

TECNOLOGIA PARA LA APLICACION DE AGROQUIMICOS

Juan José Olivet¹

INTRODUCCION

El control de malezas, enfermedades y plagas en los campos de cultivo, sólo puede hacerse de manera rentable con el empleo de agroquímicos, pero esto debe conseguirse de manera compatible con el ambiente.

La mayoría de las veces se da mucha importancia a la materia activa utilizada y muy poca a la técnica de aplicación. La consecuencia es la pérdida de la eficacia cuando no el fracaso del tratamiento, con sobredosificaciones y subdosificaciones que ocasionan pérdidas de rentabilidad en los cultivos, a la vez que producen un mayor impacto sobre el ambiente, pudiendo dañar la salud de las personas que realizan la aplicación o que se encuentran en las proximidades de la zona tratada. (Marquez L., 1998).

Cualquier técnica recomendada para una determinada aplicación debe conseguir, a partir de una materia activa capaz de controlar la plaga y utilizando una dosis mínima, distribuir el producto de manera que se logre la máxima eficacia, en un intervalo de tiempo que minimice económicamente los daños que la plaga puede producir, pero sin efectos negativos sobre los demás componentes del agrosistema ni sobre los individuos que lo habitan.

La mayoría de los productos que se recomiendan para el control de malezas, enfermedades y plagas que aparecen en los cultivos se han creado y formulado para poderlos aplicar por vía líquida, mediante lo que se conoce como pulverización, después de diluidos en cierta cantidad de agua (o en aceite), de manera que la distribución pueda hacerse con suficiente uniformidad.

La pulverización se consigue al romper el líquido en gotas, bien cuando llega a la atmósfera a través de una boquilla forzada por la presión a la que se somete en las conducciones (pulverización hidráulica), bien cuando se coloca sobre una corriente de aire de alta velocidad (pulverización neumática), bien por las fuerzas de reacción generadas por un elemento en rotación (pulverización centrífuga). En otras ocasiones se puede utilizar calor asociado a una corriente de gases que evapora el producto el cual se condensa posteriormente al llegar a una atmósfera mas fría y húmeda, o bien un campo magnético asociado a un orificio capilar que da lugar a gotas muy finas cargadas eléctricamente.

Uniendo el proceso de formación de la gota a la técnica utilizada para transportarla hasta el objetivo (energía cinética de la propia gota, corriente de aire natural o generada por un ventilador, o el propio campo magnético que sirvió para producirla) se puede establecer una clasificación racional de los equipos de pulverización, sobre la base del siguiente esquema general:

¹ Cátedra de Mecanización Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad de la República

Formación de la gota	Transporte de la gota	Denominación
Presión de líquido	Energía cinética	Pulverizador hidráulico
	Corriente de aire	Pulverizador hidroneumático
Corriente de aire	Corriente de aire	Pulverizador neumático
Fuerza centrífuga	Viento atmosférico	Pulverizador centrífugo
	Corriente de aire	
Gases de escape	Condensación	Pulverizador termoneumático
Campo electromagnético	Campo electromagnético	Pulverizador electrodinámico

- Los pulverizadores hidráulicos

La pulverización se realiza por presión del líquido, impulsado por una bomba, normalmente accionada mecánicamente o con esfuerzo manual. El paso del líquido a través de la boquilla de pulverización produce gotas de diámetros diferentes según la presión de trabajo y el tipo de boquilla que se quiera utilizar; a esto deben su versatilidad. Se ajustan a todo tipo de tratamiento y son, sin duda los más numerosos, tanto en lo que respecta a los accionados mecánicamente como para su manejo manual.

Como las gotas se transportan por la propia energía que reciben cuando se forman en la boquilla, las limitaciones de empleo aparecen cuando se tiene que penetrar una gran masa vegetal. El empleo de boquillas cónicas mejora la penetración pero no alcanza los niveles que se pueden conseguir utilizando el auxilio de una corriente de aire.

Son, sin duda, las máquinas más adecuadas para la aplicación de herbicidas, así como para los tratamientos sobre cultivos herbáceos o leñosos con poco desarrollo foliar, o para la distribución de abonos líquidos.

- Los pulverizadores hidroneumáticos

En este grupo se encuentran los también conocidos como atomizadores (gota fina como la de una llovizna), que producen gotas por presión de líquido, utilizando un circuito con bomba y conducciones análogo al de los pulverizadores hidráulicos.

Para el transporte de gotas hasta el vegetal se utiliza una corriente de aire que produce un ventilador de flujo axial (gran caudal de aire a baja velocidad), que aumenta la penetración en plantaciones con gran densidad foliar. Así, las gotas alcanzan con facilidad el interior de la masa vegetal. Son los más utilizados en plantaciones frutales y precisan volúmenes más o menos elevados en función del desarrollo de la plantación, o mejor dicho, del "índice de área foliar".

