

Manejo de malezas problema

Calidad de aplicación de herbicidas



Bases para
lograr
un **tratamiento
eficiente**



ISSN N° 2250-5342 (versión papel) / ISSN N° 2250-5350 (versión on-line)
Volumen IX – Año 2018



.....

Manejo de malezas problema

Calidad de aplicación de herbicidas

Bases para lograr un tratamiento eficiente

Autores:

Gota Protegida y REM

6000 ejemplares. Mayo de 2018.

Editora Responsable – REM – AAPRESID.

Dorrego 1639, piso 2, oficina 1, 2000, Rosario, Santa Fe, Argentina.

Impresión: Fervil Impresos: Santa Fe 3316, Rosario. Tel.: 0341 4372505

www.fervilimpresos.com.ar

La presente publicación recibió aportes de las siguientes empresas:



Advertencia

La información contenida en esta publicación está realizada con el mayor rigor científico posible, sobre la base de experimentos publicados y/o información brindada por los referentes consultados. Sin embargo, ni los autores ni la Institución asumen responsabilidad alguna acerca de riesgos o efectos, actuales o futuros que pudieran derivarse del uso o aplicación de su contenido.



Introducción

Cuando hablamos de *aplicaciones* hacemos referencia a la acción de depositar el principio activo (producto fitosanitario) en el blanco (maleza, insecto, enfermedad, etc.). La *pulverización*, o mejor llamado *asperjado*, es uno de los métodos utilizados para las aplicaciones agrícolas. Consiste en diluir, suspender o emulsionar los principios activos en un líquido, normalmente agua, formando un caldo para su aplicación. El caldo formado es obligado a pasar por un circuito bajo cierta presión y a atravesar un orificio calibrado (pico o boquilla de aspersión) antes de ser expulsado al exterior.

Una aplicación efectiva o de calidad, cualquiera sea el método empleado, dependerá del número de gotas que alcanzan el blanco, la homogeneidad de cobertura y la persistencia de la gota para que ejerza su efecto fitosanitario.

Cuando se habla de un mal control, normalmente se culpa al producto, o a la plaga que se está tornando resistente, tendiéndose por lo general a cambiar de producto o a aumentar las dosis. Pero no se piensa que, posiblemente, se ha realizado una mala calibración del equipo pulverizador, o que el tamaño de gotas producidas es inadecuado (impidiendo la llegada del producto al blanco) o que las pastillas del mismo pueden haber superado sus horas de vida útil y estén desgastadas, o que la mezcla de tanque no haya sido la correcta, o que la calidad de agua no sea la ideal (por pH y/o presencia de cationes perjudiciales, etc.). Los mencionados, son los factores más importantes y que con frecuencia, cualquiera o varios de ellos, dan como resultado una aplicación de mala calidad, la que sin dudas afectará la eficiencia de control.

Las aplicaciones fitosanitarias son el eslabón más débil en la cadena de eventos de la producción agrícola o lo que es lo mismo, el proceso más ineficiente de un sistema productivo. Muchos científicos consideran que más del 70% del resultado de un producto depende de la eficiencia de la aplicación (*Jalil Maluf, 2015*) y la misma se ve modificada por diversos factores, que analizaremos en este escrito.

Criterios de decisión

Las variables que podemos manejar son: el ingrediente activo, vehículo, la maquinaria de aplicación, el operario y el momento de aplicación. Cada una de estas variables tienen una eficiencia intrínseca, que en la sumatoria o resta de ellas podemos llegar en el mejor de los escenarios a la eficiencia global del 65%. A la hora de decidir una aplicación se deben tener en cuenta una serie de factores que pueden ser agrupados según criterios biológicos, físicos y químicos (adaptado de Oliva, 2017)

1-Secuencia lógica en el modelo de decisión sobre los criterios biológicos:

- 1) Monitoreo e inspección del lote a tratar.
- 2) Análisis del estado fenológico de la maleza objetivo.
- 3) Análisis de la dinámica poblacional de la maleza objetivo.
- 4) Análisis del umbral de daño económico de la maleza objetivo.
- 5) Análisis de la oportunidad y momento de aplicación.
- 6) Accesibilidad de la maleza objetivo.
- 7) Barreras físicas de la maleza objetivo (¿tricomas?).
- 8) Barreras químicas de la maleza objetivo (¿excesivas ceras cuticulares?).
- 9) ¿Stress o confort de la maleza objetivo? (térmico – mecánico).
- 10) Definición del paquete tecnológico a emplear (i.a. + dosis + tecnología de aplicación).

La tecnología de aplicación a utilizar hace especial referencia a: qué tipo de pastilla uti-

lizar, a qué presión de trabajo se debe trabajar, a qué altura del botalón, a qué distancia entre pastillas, a qué velocidad de avance se debe operar el equipo, con que caudal y qué tipo de aditivos se deben usar.

2-Secuencia lógica en el modelo de decisión sobre los criterios químicos:

En los criterios químicos debemos lograr un caldo de aplicación que potencie la actividad biológica de las moléculas elegidas para controlar la maleza objetivo. En base a esta lógica, nuestro caldo y principalmente el vehículo (el agua) deberán tener una determinada calidad química que logre también la mayor estabilidad de las moléculas.

También el efecto de los caldos monodrogas respecto de los caldos polidrogas (mezclas), deben ser considerados en parámetros de antagonismos o sinergismos de los diferentes grupos químicos que vamos a utilizar, en términos de formación de emulsiones estables en el tiempo.

Respecto al uso de aditivos de pulverización, los mismos deben ser usados para adecuar el paquete tecnológico disponible ya que algunos de ellos sirven para compensar limitantes químicas del caldo y superar barreras químicas o físicas de la maleza objetivo (tensoactivos, adherentes, penetrantes, anti espumantes, acidificantes, secuestrantes, emulsionantes) o aquellos que compensan limitantes ambientales – meteorológicas del caldo al momento de la aplicación (anti derivantes, anti evaporantes, gelificantes).



3-Secuencia lógica en el modelo de decisión sobre los criterios físicos:

Una adecuada calibración del equipo es aquella que nos permita la mayor estabilidad atmosférica de las gotas, (limitantes meteorológicas) con una mejor superficie de contacto con el objetivo, teniendo siempre presente el recuento de impactos mínimos necesarios para lograr una adecuada actividad biológica del activo.

Finalmente, no es recomendable hablar de una “receta de calibración de los equipos de aplicación”, que sea suficiente para atender todo el abanico de variables que se presentan para lograr un control eficiente de malezas, cada caso en particular debe tener una adecuación del paquete tecnológico disponible a la problemática a resolver.

La importancia del operario

La responsabilidad de lo anterior recae en un profesional capacitado, pero finalmente quien debe ejecutarlo es el operario de la máquina, por lo cual es clave en el éxito de la aplicación. Esta persona deberá ser capaz de comprender las interacciones entre la plaga a controlar, el fitosanitario, las condiciones ambientales y la regulación necesaria de la máquina (**Figura 1**).

Las condiciones ambientales cambian en cuestión de horas, por lo que, solo un operario capacitado será capaz de adecuar la regulación para lograr una aplicación efectiva y de bajo riesgo ó, en caso necesario, suspenderla. Todo esto se hace más necesario aún en zonas periurbanas o sensibles.



Fig. 1: El rol del operario en la aplicación

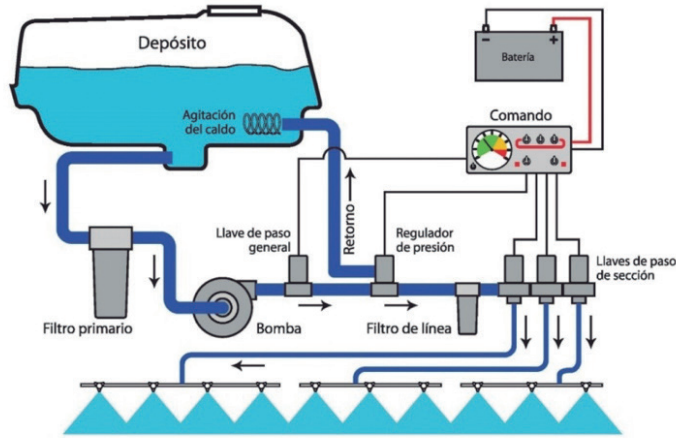


Fig. 2: Esquema del circuito del pulverizador.

Componentes de un equipo pulverizador

En el circuito de pulverización de la máquina (Figura 2), el líquido es obligado a pasar bajo presión, y al llegar al orificio calibrado que posee la boquilla se rompe en finas gotas.

