

Uso de agroquímicos: El desafío de aplicar con equipos correctamente calibrados

Sergio Matamala M.
Ing. Agrónomo,
Jefe Técnico Agrospec.



En la actualidad, los productores de fruta de exportación no sólo deben cumplir altos estándares de calidad, sino también cumplir normativas ambientales y de protección a los trabajadores agrícolas y consumidores cada vez más exigentes. En este sentido, el manejo de plagas, enfermedades y malezas debe realizarse minimizando los riesgos para los operarios, el medio ambiente y el consumidor final. Esto supone el uso racional y oportuno de los agroquímicos, a las dosis indicadas en la etiqueta y con los volúmenes de agua adecuados, para cumplir así con los objetivos planteados, a un mínimo costo. Sin embargo, es común ver una serie de ineficiencias o errores en la aplicación de fitosanitarios debido a problemas que presentan los equipos de aplicación, tanto en sus aspectos mecánicos (mantenimiento del equipo o instrumentos en mal estado) como en su uso (velocidades de aplicación, uso de boquillas no adecuadas, presiones excesivas, etc.). Por esta razón, es fundamental que todos los involucrados se comprometan para que las aplicaciones se realicen con equipos en buen estado y correctamente calibrados. Hacerlo, está al alcance de todos.

A continuación, los aspectos claves que hay que conocer para lograrlo.

Etapas de una correcta calibración de maquinaria agrícola

Normalmente, la calibración de equipos se relaciona con la determinación del volumen de agua que se aplica por unidad de superficie. Sin embargo, una correcta calibración implica realizar una evaluación integral del equipo aplicador. Se recomienda seguir los siguientes pasos:

1 Chequear el estado del equipo

Se debe revisar que todas las partes y piezas que componen el equipo (conjunto tractor-pulverizador) estén funcionando correctamente y que sean las adecuadas para la labor que se quiere realizar. Es decir, hay que asegurar y chequear:

- **Limpieza del equipo.** Es fundamental que antes de realizar la calibración el equipo se encuentre limpio y libre de residuos que podrían acortar la vida útil de la bomba y también interferir en la calidad de las aplicaciones.

- **Boquillas.** Son las piezas responsables en gran medida de la calidad de la aplicación. Su función es la de dividir el volumen de agua en pequeñas gotas. La correcta elección del tipo de boquilla es fundamental.

- **Manómetro.** Permite visualizar la presión de trabajo, por lo que será de vital importancia a la hora de calibrar un equipo. Existen manómetros para equipos de baja presión (equipos aplicadores de herbicidas) y de alta presión (nebulizadores, pitones y barras de aplicación al follaje), por lo que sus rangos de trabajo serán distintos. Si falta o no funciona adecuadamente, el tamaño de gota y el mojamiento pueden ser diferentes al esperado.

- **Cuenta revoluciones.** Corresponde a un instrumento que permite establecer las revoluciones de: (1) el motor del tractor, que influirá directamente sobre la velocidad de avance, y (2) el eje toma de fuerza, que acciona la bomba del equipo aplicador. Hay que recordar que, en la gran mayoría en los casos, para que los equipos hidroneumáticos trabajen de buena forma, este eje debe girar entre 450 y 540 r.p.m. Revoluciones menores al mínimo provocarán entregas de caudales no uniformes y además problemas en los sistemas de agitación. Por otra parte, sobrepasar el máximo recomendado podría provocar daños mecánicos, tanto en la bomba como en el ventilador.

- **Filtros.** Su función es la de retener las impurezas que puedan estar presentes en la mezcla. En el equipo aplicador pueden existir: filtro de canastillo en la boca de llenado, filtro de succión, filtro de línea y filtros de boquillas.

Estos últimos, normalmente ausentes, son de gran importancia porque evitan la obstrucción total o parcial de la boquilla y se deben elegir de acuerdo con la boquilla utilizada: deben presentar un orificio menor al tamaño del orificio de la boquilla.