- Los pulverizadores neumáticos

También conocidos como nebulizadores, son capaces de producir gota muy fina, similar a la de la niebla, al entrar en contacto el líquido con una corriente de aire de alta velocidad, que se encarga asimismo de transportar las gotas hasta el vegetal.

El circuito de líquido es diferente del de los grupos anteriores, pudiendo el propio peso del líquido (salida por gravedad) o una pequeña bomba de muy baja presión, encargarse de hacer llegar el líquido hasta la boquilla. El aire a gran velocidad, pero en cantidad reducida, lo produce un ventilador de flujo radial, que consume elevada potencia. La energía para el accionamiento del ventilador la proporciona un motor térmico que puede incorporarse al propio equipo.

- Los pulverizadores centrífugos

En ellos la pulverización se produce utilizando la fuerza centrífuga generada por uno o varios discos, tambores o cepillos que giran a alta velocidad.

Las gotas producidas resultan de un tamaño extraordinariamente uniforme, adecuadas para los tratamientos en "bajo" (LV o BV) y "ultra bajo" (ULV o UBV) volumen (1 a 50 l/ha), también conocidos como de Población de Gota Controlada (PGC o CDA).

Este método de trabajo, que tuvo su origen en la "Aviación Agrícola" y en equipos manuales, para zonas con dificultades para el aprovisionamiento de agua, se ha ampliando al campo de los equipos terrestres motorizados, a medida que se han desarrollado los productos químicos adecuados para esta forma de aplicación.

- Los pulverizadores termoneumáticos

Pueden considerarse como una variante de los pulverizadores neumáticos, ya que utilizan una corriente de aire de alta velocidad (15 a 20 m/s), que es generada por el escape de un motor térmico, por lo que, además, el aire que realiza la pulverización a alta temperatura aporta una cantidad de calor que hace que se vaporice el producto líquido que alcanza la salida.

El líquido evaporado en el escape se condensa de nuevo a la salida, al ponerse en contacto con el aire atmosférico, produciéndose una nube de gotas muy finas, por lo que se denomina pulverización por condensación.

Esta técnica, por las características de la gota producida, solo puede utilizarse en recintos cerrados como almacenes e invernaderos, o bien para formar nubes en condiciones climáticas de elevada humedad ambiental.

- Los pulverizadores electrodinámicos

Utilizan para la pulverización el campo magnético generado por dos electrodos con elevada diferencia de tensión (20 - 25 kV). Las gotas son dirigidas en la atmósfera por las líneas

del campo magnético que se establece entre el cuerpo del equipo y la planta que recibe la pulverización.

En otras ocasiones se han desarrollado equipos que producen la carga eléctrica de las gotas una vez formada por un procedimiento convencional (pulverización hidráulica, neumática y centrífuga).

- Otros sistemas de aplicación

Hay otras alternativas, aunque con un grado de difusión menor. Así, están los humectadores, que distribuyen productos en forma líquida sin provocar su pulverización. Han sido desarrollados especialmente para la aplicación de herbicidas no selectivos en pos-emergencia, y realizan la impregnación de las plantas no deseadas mediante cepillos o elementos similares, de manera que sirven para aplicar formulaciones líquidas sin que sea necesaria su pulverización.

Por otra parte, los espolvoreadores utilizan la corriente de aire generada por un ventilador para impulsar a la atmósfera un producto fitosanitario en forma pulverulenta, que se dirige a determinadas zonas del cultivo, o sirven para formar nubes que se mantienen en la zona de tratamiento en condiciones atmosféricas favorables. Han perdido importancia en los últimos tiempos por las mejoras de todo tipo aparecidas en el campo de la pulverización, aunque siguen teniendo interés para combatir algunas plagas forestales y en aplicaciones especializadas sobre cultivos como el viñedo.

Los aplicadores de microgranulados sirven para distribuir fitosanitarios formados por partículas sólidas con tamaños comprendidos entre los 150 y 600 μm obtenidos por impregnación o rebozado de gránulo de materia inerte que absorbe la materia activa. Normalmente se incorporan al suelo durante la siembra, para proteger a la semilla, o de manera independiente, en toda la superficie o en bandas.

Se puede decir, por tanto, que la oferta de equipos mecánicos para aplicación es abundante y diversificada, de manera que se puede elegir la más apropiada a cada situación.