Se pueden ver los componentes que integran el circuito hidráulico. Comenzando por el **depósito** o **tanque**, es necesario que el material de construcción del depósito o la superficie de contacto con el líquido sea estable ante la acción de los productos químicos, también es importante que esta superficie interna tenga un buen acabado superficial y que los bordes y esquinas sean redondeados para favorecer su limpieza y mejorar la agitación. En este sector de la máquina se encuentran también los mecanismos de **agitación del caldo**; al respecto hay dos tipos

de sistemas: mecánico o hidráulico. En el primero la acción se produce por una hélice que genera una agitación enérgica, que puede generar espuma cuando el nivel del líquido dentro del tanque desciende hasta dejar al descubierto parte de la hélice (la presencia de burbujas dentro del circuito hidráulico puede afectar la presión del sistema y alterar la aplicación). La segunda opción es la del sistema hidráulico, donde una parte del caudal que genera la bomba es enviada al tanque para producir una corriente que provoca el efecto de agitación. Como valor orientativo, se estima que el caudal necesario para producir una buena agitación en productos Concentrados Emulsionables es, en litros/minuto, el equivalente del 3 al 5% del volumen del tanque. Estos valores varían según las formulaciones de los productos aplicados, por ejemplo para Polvos Mojables se considera un 12% y para



Floables 8 a 10%. Dado que en algunos casos esto puede implicar una gran exigencia de caudal para la bomba, se han desarrollado las “boquillas reductoras” que permiten disminuir los requerimientos de caudal al hacer recircular en forma permanente el líquido en el interior del tanque.

Una vez que el líquido sale del tanque, y previo al ingreso a la bomba, el caldo atraviesa el **filtro primario**, también llamado “filtro de aspiración” ya que la bomba aspira a través de él, donde se deben retener las impurezas y cuerpos extraños del fluido. Estos filtros están constituidos por mallas metálicas inoxidable de diferentes calibres. La suciedad provoca obstrucciones de forma parcial o total, variando la presión del circuito y el caudal de entrega. Debido a esto, la revisión periódica de los filtros es necesaria para un buen funcionamiento de la máquina y la obtención de una correcta aplicación. Es necesario aclarar que este no es el único filtrado que recibe el líquido, en una máquina de aplicaciones agrícolas podemos encontrar filtros de boca de llenado del tanque, filtros de línea, filtros de botalón.

La **bomba hidráulica** o **bomba de pulverizar** es otro de los componentes fundamentales de cualquier circuito, permiten transformar la potencia mecánica en potencia hidráulica. Existen dos tipos de bombas, las de pistones y las centrífugas. Ambas generan un caudal máximo y fijo según su capacidad de fabricación. El caudal requerido por el barral de picos normalmente es menor al generado por la bomba, por lo que existen dos maneras de regularlo para que solo llegue al botalón el

caudal y presión necesarios para cada aplicación. La primera es por medio de una **válvula reguladora** que trabaje por estrangulación (estrangula el caudal dejando pasar solo lo necesario) o por retorno (esta última envía el caudal restante a tanque nuevamente) y la segunda es con una válvula que regula el aceite que mueve el motor de la bomba y de este modo la misma solo genera el caudal necesario para la línea, cabe aclarar que dentro de dicha regulación se contempla un exceso necesario para la agitación.

Las **llaves de paso** son válvulas que controlan la circulación y distribución del líquido por el circuito, se limitan a abrir o cerrar el paso del fluido o combinar el cierre y la apertura en un mismo movimiento para cambiar la dirección del flujo.

Los que se mencionan son solo algunos de los componentes que participan de un circuito normal de un equipo aplicador, no son menos importantes las boquillas (se mencionan más adelante) y barra o botalón, manómetros, comandos, etc.

Boquillas de Pulverización

Las boquillas son las encargadas de que el líquido a presión se rompa en finas gotas al pasar por el orificio calibrado de las mismas.

Existen tres formas básicas de distribución del líquido asperjado por las distintas pastillas o boquillas, y ellos son: **Abanico Plano**; **Cono Hueco** y **Cono Llano** (Figura 3).



Fig. 3: Patrones de distribución. Adaptado de www.ikeuchiusa.com/technical_information.html.

Existen otros tres tipos de uso frecuente que vale la pena mencionar:

Pastillas inducidas por aire: el cuerpo de la pastilla posee un tubo con un estrechamiento y por lo tanto con secciones diferentes. El líquido a medida que fluye a través de la sección de menor diámetro, aumenta su velocidad y sufre una reducción de la presión, y si se conecta al exterior mediante un

orificio, absorberá aire a través del mismo, mediante el proceso conocido como “efecto Venturi”. El aire que se mezcla con el líquido, produce gotas con burbujas en su interior. En general, este tipo de pastilla produce un tamaño de gota de mayor tamaño con menor susceptibilidad a la deriva, pero existe una gran variación en la calidad de aplicación producida con estas boquillas debido al diseño del sistema Venturi (**Figura 4**).

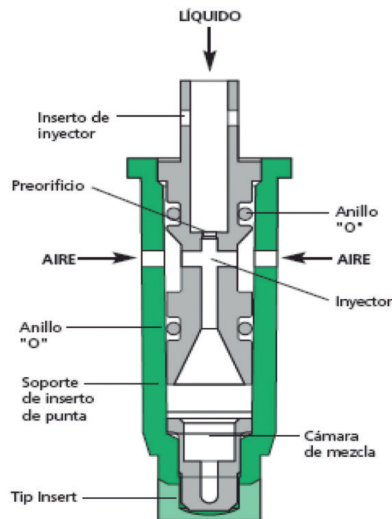


Fig. 4: Corte de una pastilla inducida por aire





Disco-núcleo: El núcleo de turbulencia posee unas ranuras laterales que hacen que el líquido de pulverización adquiera un movimiento rotativo. Posteriormente, el disco simplemente dosifica el caudal. Una ventaja del uso de disco y núcleo es que las diferentes combinaciones entre disco, núcleo y presión, permiten manejar mayor cantidad de caudales alternativos. La desventaja es que su instalación en el cuerpo de pulverización es más dificultosa. Las pastillas de cono hueco funcionan, en realidad, sobre la base del mismo mecanismo. En este caso el núcleo tiene un diseño diferente, ya que el líquido ingresa por la parte central y superior de una pieza con forma aproximada de cilindro invertido, y sale mediante unos pequeños conductos laterales, con lo que se origina el

movimiento rotativo. Este tipo de pastillas produce gotas muy pequeñas, lo que permite lograr muy buenas coberturas en el objetivo, pero con la contraparte de estar sujetas a altísimos riesgos de deriva y evaporación, si no se protegen adecuadamente.

Turbo: Este tipo de pastillas se utilizan con mucha frecuencia, produce un chorro plano gran angular de bordes decrecientes para lograr una cobertura uniforme en un amplio rango de presiones. Su diseño evita las obstrucciones. A bajas presiones el resultado es la producción de gotas grandes para reducir la deriva.

En la **Figura 5** se representan algunas de estas opciones.



Fig. 5: Algunas pastillas con sus correspondientes tarjetas hidrosensibles. CH: Cono Hueco, TT: Turbo TeeJet, AVI: Anti-deriva. Fuente: Esteban Frola.

Caudal

El caudal de la pastilla es el volumen que entrega por unidad de tiempo y lo definen el tamaño del orificio de la misma y la presión usada. A *mayor presión*, la pastilla genera *mayor caudal y gotas más pequeñas*, debiendo multiplicarse por 4 la presión para duplicar el caudal. Estas variaciones pueden consultarse en los catálogos de las pastillas.

El caudal que permite asperjar la pastilla está indicado en el cuerpo de la misma. En los abanicos planos el caudal de cada pastilla esta dado en galones por minuto (1 galón estadounidense $\approx$ 3.78 litros) a 40 libras por pulgada cuadrada (PSI – Pounds Square Inch) de presión. En la mayoría de los conos huecos también es así, salvo en algunos casos donde el caudal está indicado en galones por hora y no por minuto, al dividirlo por 60 se obtiene el caudal por minuto.

Las pastillas están identificadas normal-

mente mediante un código en el cual primero se indica a qué tipo de pastilla corresponde, en segunda instancia el ángulo de la pastilla, el caudal de la misma en galones por minuto y, finalmente, puede encontrarse el material del que está construida. Por ejemplo, una pastilla XR11003 indica que es de rango extendido (XR), que su ángulo de pulverización es de 110 grados y que su caudal es de 0,3 galones/min, un aproximado a 1,2 litros/min. Cabe aclarar que cada modelo de pastilla tiene un rango de presiones admisible, e ingresando a una tabla se podrá ver los caudales y tamaños de gota generados a cada presión elegida, fuera de dicho rango la calidad de aplicación no se garantiza.