- **Funda protectora para el cardán.** Permite cubrir la zona de rotación del cardán. Es un elemento clave en la prevención de accidentes.

- **Rejilla de protección para el ventilador.** Elemento esencial en la prevención de accidentes. Corresponde a una barrera física que impide el contacto entre las aspas del ventilador y elementos extraños.

- **Ausencia de fugas.**

- **Sistema de agitación de la mezcla.** Los hay mecánicos, hidráulicos o mixtos. Es importante su revisión para asegurar la homogeneidad de la mezcla a aplicar.

La revisión de los puntos recién detallados no siempre se hace. Habitualmente, en terreno se observan equipos que no cuentan con algunos instrumentos, lo que impide tener control sobre la aplicación del fitosanitario. Lo recomendable es implementar un check list para cada uno de los equipos presentes en la unidad productiva y definir los intervalos de tiempo en el que se revisará cada uno de estos elementos.



2 Elegir las boquillas

Muchas veces las ineficiencias en el control de una determinada plaga, enfermedad o maleza se deben a la elección de boquillas incorrectas.

Para elegir las de forma adecuada, es necesario comprender las características de cada tipo:

- **Boquillas de cono hueco.** El patrón de mojamiento corresponde a un cono vacío en el centro. Estas boquillas tienen dos piezas claves: un disco, con un orificio al centro de diámetro variable y un difusor (pieza cilíndrica con orificios laterales), que es el encargado de generar el movimiento rotatorio que forma el cono. Algunas boquillas (ATR) presentan estas 2 piezas como una sola unidad. Ambas piezas, el disco y el difusor, tienen impreso un número característico, representativo del diámetro de las aberturas. Para las boquillas que presentan unidades independientes, cada combinación de disco y difusor entrega un caudal determinado. En general, se recomiendan para aplicaciones de fungicidas e insecticidas en parrones o huertos jóvenes o de menor densidad de follaje.

- **Boquillas de cono lleno.** Son similares a las anteriores. La diferencia se encuentra en el difusor, que además de los orificios laterales presenta un orificio central, también de distintos diámetros, que genera el llenado del cono. A diferencia de las boquillas de cono vacío, éstas producen mayor caudal y gotas más gruesas, por lo que se recomiendan para aplicaciones de fungicidas e insecticidas en aquellos huertos con mayor altura o más densos (imagen 1).

- **Boquillas de abanico.** El orificio de estas boquillas no es circular como en los casos anteriores, sino que alargado, lo que produce un patrón de mojamiento plano. La cantidad de agua que sale del abanico es menor en los extremos, razón por la cual se debe considerar un traslape entre ambos abanicos (figura 1), para asegurar una aplicación uniforme. El traslape aconsejable es de un 25%. Utilizada solamente en la aplicación de herbicidas.

Figura 1

Patrón de mojamiento de boquillas de abanico plano. Las zonas extremas están diseñadas para traslaparse con la siguiente boquilla.

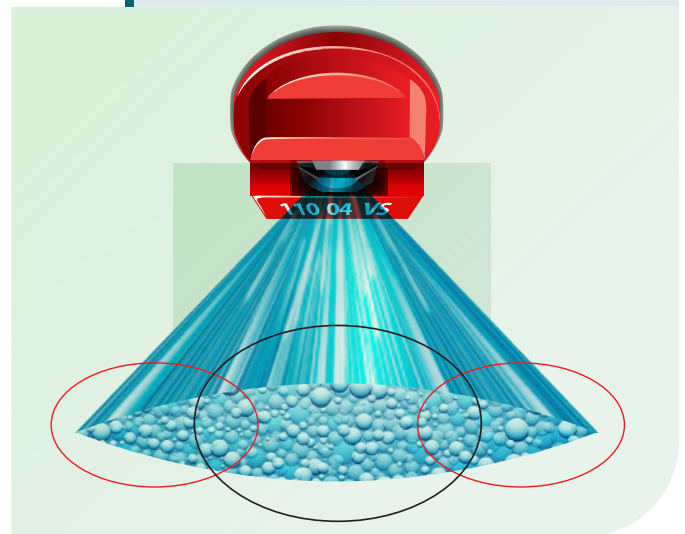


Imagen 1

En huertos densos o con árboles de mayor altura, es necesario usar boquillas de cono lleno, para llegar de buena forma a la parte interna y/o alta del árbol.