LAS GOTAS: PUNTO CLAVE EN CUALQUIER APLICACIÓN

La cobertura necesaria:

Las recomendaciones de ámbito general sobre tamaño de gotas mas adecuado y cobertura necesaria, se puede resumir como sigue:

Producto	Cobertura (gotas/cm ²)	Tamaño de gota (µm)
----------	------------------------------------	---------------------

Herbicida

Preemergencia	20 - 30	300 - 400
Plántula	30 - 40	150 - 250
Planta (contacto)	50 - 70	150 - 250
Planta (sistémico)	30 - 40	150 - 250

Producto	Cobertura (gotas/cm ²)	Tamaño de gota (µm)
----------	------------------------------------	---------------------

Insecticida

Contacto	40 - 50	100 - 200
Sistémico	20 - 30	200 - 300

Fungicida

Contacto	50 - 70	100 - 200
Sistémico	30 - 40	200 - 300

Caracterización de las poblaciones de gotas

El principal inconveniente de las pulverizaciones hidráulicas se debe a la falta de uniformidad de las gotas. Las condiciones atmosféricas (temperatura, humedad relativa y viento), afectan la eficacia de los tratamientos por disminuir la cantidad de producto que se deposita sobre el objetivo.

Al romper un líquido en gotas, la población de gotas resultante tiene unas particularidades que la diferencian de lo que se conoce como distribución "normal". En las gotas de una población predominan las gotas pequeñas frente a las grandes, pero la suma del líquido que se llevan las gotas pequeñas es mucho menor que el que contienen muy pocas gotas grandes, y esto afecta sustancialmente a los tratamientos.

El parámetro más utilizado para caracterizar la población de gotas emitidas por una boquilla de pulverización es el llamado "Diámetro Mediano Volumétrico", (VMD en inglés) expresado en micras (milésimas de milímetros). El DMV, es el diámetro de gota que divide en dos el volumen pulverizado. El "Diámetro Mediano Numérico", (NMD en inglés) es el diámetro de gota que divide en dos la cantidad de gotas pulverizadas. El cociente entre ambos denominado "SPAN" es un parámetro frecuentemente utilizado como indicador de la heterogeneidad del tamaño de las gotas pulverizadas. Una población formada por gotas de idéntico diámetro tendría un SPAN igual a uno (Figura 1).

La caracterización de las boquillas en función de su potencial de deriva se realiza mediante el uso de diversos parámetros tales como el DMV_{0,1} (diámetro tal que las gotas de igual o menor tamaño representan el 10% del volumen acumulado de pulverización), o simplemente el porcentaje de gotas con un diámetro menor a un valor fijo (variable según diferentes autores entre 100 y 200 micras).

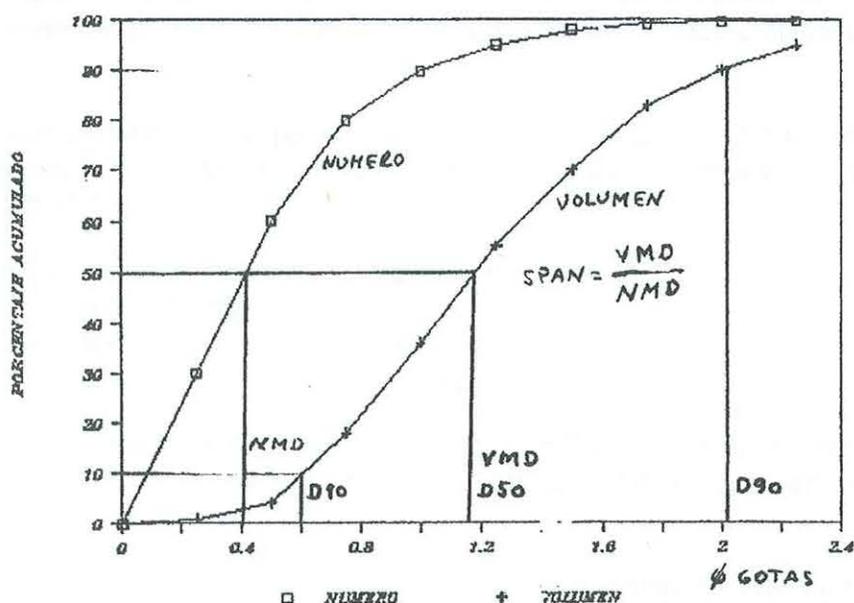


Figura 1. Heterogeneidad de la pulverización

En general, el 50% de las gotas pequeñas contienen menos del 5% del líquido pulverizado y solo el 10% de las gotas más grandes se llevan mas del 50% de la pulverización.

LAS BOQUILLAS: BASE DE LA PULVERIZACIÓN HIDRAULICA

La base de la pulverización la constituyen las boquillas. Sin unas boquillas apropiadas ni el mejor de los equipos da resultados satisfactorios. Esto se aplica tanto a los equipos de pulverización hidráulica para cultivos bajos (en los que la energía cinética de las gotas que salen de la boquilla es la que sirve para asegurar una distribución superficial característica), como en los equipos de pulverización hidroneumática, en los que la boquilla solo sitúa un chorro de gotas que se encarga de distribuir una corriente de aire generada por un ventilador.