El hecho de que gran parte de las pastillas se fabriquen en polímero permitió la aparición del “código de colores para el caudal”, de manera que cada color indica el caudal que eroga la pastilla en galones por minuto a 3 bares de presión o 40 PSI (**Cuadro 1**).

Cuadro 1: Código de colores de las pastillas en función del caudal erogado a 40 PSI. Norma ISO 10.625.

Código de Color	Caudal (gal/min)	Caudal (lts/min)
Violeta claro	0,05	0,2
Verde Oliva	0,067	0,25
Naranja	0,1	0,4
Verde	0,15	0,6
Amarillo	0,2	0,8
Violeta	0,25	1,0
Azul	0,3	1,2
Rojo	0,4	1,6
Marrón	0,5	2,0
Gris	0,6	2,4
Blanco	0,8	3,2
Negro	1	3,8



Elección de la boquilla de pulverización

La correcta selección de la boquilla de pulverización y la presión a la cual la utilizaremos, son factores importantes para alcanzar una aplicación con un óptimo resultado biológico y una eficiente utilización del equipo aplicador.

Para la selección de una boquilla se debe determinar un tamaño de gota a utilizar que maximice la cobertura en el blanco objetivo, minimice las pérdidas por escurrimiento, evaporación y deriva, y produzca un espectro de gotas con alta uniformidad de su tamaño.

Durante el proceso de aplicación es necesario periódicamente evaluar las condiciones ambientales y realizar ajustes del tamaño de gota o decidir la utilización de coadyuvantes, cuando sea necesario.

Pasos para la elección del tipo de boquilla:

1. Elegir el producto fitosanitario adecuado, utilizar las dosis recomendadas en el marbete, y de ser necesario los coadyuvantes necesarios.
2. Se determina el tipo de boquilla a emplear.
3. Se decide el tamaño de gota a utilizar.
4. Se elige la presión de trabajo, para producir el tamaño de gota deseado.
5. Se decide la velocidad de avance, dependiendo de las características del equipo pulverizador y de las condiciones del lote.
6. Se determina la tasa de aplicación (Litros/ha de caldo).

A modo de ejemplo, imaginemos la necesidad de realizar una aplicación para el control de malezas en un lote donde la densidad es elevada y las malezas de mayor desarrollo propicien de cobertura a las de menor desarrollo, en dicha situación será necesario realizar un asperjado con un tamaño de gota fina, a fin de promover la mejor cobertura posible tanto de las malezas más de-

sarrolladas como de las de menor tamaño y protegidas por las primeras (sombreadas).

Para este ejemplo, se seleccionará una boquilla TT110015, y como las condiciones ambientales lo permiten, se utilizará una presión de 4,5 bares buscando hacer un tamaño de gotas finas (**Cuadro 2**). A esta presión, el caudal que eroga la pastilla es de 0,73 lt/min (**Cuadro 3**).

Cuadro 2: Clasificación de gotas según su tamaño, variando tipo de pastilla y presión en bares. F=fina; M=Media; C= Coarse (Gruesa). Fuente Guía de selección de boquillas TeeJet.

	bar										
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
TT11001	C	M	M	M	F	F	F	F	F	F	F
TT110015	C	C	M	M	M	M	M	F	F	F	F
TT11002	C	C	C	M	M	M	M	M	M	M	F
TT110025	VC	C	C	M	M	M	M	M	M	M	M
TT11003	VC	C	C	C	C	M	M	M	M	M	M
TT11004	XC	VC	C	C	C	C	C	C	M	M	M
TT11005	XC	VC	VC	VC	C	C	C	C	C	M	M
TT11006	XC	VC	VC	VC	C	C	C	C	C	C	M
TT11008	XC	XC	VC	VC	C	C	C	C	C	C	M

Cuadro 3: Caudal de las boquillas, variando tipo de pastilla y presión en bares. F=fina; M=Media; C= Coarse (Gruesa). Fuente: Guía de selección de boquillas TeeJet.

	 bar	TAMAÑO DE GOTA	CAPACIDAD DE UNA BOQUILLA EN l/min
TT11001 (100)	1,0	C	0,23
	2,0	M	0,32
	3,0	F	0,39
	4,0	F	0,45
	5,0	F	0,50
	6,0	F	0,55
TT110015 (100)	1,0	C	0,34
	2,0	M	0,48
	3,0	M	0,59
	4,0	M	0,68
	5,0	F	0,76
	6,0	F	0,83



La siguiente ecuación nos permite conocer aspectos relacionados a las prestaciones del equipo y su regulación.

$$\text{Volumen de aplicación (L/ha)} = \frac{\text{Caudal de un pico (L/min)} \times 600}{\text{Velocidad (Km/hora)} \times \text{espacio entre picos (m)}}$$

Trabajando a 17 km/h y con una distancia entre picos de 52 cm, el equipo debería estar arrojando un volumen de:

$$\frac{0,73 \times 600}{17 \times 0,52} = 49,4 \text{ lt/ha}$$

Como resultado final el volumen de caldo a utilizar por hectárea es de 49,4 litros. Si durante el transcurso de la operatoria de aplicación las condiciones ambientales variaran, por ejemplo aumentara la velocidad del viento, y necesitamos hacer gotas de un tamaño Medio, sin cambiar la pastilla y la concentración del caldo en el tanque, podemos trabajar a 3 bares (**Cuadro 2**) disminuyendo la velocidad de avance a 13,9 km/h. De esta forma, sin la necesidad de variar el volumen por hectárea, podemos continuar trabajando con el caldo remanente que se encuentra en el interior del tanque, respetando la dosis por hectárea del herbicida seleccionado.

$$\frac{0,60 \times 600}{13,9 \times 0,52} = 49,4 \text{ lt/ha}$$

En caso de necesitar producir un tamaño de gota denominado Grueso, por ejemplo para evitar deriva a un cultivo sensible lindante, sin cambiar la pastilla y la concentración del caldo en el tanque, podemos trabajar a 1,5 bares (**Cuadro 2**) disminuymen-

do la velocidad a 9,8 km/h. En este caso, el caudal por pico sería de 0,44 lt/min. Debería estar arrojando un volumen de:

$$\frac{0,44 \times 600}{9,8 \times 0,52} = 49,4 \text{ lt/ha}$$

Una vez finalizado el remanente de caldo en el tanque y previo a una nueva carga, si las nuevas condiciones ambientales se mantienen, revaluaremos realizar modificaciones en la elección de pico y presión de trabajo.

Teniendo en cuenta el tipo de gota que necesitamos producir según el tipo de tratamiento (muy fina, fina, media, gruesa, muy gruesa, excesivamente gruesa), y las condiciones ambientales, podremos definir el tipo de la pastilla a utilizar.

Estos procedimientos matemáticos vienen incluidos en el software de las computadoras de pulverización y, en muchos casos las mismas nos indican el caudal de la pastilla a utilizar. Pero es importante, para no cometer errores, constatar cada tanto que el caudalímetro y el medidor de velocidad estén adecuadamente calibrados. No menos importante es chequear el desgaste de los picos, con jarra graduada y cronómetro, cambiando los picos que sean necesarios.

Logro de impactos por unidad de superficie para herbicidas

El número de impactos por centímetro cuadrado necesarios para lograr una buena calidad de aplicación es diferente según el blanco a alcanzar: si la aplicación se hace al suelo, si tiene o no cobertura, si se hace sobre malezas nacidas, el tipo de maleza a controlar, si hay interferencia de un cultivo (en este caso influye su estado fenológico, altura, distanciamiento entre hileras, densidad de su biomasa, etc.) y no menos importante, según las propiedades del producto usado, es decir si es de contacto o sistémico, su persistencia, etc. Además, con sentido amplio o general, no es igual el número de impactos necesarios ni el destino de las gotas de aplicación en el cultivo (blanco) para un herbicida, un insecticida o un fungicida (**Cuadro 4**).

Los herbicidas pueden ser sistémicos o de contacto (**Cuadro 5**). Los primeros, al llegar a la superficie de la maleza atraviesan la cutícula y se desplazan por los vasos de la planta hacia el resto de los órganos actuando de diferentes maneras según el tipo de producto. Necesitan un menor número de impactos por centímetro cua-

drado para cumplir su propósito: **20-30**. De todos modos, la homogeneidad de la aplicación debe ser alta ya que las malezas no se mueven, es necesario llegar a ellas.

El otro grupo de herbicidas son los de contacto, es decir que no se mueven dentro de la planta, para los cuales es indispensable un mayor número de impactos por centímetro cuadrado: **30-40**.