3 Determinar la velocidad de aplicación

Es un paso clave, que está relacionado con el tiempo que se utiliza para realizar la aplicación en una superficie, por lo general, una hectárea. Esta velocidad está estrechamente relacionada con la marcha y las revoluciones del motor. Normalmente, la velocidad de aplicación debiera estar entre 3,5 y 6,5 km/h.

La velocidad menor se debiera usar en huertos más densos, con mayor cantidad de follaje. El caso de las aplicaciones de herbicidas se discute más adelante, en el recuadro final.

Esta medición se debe realizar con el tractor y el equipo que se utilizará en la labor. Lo que se calibra es el conjunto tractor-equipo aplicador por lo que, si se cambia el tractor, se debe realizar una nueva toma de velocidades. La medición debe realizarse con el equipo con agua hasta la mitad de la capacidad del estanque y en el mismo terreno donde se realizará la labor. Variaciones de pendientes y tipos de suelos pueden generar diferencias en la velocidad de avance. Lo primero, es medir una distancia conocida (50 metros, como mínimo). Luego, se debe anotar en una planilla la marcha y revoluciones del motor a la que se espera trabajar. El tractor con el equipo debe partir unos 10 metros antes del inicio de la medición para que la velocidad durante la medición sea constante. Se debe cronometrar el tiempo transcurrido entre el punto inicial y final. Para esto, hay que considerar la misma parte del tractor al iniciar y finalizar la medición. Esta tarea es sencilla y rápida, por lo que se recomienda generar un registro completo de las velocidades asociadas a las distintas marchas del tractor.

Finalmente, el tiempo obtenido (en segundos) y la distancia recorrida (en metros), se introduce en esta sencilla fórmula, que entregará la velocidad de avance en km/h:

Fórmula para determinar velocidad de avance en km/h

$$\text{Velocidad (km/h)} = \frac{3,6 \times \text{distancia recorrida (metros)}}{\text{tiempo del recorrido (segundos)}}$$

4 Determinar el gasto o caudal del equipo

Esta medición se puede realizar de dos maneras. La primera, es llenar el equipo con agua y ponerlo en funcionamiento un determinado tiempo. Luego, rellenar la cantidad de agua aplicada y dividir esta cantidad de litros por el tiempo (minutos) que estuvo en funcionamiento. Este método es rápido de realizar, pero tiene la gran desventaja de

no entregar el gasto de cada boquilla, por lo que no es posible detectar si hay alguna obstruida o con un desgaste avanzado.

El segundo método, entrega información más precisa y consiste en cuantificar el gasto de cada una de las boquillas por separado. La suma del gasto de cada boquilla dará, en conjunto con la velocidad de avance, el gasto por hectárea. Además, nos permitirá identificar boquillas desgastadas, diferencias en el gasto de ellas, obstrucciones en el sistema, entre otros. Esta labor se debe realizar con el equipo limpio, libre de restos de productos y espuma. Se debe poner en funcionamiento el equipo a una presión determinada y cuantificar la cantidad de agua que sale por cada una de las boquillas en un tiempo determinado (al menos, un minuto). Para el caso de máquinas de herbicida, esta labor se realiza directamente ubicando un jarro graduado bajo la boquilla. Para el caso de nebulizadoras, un método fácil es dirigir el agua a través de mangueras adosadas directamente al cuerpo de la boquilla. El valor del caudal obtenido, expresado en litros por minuto, se debe comparar con el informado por el fabricante. Estas tablas están disponibles en la web de cada empresa fabricante o distribuidora de boquillas. Se debe prestar especial atención a identificar de forma correcta la boquilla que se está utilizando. Si el caudal obtenido es mayor al 10% del informado por el fabricante, indica un desgaste de las boquillas, y será necesario reemplazarlas. El trabajar con boquillas desgastadas, no solo implica tener un gasto mayor al planificado, sino que también trabajará con tamaños de gota y patrones de mojamiento irregulares, lejos de lo característico de la boquilla.