Espectros de gotas producidas por las boquillas

Además de por su perfil de distribución volumétrica, la boquilla se caracteriza por el espectro de gotas que proporciona. Este espectro se modifica con la presión de trabajo a la vez que lo hace el caudal y la velocidad de salida del líquido pulverizado. Para cualquier boquilla, el caudal es proporcional a la raíz cuadrada de la presión, al igual que la velocidad de salida de las gotas.

$$q = a \cdot k \cdot \sqrt{p}$$

q : caudal de la boquilla

a : área del orificio

k : constante del orificio

p : presión de trabajo

Así, al pasar de 5 a 20 bar en una boquilla, el caudal aumenta de 2.2 a 4.4 l/min, la velocidad de salida de 20 a 40 m/s y la dimensión media de las gotas disminuye de 380 μm a 240 μm .

Como valores orientativos, para el conjunto de boquillas convencionales existentes en el mercado, se pueden dar los siguientes valores medios (DMV) sobre la base de una boquilla de 1 l/min trabajando a 3 bar de presión:

- Boquillas cónicas:	260 μm
- Boquillas de abanico (110°):	300 μm
- Boquillas de abanico (80°):	400 μm
- Boquillas deflectoras:	650 μm

En resumen, para presiones comprendidas entre 2 y 4 bar se produce la mayor cantidad de gotas en el intervalo de 200 a 300 μm , lo que resulta apropiado para aplicaciones de 150 a 300 l/ha.

También hay que indicar la influencia que tiene el ángulo de abertura del chorro en el porcentaje de gotas de escaso tamaño. Para las boquillas con ángulo de abertura de 80° el volumen de líquido pulverizado en gotas de menos de 100 y de 200 μm es muy inferior (menos de la tercera parte) que para abertura de 110°. La aparición de gotas de muy pequeño diámetro también se produce en las boquillas de bajo caudal.

Por ello, en toda la tecnología para el desarrollo de boquillas se busca un compromiso, de manera que se eviten las gotas más pequeñas (menores de 100 μm o de 200 μm en condiciones de climas cálidos y/o secos) que se pierden por deriva, a la vez que se reduce la heterogeneidad. Ha sido con las boquillas de abanico plano con las que, por el momento, se han conseguido los mejores resultados, trabajando a presiones mínimas, (aunque no es aconsejable bajar de 2 bar), las cuales, además de evitar la atomización (producción de gota excesivamente fina), proporcionan energía apropiada para que las gotas lleguen a la planta evitando su explosión en el impacto y su pérdida por escurrimiento.

Elegir una boquilla apropiada

En consecuencia, la elección de la boquilla más apropiada para una determinada aplicación debe hacerse en función del volumen de caldo (l/ha) y de la cobertura necesaria, lo que condiciona el tamaño y el tipo de boquilla y la presión de trabajo. Es conveniente utilizar para ello las tablas que proporcionan los fabricantes de las boquillas, ya que si bien, en líneas generales, se cumplen las indicaciones expuestas con anterioridad, las técnicas de fabricación ofrecen particularidades que pueden ayudar a mejorar la eficacia de una aplicación determinada.

Para seleccionar la boquilla que se necesita utilizando un catálogo de boquillas se debe buscar la que proporcione el caudal más próximo al calculado para la presión y velocidad a la que se va a trabajar.

La velocidad del viento atmosférico puede dificultar que el tratamiento sea correcto, perdiéndose por deriva una buena parte del producto. Para evitarlo se recomienda utilizar boquillas adecuadas que consigan una pulverización fina para el caso de viento en calma o brisa muy ligera, o pulverización gruesa cuando se superen los 5 a 6 m/s de velocidad del viento.

La principal utilidad de las boquillas denominadas "antideriva" radica en que posibilitan la aplicación de bajos caudales con gotas de tamaño medio y grande. Si el viento supera los 7 m/s se debe evitar la aplicación. En condiciones normales, con velocidades de viento entre 1.5 y 5 m/s, la pulverización de finura media, con los tamaños de gota anteriormente señalados, es la que proporciona los mejores resultados.

La duración de una boquilla depende principalmente del material de fabricación. Además, su vida útil es menor cuanto menor sea su caudal y mayor la presión de trabajo. En general todos los autores coinciden en que el límite tolerable de desgaste es el aumento del caudal nominal en un 10%.