En general los herbicidas que van al suelo (pre emergentes) no tienen demasiados requerimientos en calidad de aplicación, pudiendo aplicarse con gotas grandes para evitar problemas de deriva, siendo menos exigentes que los postemergentes en cuanto a la demanda de impactos por centímetro cuadrado. En la bibliografía hay muy poca información al respecto sin un valor definido de referencia. Estos herbicidas necesitan de una lluvia en días posteriores a la aplicación para lograr una adecuada distribución en los primeros centímetros del suelo. Cabe mencionar que para estos productos se han recomendado altos volúmenes de aplicación argumentando que reemplazaría el efecto de una precipitación, lo cual es incorrecto, ya que los volúmenes de una pulverización,

Cuadro 4: Recomendación de FAO en impactos/cm² para distintos tipos de fitosanitarios.

Herbicidas Sistémicos o Traslocables	20 - 30
Herbicidas De Contacto	30 - 40
Insecticidas	20 - 30
Fungicidas	50 - 70



Cuadro 5: ejemplos de herbicidas sistémicos y de contacto

Sistémicos	De contacto
Glifosato	Paraquat
Sulfunilureas (Clorimuron, Metsulfuron, etc)	PPO (Saflufenacil, Carfentazone, Fomesafen, Lactofen, etc)
Imidazolinonas (imazetapir, imazapir, etc.)	Atrazina (en postemergencia de la maleza)
Hormonales (2,4-D, Dicamba, Picloram, etc)	Glufosinato de amonio
Graminicidas FOP y DIM 1 (Haloxifop, Cletodim, etc.)	

¹Dada su baja movilidad en la planta sería conveniente lograr la cobertura de herbicidas de contacto.

por altos que sean, no son significativos en relación a una precipitación (10mm de lluvia son 100.000lts/ha).

La técnica para medir el número de impactos por unidad de superficie es el uso de tar-

jetas hidrosensibles (**Figura 6**) y su posterior evaluación con un software. En Argentina, los más usados en la actualidad con ese fin son CIR 1.5, StainMaster, SprayGuru, DropScan, Criollo.

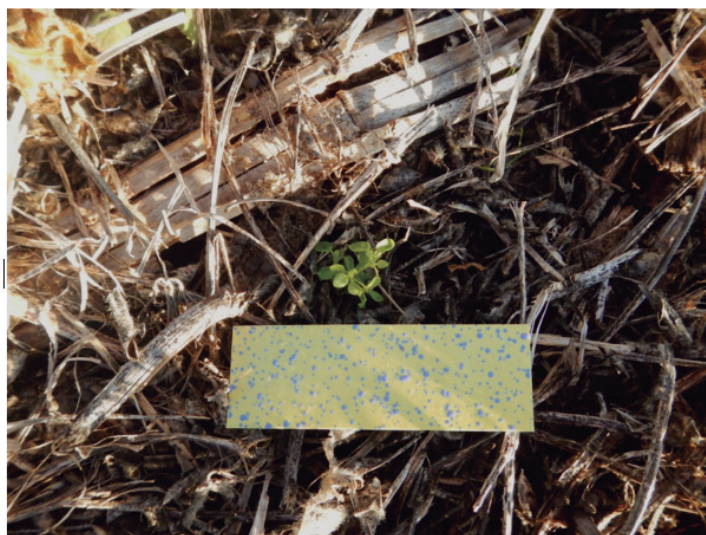


Fig. 6: Evaluación de una aplicación de barbecho con tarjetas hidrosensibles.

Limpieza de los tanques

Los residuos de herbicidas que quedan en los tanques dañarán a los cultivos sensibles en posteriores aplicaciones, además de dañar las piezas metálicas cuando no se usan. Las aplicaciones de post emergencia asperjadas directamente sobre el follaje presentan un potencial mayor de daño que las aplicaciones al suelo.

Dentro de los herbicidas más problemáticos encontramos a los hormonales tales como 2,4-D, dicamba, MCPA, picloram, etc, así como los de muy bajas dosis de uso como los ALS (sulfonilureas, imidazolinonas, triazolopirimidinas), PPO, etc. que representan un riesgo mayor de daños a cultivos que la mayoría de los otros fitosanitarios. Estos herbicidas tienen actividad sistémica (excepto los PPO) y son muy efectivos en sus controles, aún en dosis extremadamente bajas. Por lo tanto, las pequeñas cantidades de estos productos que quedan remanentes en el fondo, adheridos en las paredes del tanque, filtros y la línea de aplicación del equipo pulverizador, pueden causar severos daños a los cultivos sensibles a ellos.

Los residuos de fitosanitarios adheridos o depositados en las paredes del equipo pueden ser llevados a la solución del asperjado por otros herbicidas, fertilizantes o coadyuvantes que actúan como solventes, aún meses después. En ocasiones, estos problemas se presentan cuando se aplican fertilizantes foliares, estos productos tienen la capacidad de remover todo lo que está incrustado en el tanque, en ese momento se suelen ver

los daños incluso de productos usados 2 o 3 campañas atrás, si no fueron correctamente lavados.

También influye el tipo de tanque de la pulverizadora: cuánto más lisos sean en su interior más fácil será eliminar los restos de fitosanitarios de aplicaciones anteriores. En este sentido los tanques de acero inoxidable y los rotomoldeados corren con ventajas sobre los de plástico reforzado en fibra de vidrio (PRFV). En cuanto a su forma lo ideal es que no tengan ángulos marcados o “recovecos” donde se juntan restos de fitosanitarios. Los riesgos serán mayores cuando trabajamos con polvos mojables o con floables.

El eficiente lavado de los equipos es, entonces, un aspecto a considerar muy seriamente.

No debe confundirse *lavado* con *enjuagado*, que debiera ser una operación cotidiana al finalizar las tareas y evita en gran medida la aparición de incrustaciones y residuos que luego son muy difíciles de quitar. El lavado es una acción más detallada y debe garantizar la ausencia total de remanentes en el equipo. Debe incorporarse como una práctica que se lleva a cabo con mayor periodicidad, pero muy particularmente cuando se pasa a trabajar en cultivos diferentes luego de haber aplicado herbicidas.

- 1- La primera etapa de cualquier lavado es, precisamente, el enjuagado. Para ello se carga una parte del tanque, cercana al 20-25% de su capacidad total, con agua limpia de agroquímicos.



2- Luego se activa el circuito de limpieza del tanque, que debe necesariamente estar provisto de las correspondientes boquillas de enjuague del mismo, dejándolo actuar unos 10 minutos aproximadamente. Algunos productos pueden demandar un tiempo mayor.

3- Luego, a campo, se pulveriza el líquido en algún lugar donde no cause ningún daño. Si ello no fuera posible, deberá hacerse sobre un playón de limpieza.

4- Luego debe comenzar el lavado propiamente dicho. Existen numerosas marcas de limpiadores comerciales que indican en cada caso el procedimiento a seguir, de acuerdo con las pautas del fabricante. En ensayos realizados en el Instituto de Ingeniería Rural de INTA, constataron que, en general, cumplen adecuadamente con su función (para ello se realizaron mediciones de residuos mediante cromatografía sobre la siguiente carga del tanque). Sin embargo, en algunos casos la cantidad de espuma producida fue tal que dificultó muy severamente los trabajos de limpieza.

Para esta tarea el mercado ofrece diferentes limpiadores:

- **Inactivadores:** aquellos que inactivan productos en solución. Generalmente por un aumento en el pH de la solución por encima de 9.
- **Desincrustantes:** aquellos que eliminan residuos sólidos que quedan en forma de costras en las distintas partes del equipo pulverizador, sobre todo en el tanque.

- **Inactivadores + Desincrustantes:** aquellos que cumplen las 2 funciones antes mencionadas, son los más completos.

En caso de no disponerse de algún limpiador comercial, se lograron buenos resultados mediante sistemas de *triple enjuague con agua*. Cuando existen abundantes residuos, o en casos de tanques rugosos en su interior, siempre es preferible realizar el sistema de triple enjuague añadiendo cloro comercial para piletas o amoníaco al 1-2%.

5- Finalmente se deben retirar todos los filtros, tanto de línea como individuales, y las pastillas de pulverización para su limpieza bajo una canilla mediante un cepillo de cerdas suaves. Una vez finalizado el proceso se volverán a colocar.

La limpieza de los equipos no es, ciertamente, un proceso complicado, pero requiere de una cierta dedicación y esfuerzo. Como siempre, más vale prevenir que curar.

Calidad de agua para Aplicaciones Agrícolas

El agua es el principal vehículo por el cual se transportan los principios activos hasta la llegada al blanco.