5 Determinar el volumen de agua por superficie

Una vez que disponemos de los datos de velocidad del conjunto tractor-nebulizador y el caudal del equipo podemos introducir estos datos en la siguiente fórmula. Esto nos entregará el mojamiento, expresado en litros por hectárea.

Fórmula para determinar el gasto en L/ha

$$\text{L/ha} = \frac{600}{\text{Velocidad (km/h)} \times \text{Dist. entre hileras (m)}} \times \text{Caudal del equipo (L/min)}$$

Si bien la medición de velocidad y caudal son comunes a las máquinas nebulizadoras y equipos para aplicar herbicidas, estos últimos presentan una serie de aspectos específicos, por lo que es necesario hacer algunas consideraciones especiales (ver recuadro final).

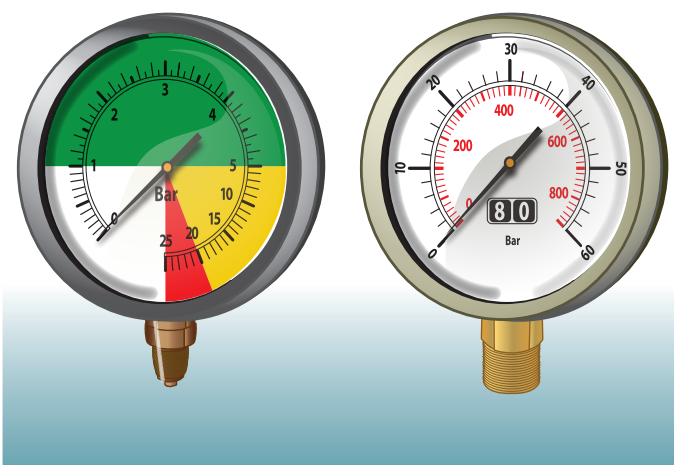
Fallas o errores habituales en los equipos

A continuación, algunos problemas frecuentes detectados en campo por nuestro equipo de trabajo, en orden de frecuencia:

- **Filtraciones o mangueras rotas.** Corresponde a la falla más recurrente, casi el 50% de los equipos revisados presenta algún tipo de filtración.
- **Manómetro inadecuado o en mal estado.** Es común ver manómetros de turbo-nebulizadoras en equipos de herbicidas. Estos manómetros son muy confiables trabajando a altas presiones (mayores o iguales a 10 bares=145 libras/pulgada²) pero no logran entregar una lectura confiable en el rango de 1 a 3 bares, que es la presión normal en aplicación de herbicidas. Para este último caso, lo recomendable es tener un manómetro con graduación de 0,5 bares desde 0 hasta 8-10 bares (figura 2). Este error es bastante frecuente, alrededor del 40% de los equipos presenta esta falla.
- **Funda protectora del cardán inexistente.** Como comentamos, este es un elemento muy importante en la seguridad del operario, cerca del 40% de los equipos no la presenta.
- **Filtros tapados.** Situación bastante común, debido principalmente a sistemas de agitación ineficientes, la no realización de pre-mezclas recomendadas en la etiqueta de algunos tipos de formulación o, simplemente, por falta de limpiezas adecuadas.
- **Elección de boquillas inadecuada.** Recordemos que las gotas producidas en la boquilla son transportadas a través de la corriente de viento que produce el ventilador. Si se quiere transportar estas gotas a alturas mayores, se necesitan gotas de una mayor masa. Por esto, es un error usar boquillas de cono vacío para árboles de gran envergadura. Un buen indicador de este problema es el aumento de enfermedades y plagas en el tercio superior de las plantas. La respuesta del productor a este problema puede ser aumentar la presión de trabajo. Esta decisión produce el efecto contrario ya que, a mayor presión, menor será el tamaño de gotas y éstas derivarán más fácilmente, por lo que la probabilidad de llegar al lugar deseado es aun menor. Para el caso de aplicaciones de herbicidas, en ocasiones se utilizan boquillas de cono vacío, no diseñadas para la aplicación de este tipo de productos.
- **Elección de equipo aplicador incorrecto.** Dentro de los pulverizadores existen distintos tipos. Los más frecuentes corresponden a los hidráulicos y los hidroneumáticos. En los primeros, las gotas son impulsadas por la fuerza de la bomba y en los segundos las gotas son dirigidas al objetivo por la fuerza del viento, producido por el ventilador axial. Es posible ver aplicaciones, principalmente en parrones, realizadas con equipos hidráulicos (barras) para el control de plagas que rehúyen la luz y/o tienen el hábito de ocultarse (por ejemplo, chanchitos blancos). En estos casos lo recomendable es realizar aplicaciones con equipos hidroneumáticos, ya que la fuerza del viento ayudará a penetrar de buena forma en el follaje y, si es posible, dentro de los racimos o llegar con el producto a brazos y cargadores.

Figura 2

Manómetros de distinto rango de medición, según objetivo y uso.



Manómetro indicado para aplicación de herbicidas

Manómetro indicado para aplicación con turbo-nebulizador

- **Tacómetro o cuenta-revoluciones no operativo.** No contar con este instrumento equivale a manejar un automóvil sin velocímetro, por lo que en estas condiciones se trabaja sin control de velocidad de avance y sin control sobre las revoluciones óptimas para el funcionamiento de la bomba del equipo aplicador. Entre el 10 y 20% de los tractores usados para aplicación de fitosanitarios presenta esta falla.

Comentarios finales

Como hemos podido ver, la calibración de maquinaria es una labor relativamente sencilla y que no requiere instrumentación sofisticada. Se puede y debe ser realizada, en forma rutinaria. Lo más importante es que el personal de campo se entrene de buena forma y que esta labor sea realizada a conciencia. Es aconsejable que una persona (normalmente el jefe de maquinaria) se haga cargo de llevar los registros de mantenimientos, tanto preventivos como curativos, mediciones de velocidades

y caudales, cambios de boquillas, resultados de la calibración, etc. Estamos convencidos que realizar esta labor periódicamente le permitirá al productor llevar un control más exhaustivo de la aplicación de agroquímicos, con el consiguiente beneficio que esto supone, en el control de plagas, enfermedades y malezas y en la disminución de costos y de riesgos para los operarios y el medio ambiente.

Consideraciones especiales en la calibración de equipos aplicadores de herbicidas

Las etiquetas de los herbicidas expresan sus dosis en kilos o litros por hectárea y no por concentración (kg o L/100 litros de agua), como ocurre con los insecticidas y fungicidas. Así, una mala calibración o un desconocimiento del gasto real de los equipos llevará a sub o sobre dosificar los herbicidas con los consiguientes problemas en control, selectividad y costos que eso implica.

Por otra parte, el gasto recomendado para la aplicación de herbicidas depende del tipo de producto a usar. Por ejemplo, al realizar una aplicación con glifosato se recomienda usar 150 L/ha como máximo. Por el contrario, un herbicida de contacto como paraquat u oxifluorfen (si se quiere aprovechar su acción de contacto, además de su efecto suelo activo), debe ser aplicado con 300 a 400 L/ha, para cubrir adecuadamente las malezas que se desean controlar.