Reichard et al. (1991), además de un sinnúmero de investigadores han realizado ensayos de desgaste. El uso de caolinita como abrasivo simula adecuadamente en forma acelerada el desgaste en condiciones de campo. Debido a que el desgaste es proporcional a la concentración de abrasivo utilizada, podemos inferir de sus resultados la vida útil real a concentraciones de producto corrientes (la caolinita es un inerte frecuentemente utilizado en la formulación de pesticidas).

Horas de uso para obtener un incremento de caudal de 10% para boquillas de pulverización de distintos materiales y caudales. (9 kg de caolinita cada 150 litros de caldo; 0.06 kg/l)

Material	Caudal nominal (l/min)	Tiempo (h)			
		0.76	1.5	2.3	3.0
BR	3	3	12	25	64
NY	15	15	34	57	117
P	13	13	77	86	243
Ss	19	19	62	145	298

Br = bronce; NY = Nylon; P = polímero; Ss = acero inoxidable

Los métodos de ensayo con desgaste acelerado, si bien permiten comparar materiales y procesos de fabricación de boquillas, deja siempre la duda de la vida útil de las mismas en condiciones de campo. Sarubbi et al (2000), realizó una interesante evaluación de desgaste a campo de boquillas construidas en termoplástico. Luego de 466 horas de uso a diferentes presiones y formulaciones, el caudal promedio disminuyó en 8,75% y el coeficiente de variación del diagrama de distribución aumentó un 1,28%. El autor concluye que las boquillas ensayadas aún no habían llegado al término de su vida útil y que la variabilidad del diagrama de distribución debe ser un parámetro a tomar en cuenta al momento de decidir un recambio de boquillas.

Pulverizadores hidráulicos con asistencia de aire

Hay otras alternativas para la aplicación de fitosanitarios en cultivos bajos, aunque su empleo sea, por el momento, poco frecuente. La utilización de una corriente de aire que se encargue del transporte de las gotas hasta la zona de tratamiento ha sido habitual en cultivos de alta densidad foliar y los pulverizadores hidroneumáticos (atomizadores) que se emplean en las áreas frutícolas son buen ejemplo de ello.

La novedad está siendo el empleo de unos equipos, en cierto modo similares a los "atomizadores", en alternativa a la pulverización hidráulica habitualmente utilizada sobre cultivos bajos.

En estas aplicaciones se recomiendan utilizar boquillas de bajo caudal tipo chorro cónico, cuando se montan en una salida de aire de sección circular, o de abanico plano para salidas rectangulares. La boquilla se debe situar a la distancia considerada normal (40-50 cm) de la zona de tratamiento en ausencia de aire. La corriente de aire se encarga de aumentar la penetración trabajando con un volumen de líquido reducido, para lo cual no debe superar los 30 m/s en la salida ni los 10 m/s sobre la planta.

El empleo de esta técnica permite trabajar con pulverización más fina, lo que hace posible las aplicaciones en bajo volumen con los mismos productos utilizados con volumen normal de agua. Las gotas pequeñas, que son las más efectivas, penetran con la misma facilidad que las más gruesas, por lo cual disminuye drásticamente la deriva. Sobre la base de una aplicación convencional con 150 l/ha y una aplicación asistida con aire a razón de 70 l/ha, la diferencia en deriva es notable: 9/10 partes de lo que sería arrastrado por el viento se recupera en la zona de aplicación.

LA DERIVA Y SU CONTROL

Reducir la deriva es aumentar la eficacia

La deriva, es la porción de producto que no alcanza al objetivo. Se suele asociar el término a las pérdidas que se producen por efecto del viento o la evaporación (exoderiva). No se debe olvidar que también es deriva aquella porción del producto que queda en la zona tratada pero en donde no interesa (endoderiva).

A continuación se analizarán dos de las formas más usadas para el control de la exoderiva:

- Uso de aditivos antideriva
- Boquillas antideriva

Los aditivos antideriva, son adjuvantes que mezclados junto con los agroquímicos en el tanque de la pulverizadora producen un aumento de la viscosidad del caldo y por ende aumentan el tamaño de las gotas pulverizadas. La mayoría de ellos están compuestos por polivinilo o poliácridamida. El efecto de los mismos es proporcional a su concentración. Debe considerarse en la elección del producto, que las recirculaciones que se dan dentro del tanque desde el llenado afectan en forma diferente a cada uno de ellos. Los resultados obtenidos por Reichard et al (1996) permiten observar dicho efecto para tres productos comerciales ensayados con una boquilla Teejet XR8004VS.