Conocer las propiedades fisicoquímicas de nuestras aguas de asperjado resulta fundamental a la hora de hacer una aplicación eficiente y de calidad. Es por ello que hay que conocer los parámetros que definen esta calidad: **pH, dureza, alcalinidad y lim-**

pieza o turbidez. Estos parámetros influyen directamente sobre la performance de los fitosanitarios.

El **pH** óptimo para las aplicaciones agrícolas es ligeramente ácido, valores entre 5-6. Este pH levemente ácido favorece que no se degraden los ingredientes activos, e incluso mejora la manera de penetrar en la planta. Tanto pH altos o muy bajos pueden degradar el activo por hidrólisis. La velocidad de descomposición del activo depende principalmente de las propiedades químicas del agroquímico, del pH que alcance el caldo y del tiempo de permanencia en el tanque.

Tanto las aguas superficiales como las subterráneas, tienen sólidos disueltos, y estos se hallan bajo la forma de sales y su calidad depende de los aniones y cationes que las componen. Dependiendo de la combinación de sales disueltas, las aguas pueden ser:

Neutras: Su salinidad proviene de cationes monovalentes, sodio y potasio, y aniones cloruros y sulfatos. Tienen un pH cercano a 7. Sin problemas para las aplicaciones agrícolas.

Alcalinas: Su salinidad proviene de cationes monovalentes, sodio y potasio, y aniones cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos, siendo las sales de estos últimos las que le confieren alcalinidad. Tienen un pH mayor a 7, pudiendo alcanzar 8,5 a 9. Se las denominan aguas salinas blandas, pues no precipitan los jabones.

Duras: Su salinidad proviene de cationes monovalentes, sodio y potasio, divalente

como calcio y magnesio, y de trivalentes, hierro, aluminio y arsénico. Los aniones son cloruros, sulfatos y bicarbonatos. Tienen un pH entre 7 y 8. Se denominan duras porque precipitan los jabones, dando lugar a lo que se llama “corte del jabón”, perdiéndose así la propiedad intrínseca de los jabones que es la de bajar la tensión superficial del agua y permitir, así, el mojado de las superficies y la eliminación de la suciedad

Los cationes disueltos que forman complejos hacen que las aguas denominadas Duras afecten a los fitosanitarios disminuyendo o incluso neutralizando su efecto. La neutralización puede darse por fitosanitarios que se hidrolizan (2.4-D ester); fitosanitarios que precipitan (2.4-D dimetilamina); fitosanitarios que se acomplexan con los cationes divalentes trivalentes (Ej: glifosato, glufosinato). Es por ello que la dureza es el parámetro más importante a tener en cuenta.

La **dureza** del agua se expresa como la suma del contenido de calcio (Ca) y magnesio (Mg), los cationes más importantes en aguas para aplicaciones agrícolas, expresados ambos en el equivalente en mg/l (o partes por millón = ppm) de carbonato de calcio (CO₃Ca).

A los fines prácticos será:

$$\text{ppm (mg/l) CO}_3\text{Ca} = 2,5 \times \text{mg/l Ca} + 4 \times \text{mg/l Mg}$$



En general las sales de calcio son más insolubles que las sales de magnesio. Por ello es que, según cuál sea la composición del suelo del acuífero del cual proviene el agua, ésta tendrá una concentración distinta de calcio y de magnesio (el sulfato de calcio, por ejemplo, es más insoluble que el de magnesio). Entonces, puede ser que de dos aguas con la misma dureza en ppm de CO_3Ca , una sea relativamente más blanda que la otra.

Todas las aguas tienen en mayor o menor medida todos los cationes y aniones

que mencionamos anteriormente y se clasifican, por supuesto que arbitrariamente, de la siguiente manera (**Cuadro 6**):

Cabe destacar que los parámetros de dureza y pH para las aplicaciones agrícolas difiere mucho de los valores de calidad en lo que hace a consumo humano, es por ello que siempre es aconsejable realizar análisis periódicos de agua y sabiendo sobre que parámetros basarse. El **Cuadro 7** muestra algunos valores de calidad de agua para aplicaciones agrícolas y para consumo humano.

Cuadro 6: Tipificación de dureza por concentración de CO_3Ca (Fuente: Manual de aplicaciones de Gota Protegida).

ppm de CO_3Ca	Tipo de Agua
0 – 60	Blanda
61 – 120	Moderadamente dura
121 – 180	Dura
+181	Muy dura

Cuadro 7: Propiedades físicoquímicas de agua para aplicaciones agrícolas y consumo humano

	Aplicaciones agrícolas Fuente: M. Gota Protegida	Consumo humano Fuente: CAA
pH	4-6 - Óptimo	
		6,5-8,5 - Máximo
Dureza (ppm)	0-60 - Blanda	
	60-120 - Mod. Dura	
	120-180 - Dura	
	180+ - Muy Dura	
		400 - Máximo

Para la corrección de estos parámetros existen en el mercado diversos productos *correctores* y *secuestrantes*. Es importante destacar que estos productos deben ser agregados en *primer lugar en la formación del caldo*, ya que tienen que acondicionar el vehículo (agua) convirtiéndolo en un medio ideal, sin poner en riesgo a los activos. Con aguas duras, también es recomendable disminuir el volumen de caldo, hasta un límite que por supuesto no afecte la mezcla de los productos en el tanque y se logren los impactos necesarios.

La **Turbidez** se refiere al cambio de color de las aguas por la presencia de arcillas disueltas y restos orgánicos, compuestos que pueden desactivar fácilmente a los herbicidas. Para saber cuán sensibles son los agroquímicos a este parámetro de calidad de agua se utiliza el Koc (Coeficiente de absorción de carbono orgánico). Es por ello que a mayor Koc más sensible a la turbidez. Dentro de los agroquímicos más usados los que tienen mayor sensibilidad a la turbidez son el *Paraquat* (muy alto) y el *Glifosato* (alto); en un punto medio los *graminicidas fop's* y *dim's*, y los demás agroquímicos presentan menor sensibilidad a la turbidez.

Mezclas de Fitosanitarios

Un principio activo (p.a) puede presentarse formulado de diversas maneras. A continuación se presenta una breve descripción de las formulaciones más comunes que se presentan en el mercado de fitosanitarios:

- **Polvos Mojables (WP o PM):** forman con el agua un sistema de dos fases. Son partículas divididas finamente que llevan absorbido el p.a., generalmente son insolubles en agua.

Su constitución le confiere un poder de abrasión que contribuye a un desgaste más rápido de las boquillas y bombas.

Los preparados de polvos mojables deben ser sometidos a una enérgica agitación para evitar que las partículas precipiten.

- **Polvos Solubles (SP o PS):** en su aspecto son formulaciones similares a las anteriores, pero al ser adicionados al agua forman un sistema homogéneo, ya que tanto p.a. como coadyuvantes se disuelven completamente. Por otro lado, no son abrasivos ni requieren agitación.

- **Gránulos Dispersables (WG):** el p.a. está incorporado con los dispersantes y otros componentes de la formulación en forma similar a un polvo mojado, pero la presentación es en forma de gránulos que se suspenden en agua. se facilita el manipuleo, transporte y almacenamiento.

- **Concentrados Solubles o Líquidos Solubles (CS o SL):** pueden subdividirse en Acuosos (cuando el formulado puede ser disuelto en agua formando un sistema homogéneo de una sola fase, ej. glifosato, paraquat, etc.) y Oleosos (utilizados para p.a. insolubles en agua).

- **Suspensiones concentradas (SC):** son utilizadas cuando el p.a. es insoluble en



agua y en solventes orgánicos. Se trata de suspensiones “preformadas” de un producto sólido en un líquido. Consta de dos fases, la dispersa (sólido) y la dispersante (líquido).

- **Suspoemulsiones (SE):** es una combinación de las formulaciones tipo SC y EW. La fase continua es agua, en ella están contenidas tanto las partículas sólidas como las gotitas de emulsión. Este tipo de formulación es indicado cuando hay que combinar dos p.a. con diferentes grados de solubilidad o con diferentes puntos de fusión.

- **Concentrados Emulsionables (EC o CE):** este tipo de formulación es la más abundante del mercado. Los p.a. y solventes no son solubles en agua pero el agregado de un coadyuvante como un emulsificante permite la mezcla íntima de dos líquidos inmiscibles, formando una emulsión. Es un sistema heterogéneo de dos fases, una dispersa (forma de gotitas) en otra que es la fase dispersante (agua). Cuando los glóbulos son muy pequeños se definen como microemulsiones.