Los herbicidas suelo activos, mientras el equipo esté correctamente calibrado, no exigen un mojamiento determinado y si son aplicados en mezcla con un herbicida postemergente, habrá que considerar el gasto óptimo de este último.

Las boquillas diseñadas para aplicación de herbicidas son las de abanico plano. Su diseño permite un traslape adecuado que asegura una aplicación uniforme. Para que este traslape se cumpla, es fundamental que la distancia entre boquillas sea la adecuada. En el mercado hay disponibles boquillas con distinto ángulo de apertura del abanico (80° y 110°). En general, si asumimos una altura de barra de 50 cm sobre el suelo, tenemos que para aberturas de 80° la distancia recomendada entre boquillas debe ser 50 cm. Para las boquillas de 110°, esta distancia debe ser de 75 cm, si la altura de trabajo también es de 50 cm.

Es importante que el usuario conozca esta información, que es fácilmente visible y se encuentra impresa en todas las boquillas del mercado. Además de este valor, también se indica el gasto de la boquilla (en galones/minuto). La nomenclatura se muestra en la figura 3. Es importante insistir en que los caudales que se obtienen con estas boquillas según la presión de trabajo usada se encuentran en el sitio web de cada fabricante. Además, en el caso de las boquillas de herbicidas, los caudales están estandarizados. Así, cualquier boquilla que tenga impreso, por ejemplo, el número 04 (0,4 galones por minuto) entregará, independiente del ángulo en el que abre el abanico y del fabricante, el mismo caudal a una presión determinada.

Otro aspecto muy importante en la aplicación de herbicidas es la velocidad de aplicación, principalmente asociado a la eficacia en el control de malezas y al riesgo de deriva. Por norma general, no es recomendable realizar aplicaciones de herbicidas a velocidades mayores de 5 km/h. Si se necesita avanzar más rápido para lograr un mojamiento determinado, es probable que la elección de la boquilla haya sido inadecuada, por lo que sería recomendable usar un juego de menor caudal.

También se debe considerar que tanto la dosis como el mojamiento indicados en las etiquetas, siempre están expresados como la cantidad necesaria para tratar una hectárea física, esto es 10.000 metros cuadrados. Este punto es muy importante y puede llevar a confusión a algunos agricultores a la hora de planificar aplicaciones a un porcentaje de la superficie.

Por último, es importante señalar que los equipos de espalda, muy habituales para aplicaciones en desmanche o en el caso de predios de menor extensión, también requieren una calibración. Al igual que usar distintos tractores para un mismo equipo, en los equipos de espalda lo recomendable es asignar un equipo a cada operario. Esto, porque cada uno tiene una velocidad de avance distinta y lo lógico es adecuar el equipo y la boquilla a la velocidad propia de cada operario. Lo ideal es medir, tal como lo hicieramos con equipos mayores, la velocidad de avance de cada operario y posteriormente, en base a esa velocidad, elegir la boquilla adecuada para lograr el mojamiento esperado. En caso contrario, al definirle una velocidad al operador, se verá que, al poco andar, volverá a su velocidad de avance natural, sobre todo si se considera que debe cargar entre 15 a 20 kilos durante toda la jornada laboral. Además, todos estos equipos de espalda tienen una regulación de presión que va de 1 a 4 bares y que normalmente se desconoce (al retirar la tapa superior se puede ver una especie de reloj que tiene 4 posiciones).

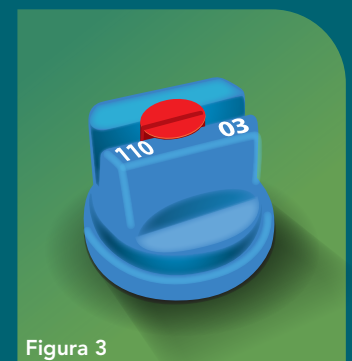


Figura 3

Nomenclatura estandarizada para boquillas de abanico plano. Número de la izquierda indica ángulo de apertura y el de la derecha, caudal, en galones por minuto.