ADITIVO	Nº DE RECIRCULACIONES	DV0.1	DV 0.5	DV 0.9	%VOLUMEN <200 MICRAS
DR 2000	0	296	587	833	4.3
	1	303	615	868	4.2
	2.3	301	613	872	4.1
	3.9	304	626	876	4.1
	6.4	296	616	853	4.2
	11.4	283	607	855	4.7
NALCOTROL	0	269	592	846	4.1
	1	246	570	843	4.8
	2.3	217	529	825	6.8
	3.9	201	497	800	8.1
	6.4	191	470	790	9.1
	11.4	171	422	697	11.4
NALCOTROL II	0	249	505	835	6.0
	1	187	412	780	11.7
	2.3	171	369	605	14.3
	3.9	169	353	618	15
	6.4	177	354	644	13.6
	11.4	179	366	637	13.4
AGUA		160	344	629	17.3

Estos resultados indican la importancia de elegir un producto que además de aumentar significativamente el tamaño de las gotas, sea resistente a la recirculación dentro del equipo.

Todos los fabricantes de boquillas producen hoy boquillas de abanico plano antideriva. Los términos AD, DG, AI, LD, XR, TT, Lo Drift, LP, etc. ya son familiares y son marcas registradas de diversos orígenes. Hoy en día su costo es similar a boquillas convencionales. Visto que en Uruguay el viento es un elemento siempre presente, no existen razones para no elegir las al momento de reponer las boquillas de los equipos.

A igualdad de dosis (l/ha, l/min y velocidad de aplicación) los diferentes modelos se ordenan por deriva creciente de la siguiente forma (Debroize et al., 1997):

- boquillas convencionales
- boquillas de baja presión
- boquillas con orificio calibrado
- boquillas de tipo espejo modificado (TT de Teejet)
- boquillas de inyección de aire

CALIBRACIÓN Y ESTADO DE LOS EQUIPOS

Algunos de los factores que más inciden en la precisión de una aplicación son:

- diseño y estado de conservación de todos los componentes del pulverizador.
- el método de calibración utilizado.

En el mundo existen muchos programas de revisión de equipos. Existe amplio consenso en que los riesgos derivados de la aplicación no recaen sólo en el productor sino en la sociedad en su conjunto. Los programas implantados varían en sus exigencias. Los más estrictos exigen la inspección periódica obligatoria y la posesión de un carné de aplicador.

Si bien existen distintos métodos de calibración sencillos y efectivos en que es innecesario abundar, cabe preguntarse:

- ¿ Todos saben calibrar un equipo?
- ¿ Los técnicos y los productores calibran periódicamente los equipos?
- ¿ Los técnicos consideran la calibración como un tema de su incumbencia?

En Nebraska, Rider y Dickey (1982) realizaron un relevamiento con el objetivo de conocer los errores de aplicación en un total de 138 aplicadores, incluyendo privados y contratistas. Los errores encontrados fueron debidos a calibración incorrecta, dilución incorrecta o ambos. Sus resultados más importantes fueron:

- Sólo uno cada cuatro aplicadores obtiene una dosis por hectárea en el entorno de $\pm 5\%$ la dosis pretendida.
- 50% de los aplicadores logran dosis de $\pm 20\%$ la dosis pretendida
- 47% subdosifican
- 37% sobredosifican

Los autores evaluaron también la uniformidad de descarga de las boquillas encontrando que:

- El coeficiente de variación de caudal de boquillas en todos los aplicadores relevados fue 29%
- El máximo coeficiente de variación encontrado fue de 65%
- No encontraron correlación significativa entre errores de dosificación y uniformidad de boquillas.

Pozzolo et al.(1998), tras haber realizado un relevamiento de las características constructivas de equipos de pulverización de botalón en Entre Ríos, concluyen que las principales características deseables de los mismos deberían ser:

Boca de carga del depósito, con tapa de cierre de tamaño no inferior a 0,20 m. de diámetro y ubicada a una altura máxima de 1,50 m. del suelo o plataforma, Cuando posea mezclador para la carga del producto, se tomará éste como boca de carga.

Sistema antigoteo (válvulas, filtros antigoteo, etc.), en buen estado de funcionamiento, que asegure que una vez accionada la llave de cierre de alimentación al botalón, no se produzcan pérdidas ni goteo.

Filtros en: 1) la boca de llenado o en la manguera de succión de carga. 2) la línea principal (antes o después de la bomba). 3) la línea de alimentación al botalón. 4) cada pico.

Manómetros en baño de glicerina, en correcto estado de funcionamiento. La ubicación y tamaño del cuadrante deberán ser tales que permitan al operario, desde su puesto de conducción, efectuar una rápida lectura de la presión de trabajo. Deberá ser adecuado a los requerimientos de presión de trabajo habitual de las boquillas teniendo una lectura máxima de 10 bar y una escala no mayor a 0.2 bar.

Boquillas, deberán ser todas de la misma marca, tipo, modelo y material. Deberá contar por lo menos con un juego de boquillas adicional, de diferentes características de dispersión a las que posee en uso.