La mayoría de los productos fueron desarrollados y registrados para ser usados solos y en agua, pero en la práctica, se mezclan para lograr distintos objetivos como puede ser aumentar el espectro de acción (control de latifoliadas y gramíneas), lograr residualidad con alguno de los componentes, utilizar las propiedades de potenciación o de sinergismo de algunos productos, o por, la disminución de costos por la aplicación simultánea de herbicidas, insecti-

cidas y/o fungicidas.

Muchas veces no se da la importancia que tiene las mezclas de tanque. Estadísticas sobre seguros pagados en los EEUU estiman un 33% de fallas en las aplicaciones atribuidas a este factor (Wolff R., 2001). Podría ocurrir que, al hacer la mezcla, se disminuya la actividad biológica esperable del conjunto o bien de alguno de sus componentes. En el caso que se dé un resultado negativo, se deberá a la presencia de incompatibilidades del tipo **físico, químico o biológico**.

Los problemas de compatibilidad física en algunas ocasiones pueden solucionarse aumentando el volumen del caldo. No obstante, luego de una correcta elección y agregado de productos al tanque, con buena calidad de agua, la mayoría de las aplicaciones con mezclas de productos podrían llevarse a cabo con volúmenes del orden de los 40 – 60 lts/ha. Se debe tener en cuenta también que en la mayoría de los productos fitosanitarios aplicados al follaje, una mayor concentración del producto en el caldo de aplicación se correlaciona con una mayor eficacia del mismo.

Orden orientativo de agregado en el tanque

Existen diferentes opiniones en el orden de mezclado, basado en los diferentes tipos de formulaciones. Las variables involucradas en las mezclas son numerosas y las combinaciones utilizadas hoy a nivel mundial pueden superar ampliamente las 40.000, lo que a nivel profesional es difi-

cil recomendar un orden de mezclado sin experiencia previa. Además, el mismo tipo de formulaciones pueden variar según el origen, por lo que es difícil establecer una regla fija.

Hay dos teorías en uso basadas en la solubilidad de los formulados: comenzando de los más solubles a los más insolubles ó **comenzando de los más insolubles a los más solubles**. Solo **a modo orientativo y cuando los marbetes no indiquen lo contrario** el orden recomendado con mejores resultados es la segunda opción.



Orden de carga sugerido

1. Llenar el tanque de la pulverizadora con agua hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad o más
2. Acondicionar el agua (acidificantes, secuestrantes, antiespumantes).
3. Incorporar los fitosanitarios en el siguiente orden:
 - Gránulos dispersables (WG)
 - Bolsas hidrosolubles
 - Gránulos dispersables
 - Polvos mojables (WP)
 - Microencapsulados
 - Suspensiones concentradas (SC)
 - Suspoemulsiones (Suspensiones emulsionadas) (SE)
 - Líquidos solubles/polvos solubles (LS/SP)
 - Concentrados emulsionables (CE)
4. Agregar la cantidad necesaria de coadyuvantes.
5. Completar con agua hasta la capacidad total.



En varias oportunidades el orden de líquidos solubles y concentrados emulsionables se han cambiado sin observar variaciones significativas, pero como se menciona anteriormente son muchas las calidades de formulaciones en el mercado. Misma formulación del mismo herbicida de empresas diferentes puede comportarse de distinta manera al mezclarse, esto se debería principalmente a los inertes (Solventes, Humectantes, Tensioactivos, Espesantes, Adherentes, etc.) que acompañan al principio activo. Más aún, un pro-

ducto de una empresa puede cambiar los inertes de su formulación sin necesidad de informarlo, de manera que, productos que se mezclaron bien anteriormente podrían dejar de hacerlo con el cambio de un componente de su formulación. En cuanto a los polvos mojables tienen que ser acondicionados con agua antes de agregarse al tanque. Se prepara una pasta fluida (*slurry*) que permite disolver los coadyuvantes y evitar la formación de grumos que puedan tapar filtros y boquillas.

Algunos consejos al proceder:

- Comenzar con un tanque limpio. Los residuos pueden causar problemas imprevistos.
- Usar agua limpia sin restos de arcillas, materia orgánica, etc.
- Preparar un *slurry* (pasta fluida) con las formulaciones secas antes de agregarlas.
- Agitar bien antes de añadir cada producto.
- Tratar de asperjar el sobrante del caldo en lugar seguro y limpiar el tanque después del uso diario.

Cuando el marbete no lo indique y existan dudas de las mezclas, lo más recomendable es hacer previamente una **prueba en pequeña escala**.

Se podría usar el método desarrollado por el Centro Brasileiro de Bioaeronáutica (CBB), o una adaptación casera que mide el grado de estabilidad de la mezcla. Muy recomendable por lo sencillo y rápido. Este método consiste en realizar lo siguiente:

En un pequeño recipiente transparente (puede ser un vaso descartable) y con el agua a usar para la aplicación, mezclar los productos en las proporciones que se usarán. Utilizar una jeringa desechable para medir y una varilla mezcladora. Observar el tiempo de separación de los productos, y visualizar el grado correspondiente a la tabla adjunta a continuación (**Cuadro 8**):

Cuadro 8: Tiempo de separación de un caldo, clasificación a partir de los resultados (Itaqui, R. S. 2013).

Grado	Condiciones	Resultado
1	Separación inmediata	No aplicar
2	Separación después de 1'	No aplicar
3	Separación después de 5'	Agitación continua
4	Separación después de 10'	Agitación continua
5	Estabilidad perfecta a los 30'	Sin restricciones

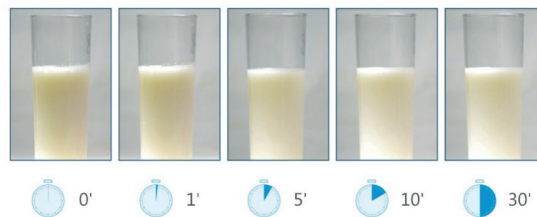
Desechar las mezclas donde se observe separación en el minuto 0 y 1 (grado 1 y 2). Si las separaciones son en el minuto 5 ó 10 (grado 3 y 4) se pueden usar con buena agitación. Si continúa estable a los 30 minutos, utilizar sin restricciones (grado 5).

Debemos tener en cuenta que este método permite evaluar solamente a la esta-

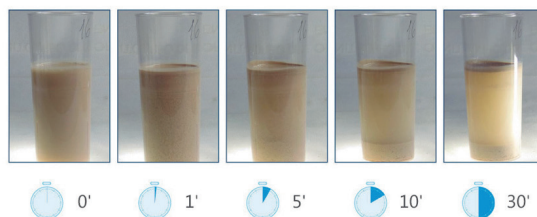
bilidad de la mezcla, pero aun así pueden presentarse eventuales situaciones de antagonismo entre los diferentes componentes.

En cuanto a las mezclas de tanque y en particular a la estabilidad de los caldos cabe aclarar que los **tensioactivos** tienen un rol fundamental. Estas moléculas tienen la particularidad de ser emulsionante (generan la

Compatibilidad Grado 5



Compatibilidad Grado 1 - 2





dispersión de dos líquidos no miscibles) ayudando a la estabilidad del caldo, impidiendo en muchos casos que este se separe en fases e incluso que se corte. La calidad y especificidad del tensioactivo que utilicemos va a ser un factor determinante en la calidad de emulsión de caldo. Es por ello que el uso de tensioactivos se hace muy necesario en las mezclas actuales.

Condiciones ambientales

Es determinante poder dimensionar las condiciones ambientales imperantes al momento de la aplicación ya que este punto será una de las claves del éxito o fracaso del control realizado.

Es muy importante tener en cuenta que la medición de las condiciones ambientales debe hacerse **en el sitio de aplicación** y a la altura de trabajo del botalón. Las condiciones informadas por servicios meteorológicos pueden variar considerablemente con las del lote a tratar. Es por ello que necesariamente cada aplicador debe contar con, al menos, una estación meteorológica manual, aunque actualmente la mayoría de las máquinas modernas cuentan ya con una estación integrada a la máquina.

Existen tres factores principales que se deben verificar al respecto: **temperatura**, **humedad relativa** y **velocidad de viento**. Los mismos pueden medirse en el campo utilizando un termómetro, un higrómetro y un anemómetro, respectivamente.

Una elevada **temperatura**, en combinación con una baja **humedad relativa** son condiciones que tienden a incrementar la evaporación de las gotas y por ende pérdida de ingrediente activo con consecuencias negativas para la tarea de control y para el ambiente. La medición de la humedad relativa a campo es particularmente importante ya que existen casos donde, si bien la temperatura no es tan elevada como para generar derivas, su combinación con una baja humedad relativa genera que aumenten los riesgos, afectando la calidad de la aplicación por pérdida de gotas.

