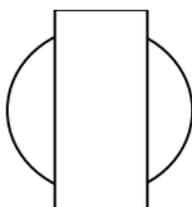
- Se elegirá un régimen del motor del tractor que permita conseguir un régimen adecuado para el funcionamiento de la bomba (500 a 540 rev/min).
- Se “meterá” una marcha y se comprobará la velocidad, intentado conseguir los 8 km/h
- Si es complicado llegar a esa velocidad exactamente, se puede rehacer la calibración con la nueva velocidad obtenida.
- Se accionará sobre los mandos pertinentes para obtener los 4,7 bar en el manómetro, si la velocidad conseguida es 8 km/h.
- Se comprobará que todas las boquillas presenten “chorros característicos” (indicará que no están deterioradas o presentan obstrucciones).
- Se fijará la altura de la barra para conseguir el contacto de los chorros de líquido a la altura de la vegetación<sup>10</sup>.
- Se procederá a realizar el tratamiento.

<sup>9</sup> La presión recomendada para las boquillas de turbulencia o cono suele ser superior a la de las de abanico; en equipos de barras pueden estar entre 3 y 5 bar.

### Ejemplo 3

Tenemos un pulverizador hidroneumático “atomizador” con ventilador de flujo axial. Sabemos que tiene dos tramos de pulverización en arco, con posibilidad de utilizar simultáneamente 10 boquillas en cada tramo. A 5 bar, el caudal de las boquillas disponibles de cono (ATR) y el orden en el que están montadas en los tramos es el siguiente:

1 de 2,0 l/min;
2 de 1,8 l/min
5 de 1,5 l/min



1 de 2,0 l/min;
2 de 1,8 l/min
5 de 1,5 l/min

Se quiere hacer una aplicación de 800 l/ha en una plantación frutal en espaldera con separación de las líneas de plantas de 3,5 m. Calcular los parámetros de calibración e indicar la forma de proceder para hacer una aplicación correcta.

#### Calibración:

Se elige una velocidad de avance de 4 km/h (se recomienda que sea inferior a 4,5 km/h). El caudal calculado será para todas las boquillas que pulvericen simultáneamente y el ancho de trabajo, para toda la máquina, se corresponde con la separación de las líneas de plantas.

$$Q(l/min) = \frac{800(l/ha) \times 4,0(km/h) \times 3,5(m)}{600} = 18,66 l/min$$

total y **9,33 l/por tramo**.



<sup>10</sup> Si se conoce el ángulo de chorro de las boquillas se puede calcular la altura de forma teórica. La tangente de la mitad del ángulo de chorro será igual a la mitad del ancho de trabajo (0,25 m) entre la altura del chorro.

Para fijar la presión se deben elegir las boquillas a utilizar por tramo<sup>11</sup>: Elegimos 5:

- 1 de 1,8 l/min.
- 3 de 1,5 l/min.
- 1 de 1,2 l/min.

El total de las boquillas elegidas por tramo, a 5 bar, pulverizarían 7,5 l/min.

La presión a que tendrían que trabajar para suministrar los 9,33 l/min calculados serían:

$$\frac{7,5^2}{9,33^2} = \frac{5 \text{ bar}}{p_2} \quad p_2 = 7,8 \text{ bar} \quad \text{¿Nos parece adecuado?}$$

Esta presión es asumible en boquillas de cono para estos equipos, en los que la presión recomendada puede variar entre 5 y 10 bar, aunque en algunos casos se utilizan presiones muy superiores.

### Regulación y ejecución:

- Se elegirá un régimen del motor del tractor que permita conseguir un régimen adecuado para el funcionamiento de la bomba (500 a 540 rev/min).
- Se “meterá” una marcha y se comprobará la velocidad, intentado conseguir los 4 km/h.
- Si es complicado llegar a esa velocidad exactamente, se puede rehacer la calibración con la nueva velocidad obtenida.
- Se accionará sobre los mandos pertinentes para obtener unos 8 bar en el manómetro, si la velocidad conseguida es 4 km/h.
- Se anulará la pulverización de las boquillas que se ha decidido no utilizar.
- Se orientarán las boquillas a pulverizar para evitar que sus chorros choquen antes de llegar a la vegetación (o que no choquen según salen del pulverizador) y que alcancen a toda la vegetación a tratar.
- Se hará una prueba de reparto utilizando agua y papeles hidrosensibles, con las boquillas orientadas y funcionando el sistema neumático. Si el reparto es aceptable, se puede ejecutar la aplicación; de lo contrario, se repetirá la prueba con nueva orientación de boquillas, cambio de marcha para variar el caudal de aire del ventilador, etc., hasta conseguir un reparto adecuado.

<sup>11</sup> No tienen porque pulverizar todas las boquillas a la vez, se pueden anular algunas. Cuando pulverizan todas las boquillas, los chorros de gotas suelen chocar antes de llegar a la vegetación provocando gotas muy finas que forman nubes que son transportadas por el viento).



**syngenta**



**Syngenta Agro S.A.**

C/Ribera del Loira, 8-10 - 28042 Madrid

[www. syngentaagro.es](http://www.syngentaagro.es)