Las uniones deberán estar provistas de abrazaderas y de ser roscadas deberán estar debidamente selladas de manera tal que aseguren una perfecta estanqueidad del circuito, no admitiéndose pérdidas en el mismo.

Las caídas de presión que se registren entre las boquillas más próximas a los puntos de alimentación de cada tramo del botalón y la más distante a ésta, no deberán ser superiores al 5%. Entre el manómetro general y el valor medio registrado en el botalón, se permitirá hasta un 15% de diferencia.

El caudal asperjado por las boquillas en ningún caso podrán exceder más del 10% del estipulado por el fabricante.

Válvula antiretorno, la bomba de carga del equipo estará provista de una, en perfecto estado de funcionamiento.

Válvula de vaciado, el depósito deberá contar (en su parte más baja) con una llave exclusiva de una sección no inferior a 0,075 m.

Depósito de agua limpia, deberán estar equipadas con un depósito independiente del tanque principal. La capacidad del mismo deberá ser no inferior a 50 l., incorporado en forma estable al equipo y provisto de una canilla, con el fin de permitir la higiene del operario.

Cabina cerrada, las pulverizadoras autopropulsadas deberán poseer cabina cerrada. Las máquinas de arrastre deberán ser propulsadas por tractores con cabinas cerradas.

La separación entre boquillas, medida de centro a centro de boquillas contiguas, deberá ser tal que en ningún caso se observe una variación mayor al $\pm 6\%$ de la especificada por el fabricante.

Protección de la toma de potencia y eje de cardan, a fin de evitar accidentes.

Caudal de la bomba que permita la alimentación de la totalidad de las boquillas de mayor gasto a usar, más un 10% del volumen máximo del tanque, expresado en l/min destinado a la agitación.

Escala indicadora del nivel de carga del depósito ubicada en forma visible y de fácil lectura para el operador.

Mezcladores de productos que permitan una fácil incorporación del producto al depósito permitiendo a la vez un correcto mezclado del mismo.

Dispositivo lavador de envases ya sea en la boca de carga del tanque o en el mezclador de productos, a fin de permitir la realización del lavado de los mismos.

Depósitos provistos de rompeolas, de diseño tal que faciliten el lavado y permitan el vaciado total del mismo, provistos además con boquillas lavadoras del tanque.

Tanque de agua limpia para lavado del depósito, con una capacidad del 10% del volumen total del mismo.

Sistema anticabeceo o estabilizador del botalón, que asegure la estabilidad del mismo.

Llaves de comando accesibles al maquinista desde su puesto de conducción, evitando el ingreso de mangueras con caldo a presión dentro de la cabina o puesto de conducción.

Trabajos similares realizados por Herrera et al. (1998), tuvieron como objetivos evaluar el uso de los equipos en condiciones de campo. Se determinó que la gran mayoría de los equipos (más del 50%) no cumplían con los requerimientos de uso recomendados, a excepción de los volúmenes asperjados por hectárea. Se seleccionaron equipos de contratistas y privados que trabajaban más de 5000 ha por año.

A continuación se presentan los resultados más relevantes (Figuras 2, 3 y 4).

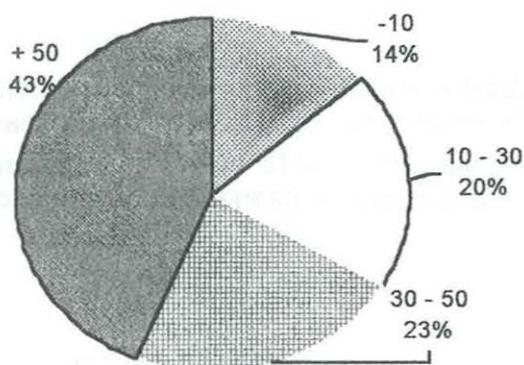


Figura 2. Porcentaje de equipos que presentan boquillas fuera de tolerancia.

Se observa el porcentaje de máquinas que presentaban boquillas que arrojaban caudales con coeficientes de variación inferiores al 10%, entre el 10 y 30%; 30 y 50 % y más del 50% con respecto a la media. Se visualiza que una amplia mayoría (+80%) de los equipos no cumplen con los valores establecidos como correctos (10% de desvío). Esta situación provocaría mínimamente que las pulverizaciones a campo tengan una uniformidad deficiente.

Cuando se correlacionan estos valores con la antigüedad de las máquinas (39% menor a 3 años, 26%

entre 3 y 5 años y 35% más de 5 años) el valor de R^2 es de 0,49 lo que indica que estos valores son función, principalmente, del mantenimiento y regulación.