El **Cuadro 9** muestra otra manera de combinar los valores de temperatura y humedad relativa. La combinación de los factores que ocupa el color verde, es donde se podría realizar aplicaciones sin mayores restricciones ambientales, siempre y cuando el factor viento lo permita. Las combinaciones de valores de color amarillo serían condiciones restrictivas, pero con el uso de coadyuvantes, pastillas y calibración del equipo se puede realizar una buena calidad de aplicación con bajo riesgo. Los valores en rojo son más restrictivos y no se recomienda realizar una aplicación.

El **viento** es un aliado de las aplicaciones, por lo cual nunca se deberá aplicar sin él. El rango adecuado deberá encontrarse entre 5 y 15 km/h, teniendo en cuenta no solo los promedios sino también las ráfagas de velocidad máxima. Velocidades menores a las indicadas no generarán el correcto movimiento de la gota impidiendo que la misma penetre en el cultivo. Si se presen-

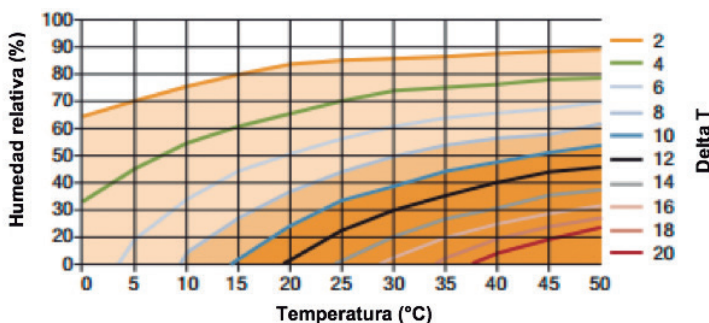
Cuadro 9: Muestra valores de humedad relativa y temperatura, las distintas combinaciones dan las diferentes condiciones para aplicar (verde: aplicación sin restricción, amarillo: aplicación con restricciones y rojo: no aplicar).

	Temperatura								
H.R.	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0
100	Aplicación no recomendada por riesgos de lluvia y lavado de agroquímicos								
90	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
80	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
70	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
60	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
50	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
40	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
30	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
20	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
10	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

ta velocidad de viento tendiendo a cero existe una gran probabilidad que se dé el fenómeno de inversión térmica (ver más adelante) donde las gotas aplicadas quedan suspendidas en el aire sin alcanzar el blanco objetivo. Mientras que velocidades mayores podrían generar derivas no deseadas, afectando cultivos vecinos y áreas sensibles

El **Delta T (ΔT)** es un indicador muy utilizado a la hora de determinar las condiciones de aplicación. Se trata de la diferencia de la medida del bulbo seco y el bulbo húmedo de un psicrómetro. Relaciona la temperatura del aire y la humedad relativa. Algunas estaciones portátiles ya calculan el Delta T, incluso los equipados en las máquinas aplicadoras. El **Cuadro 10** relaciona

Cuadro 10: Valores de Delta T en función de la humedad relativa y la temperatura





la temperatura del aire y humedad relativa a los valores de ΔT . Se menciona un rango de **entre 2 y 8** para aplicaciones agrícolas de calidad sin restricciones ambientales.

Concepto de deriva

La deriva puede ser definida en un sentido amplio, como el movimiento de las partículas asperjadas y vapores fuera del blanco, provocando de esta manera un cúmulo de efectos negativos: se puede afectar a la salud y la seguridad de las personas, puede existir contaminación de los recursos naturales, resulta en un uso ineficiente de los equipos de aplicación, se generan fallas en los tratamientos que conducen a aplicaciones adicionales, mermas en los rendimientos y mayores costos de producción, pueden generarse situaciones de resarcimiento económico por daños a cultivos sensibles en campos adyacentes, etc. Las gotas más propensas a deriva son, por lo general las más pequeñas, inferiores a 200 micros de diámetro y son fácilmente desviadas del objetivo por el viento u otras condiciones climáticas

Es necesario considerar que la deriva puede ser interna en el lote o cultivo asperjado (Endoderiva) donde el desplazamiento es de pocos metros, se da por escurrimiento y/o depósito sobre el canopeo durante la aplicación. Otro tipo de deriva es la externa al lote o cultivo (Exoderiva), en este caso el daño se puede extender a cientos de metros o incluso kilómetros de distancia, generalmente asociada a evaporación

y/o depósito sobre el canopeo durante o después de la aplicación. Muchas veces los productos herbicidas son los más asociados con las exoderivas.

La deriva está influenciada por los siguientes factores:

- **Características del producto asperjado:** naturaleza química, formulación, nivel de volatilidad, etc.
- **Características del equipo de aplicación:** pastilla, caudal, presión, tamaño de gota, altura y velocidad de trabajo, ancho de labor, etc.
- **Condiciones meteorológicas:** viento, humedad y temperatura, estabilidad/inversión

Para disminuir los riesgos de deriva hay diferentes herramientas, lo principal es incrementar el tamaño del espectro de gotas pulverizadas enfatizando la disminución de gotas muy finas mediante un aumento de tamaño y peso

El buen aplicador será aquel que sepa, para cada tipo de aplicación y considerando además las condiciones atmosféricas, lograr la mejor cobertura posible, en función de las necesidades específicas, pero con un mínimo de pérdidas por deriva (**Figura 7**).

Dentro de las principales herramientas para manejar deriva tenemos:

- Pastillas antiderivas: tienen la ventaja de hacer gotas grandes pero la desventaja de tener un espectro de gotas desuniforme.
- Disminución de la presión de trabajo, lo que aumenta el tamaño de gotas
- Disminución de la altura de botallón
- Disminución de la velocidad de trabajo
- Coadyuvantes antiderivas: son productos que espesan los caldos y logran que el espectro de gotas aplicadas aumente su tamaño.
- Nuevas formulaciones de herbicidas: existen empresas que tienen formulaciones de herbicidas con bajo riesgo de deriva, por ejemplo, X-tend (Monsanto) y Enlist (DOW). Representan una herramienta más y que hay que saber manejarlas con precaución.
- Áreas buffer: dejar sin aplicar un área cercana a un cultivo o zona sensible, hasta que mejoren las condiciones atmosféricas.



Fig. 7: Consideraciones en la elección del tamaño de gota elegido. Fuente: Manual para agroaplicadores.



Si bien estos conceptos son fundamentales en todas las aplicaciones agrícolas, merece una mención especial el caso de las aplicaciones periurbanas. Aquí se debe considerar la elección de productos de menor toxicidad (para seguridad del operario y habitantes) y/o mayor selectividad, es decir, aquellos que controlan sólo las plagas objetivo y que poseen, al mismo tiempo, un muy bajo o nulo impacto en el resto de los componentes del agroecosistema. Considerar el tiempo mínimo que debe transcurrir entre la aplicación y la cosecha, conocido técnicamente como “tiempo de carencia”. Almacenar y transportar de manera segura los productos fitosanitarios. Cuidar la salud de los trabajadores y operarios. Manejar correctamente las aguas residuales y los envases.

El problema de estas áreas muchas veces se agrava al tratarse de una zona en ocasiones difusa, sin límites precisos, dinámica y cambiante. Debido a que las condiciones climáticas varían en el transcurso del día, es importante adaptarse a ellas. Por eso es

fundamental ajustar los equipos a medida que se vuelve necesario, para controlar el tamaño de gota en todo momento.

Concepto de Evaporación

La **humedad relativa** es el factor de mayor importancia en la evaporación de un asperjado. Hay que tener en cuenta que una gota de agua de 50 micrones (un micrón es la milésima parte de un milímetro) con una temperatura de 30°C y una humedad relativa del 50%, sin estar protegida, desde que se forma hasta que se evapora tiene una vida útil de 3,5 segundos. Una gota de 200 micrones de diámetro en esas condiciones tendría una vida útil de 56 segundos (**Cuadro 11**).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente podemos deducir fácilmente que lo más importante a la hora de definir un tamaño de gota adecuado radica en proteger dichas gotas para lograr alcanzar

Cuadro 11: Influencia de las condiciones ambientales sobre la vida útil de las gotas de agua.

Diámetro de gota (micrones)	Condiciones ambientales	Vida útil de la gota (en segundos)	Distancia de caída
50	20°C 80%HR	12,5	12,7 cm
	30°C 50%HR	3,5	3,2 cm
100	20°C 80%HR	50,0	6,7 cm
	30°C 50%HR	14,0	1,8 m
200	20°C 80%HR	200,0	81,7 m
	30°C 50%HR	56,0	21,0 m

el blanco evitando posibles pérdidas por evaporación y deriva.