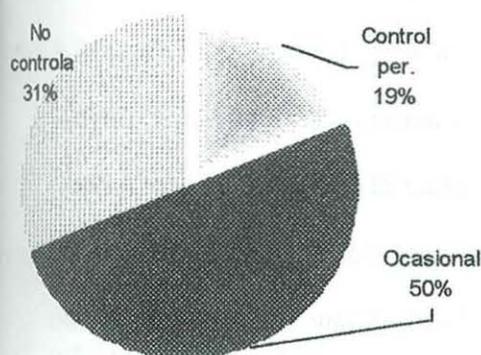


Figura 3. Frecuencia de los controles.

Se considera control periódico de un equipo aquellos que lo hacen por lo menos una vez por año. En todos los casos existía un responsable técnico.

Cuando se evalúa el volumen arrojado por lote tratado, al comparar los l/ha realmente asperjado por los equipos con el que se pretendía aplicar, se observa que sólo el 17% de las máquinas se encontraban aplicando caudales con variaciones mayores al $\pm 10\%$ de lo pretendido.

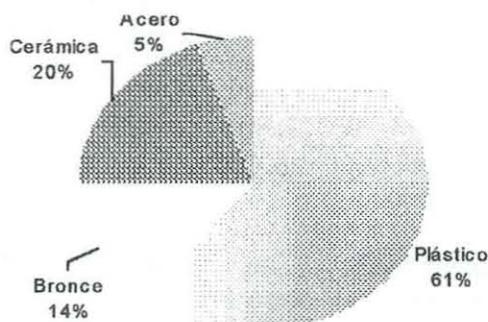


Figura 4. Material de las boquillas

Con respecto al material de las boquillas se observa que las más utilizadas son de plástico, las que no serían las más indicadas si se considera que todos los equipos evaluados trabajan más de 5.000 ha/año y que presentan deficientes controles.

Posiblemente el criterio de elección empleado sea el de minimizar gastos. La presión de trabajo empleada puede considerarse como aceptable en forma genérica.

Sin embargo, existe un 31% de los equipos que utiliza presiones superiores a 6 bar lo que ocasiona seguramente riesgos innecesarios de deriva.

RECOMENDACIONES FINALES

- Verifique el estado y la limpieza de toda la máquina.
- Cerciórese de que todas las boquillas son iguales y tienen sus filtros correspondientes

- Mida el caudal de todas las boquillas y reponga todas las que gasten mas del 10% del volumen de una boquilla nueva.
- Si el fabricante del producto le provee indicaciones detalladas sobre volumen de aplicación y tamaño de gotas = **sígalas**
- A falta de instrucciones detalladas:
 - realice la aplicación con tamaño de gotas medio con vientos calmos
 - realice la aplicación con tamaño de gotas grueso y muy grueso con vientos moderados
 - suspenda toda aplicación con vientos fuertes
 - para la aplicación a volúmenes inferiores a 200 l/ha utilice siempre boquillas antideriva o aditivos antideriva
- Medite y consulte antes de comprar nuevas boquillas para su equipo

BIBLIOGRAFIA

- Debroize, D., Denoirjean, J. ; 1997. Types de Buse. Perspectives Agricoles N° 230. ITCF. France
- Herrera M.; Anglada M.M.; Pozzolo O.R. 1998. Características constructivas deseables en los equipos pulverizadores terrestres. Congreso Latinoamericano de Ingeniería Rural. La Plata. R.A..
- Marquez L. 1998. Curso de Actualización profesional: " Tecnología de aplicación de fitosanitarios". Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay.
- Pozzolo O.; Herrera M.; Pereyra C.; Sione W.; Valdemarín D. 1998. Relevamiento de pulverización agrícola en Entre Ríos parte 1. Aspectos de prestación. Congreso Latinoamericano de Ingeniería Rural. La Plata. R.A.
- Reichard D. L.; Zhu H.; Ozkan H. E.; Fox R. D. 1991. Nozzle wear rate and test procedure. Transaction of The ASAE 34 (6) 2309 - 1993-2316.
- Reichard D. L.; Zhu H.; Downer R. A.; Fox R. D.; Brazee R. D.; Ozkan H. E.; Hall F. R. 1996. A system to evaluate shear effects on spray drift retardant performance. Transaction of The ASAE 39 (6) 1993-1999.
- Rider A. R.; Dickey E. C. 1982. Field evaluation of calibration accuracy for pesticide application equipment. Transactions of the ASAE 25(2).
- Sarubbi, C. ; L. Bulacio ; Panelo M. 2000. Desgaste a campo de boquillas pulverizadoras hidráulicas tipo abanico plano fabricadas en termoplástico. Sexto Congreso Argentino de Ingeniería Rural. Universidad de Buenos Aires. Argentina.