La **Figura 8** muestra la evolución de la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento a lo largo del día. Es por ello que resulta de vital importancia medir varias veces a lo largo del día las condiciones ambientales, ya que existe un amplio rango de valores a lo largo del día, pasando de momentos excelentes para una aplicación, a momentos donde se deben proteger las gotas y hasta condiciones en la que no es aconsejable aplicar.

A partir de este gráfico podemos concluir que en gran parte del día debemos trabajar con herramientas que sirvan para disminuir el riesgo de evaporación y deriva. Al respecto el mercado pone a disposición un abanico de productos con distintas prestaciones: Los **antievaporantes** más empleados son

los coadyuvantes a base de aceites. Los disponibles en el mercado se resumen en:

- **Aceites desgomados:** tienen una alta concentración de aceite desgomado, principalmente de soja, y un emulsionante convencional en concentraciones del 5-10% p/p. Son antievaporantes.
- **Aceites minerales:** tienen una alta concentración de aceite mineral, y un emulsionante convencional en concentraciones del 5-15% p/p. Para estos productos se debe tener la precaución de evaluar su utilización cuando hay cultivos nacidos y con condiciones de alta radiación ya que existe la posibilidad que puedan generar algún síntoma de fitotoxicidad sobre los cultivos. Son antievaporantes y penetrantes.
- **Aceites metilados:** tienen una alta concentración de aceite metilado, principal-

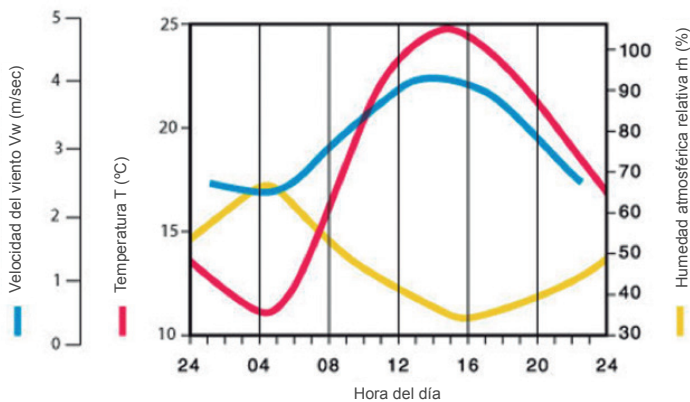


Fig.8. Evolución de la temperatura y humedad relativa a lo largo del día. Fuente: Manual para agroaplicadores.



mente de soja, y un emulsionante convencional en concentraciones del 5-15% p/p. Son antievaporantes y penetrantes.

- **Aceites metilados + trisiloxanos:** por contener aceite metilado en composición son antievaporantes y penetrantes pero se le suman los atributos que aportan los trisiloxanos (siliconas), mejorar la emulsión de los tanques, generar un efecto de súper humectación cuando las gotas llegan al blanco y agregan una vía más de penetración por la afinidad de las siliconas con las superficies cerosas de las hojas. Asimismo, tienen la capacidad de bajar la tensión superficial e ingresar los ingredientes activos en la cámara sub-estomática permitiendo.

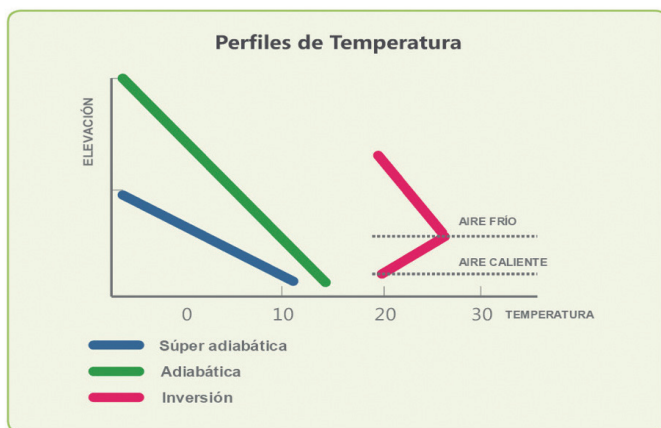
Una situación especial es la **inversión térmica (Figura 9)**, situación que puede provocar derivas inmanejables de hasta varios

kilómetros del lugar de aplicación. Se da al **atardecer** o al **amanecer** cuando una capa de aire caliente queda atrapada entre dos capas de aire frío, y en esa capa puede haber productos en fase vapor que al cambiar las condiciones se pueden trasladar y condensar en otro lugar.

No hay herramientas prácticas para medir la inversión térmica. Puede ser calculada conociendo parámetros meteorológicos como la velocidad del viento a 5 metros y la temperatura a 2,5 y 10 metros de altura.

La presencia de la inversión puede ser visualizada, por ejemplo, por el desplazamiento de humo o tierra, que en lugar de elevarse quedan suspendidos a baja altura.

Por lo dicho, la mejor opción es la **capacidad al operario**.



(Adaptado de Yates y Akesson, 1979)

Fig. 9: Perfiles de temperatura con respecto a la elevación.

Conclusión

Necesitamos ser más **eficientes** para lograr la mejor aplicación posible, ajustándose a las necesidades de un **buen control** y al **cuidado del medio ambiente**.

El desafío de lograr una aplicación agrícola de calidad es complejo ya que las variables a ajustar para el éxito de la misma son muchas. Por lo tanto es imprescindible una buena **capacitación del técnico** que la recomienda así como del **operario** responsable de llevarla a cabo.

Cada aplicación de fitosanitarios es única en sus características debe ser llevada a cabo luego de una **observación previa** y de una **planificación** acorde a lo verificado.

Es preciso conocer fehacientemente las características de los **herbicidas** a utilizar, la **maleza** y el **cultivo**.

Otro punto que siempre se debe considerar es la **calidad del agua** que estamos utilizando, a fin de evaluar si es necesaria su corrección.

La **limpieza correcta del tanque** es fundamental para evitar daños a cultivos sensibles.

Las **mezclas de fitosanitarios** es posible, pero se requiere ser cuidadoso y en lo posible probar previamente la mezcla a escala.

El logro de **impactos por centímetro cuadrado** debe ser el principal parámetro objetivo a lograr en una aplicación, más que los litros por hectárea.

La **medición de las condiciones meteorológicas en el lote y en el momento de la aplicación** es fundamental, teniendo en cuenta que las mismas van variando a lo largo del día y que, por lo tanto, es necesario ir haciendo los ajustes en las condiciones de aplicación que se consideren necesarios, para lograr un buen control y, principalmente, evitar daños a zonas sensibles.



Bibliografía:

- Bogliani, M.; Masia, G.; Onorato, A.** Tecnología para las aplicaciones terrestres de fitosanitarios.
- Cid R. y Masiá G., 2011.** Manual para agroaplicadores. Uso responsable y eficiente de fitosanitarios - Ediciones INTA. 1a. ed. - Buenos Aires.
- Cid, R. 2014.** Aplicación eficiente de fitosanitarios. Instituto de Ingeniería Rural - INTA.
- Cid, R. 2015.** La deriva de pulverizaciones, un problema siempre presente.
- Etchegoyen, J. 2017.** Recomendaciones técnicas para aplicaciones eficientes. <http://tropfen.com.ar/recomendaciones-tec/>.
- Jalil Maluf, E. L. 2017.** Mezclas de tanque de productos fitosanitarios. Congreso Kairós, Aapresid.
- Jalil Maluf, E. L. 2015.** Aplicaciones agrícolas de calidad y uso de coadyuvantes de última generación. Gota Protegida.
- Kahl, M.; Puricelli, E.; Niccia, E.; San Román, L.; Alanis, J.; Hass, W. 2016.** Relevamiento de la calidad de agua para uso en las aplicaciones agrícolas en la región centro-oeste de Entre Ríos.
- Massaro, R. 2013.** Aplicación terrestre de plaguicidas: hay que cambiar la forma de trabajar. Los barbechos químicos ofrecen una gran oportunidad. INTA, Artículo Técnico.
- Oliva, D. 2017.** Acta Congreso Aapresid "Kairós"
- Onorato, A.; Tesouro, O. 2006.** Pulverizaciones Agrícolas Terrestres.
- Guía del Usuario de Boquillas de pulverización.** Manual TeeJet.

Agradecimientos

Tanto los autores como la Institución, agradecen las sugerencias y/o correcciones de Mariano Luna (INTA Pergamino), Ramiro Cid (INTA Castelar), Diego Oliva (Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires), Josefina Oldani (PLA).



www.aapresid.org.ar/rem

