

MANUAL PARA AGROAPLICADORES

Uso responsable y eficiente de fitosanitarios

MANUAL PARA AGROAPLICADORES.

Uso responsable y eficiente de fitosanitarios

Cid, Ramiro y Masiá, Gerardo
Coordinación Editorial: Bogliani, Mario
1ª Edición

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- Centro de Investigación de Agroindustria
INSTITUTO DE INGENIERÍA RURAL
Av. Pedro Díaz 1798 - (1681) Hurlingham
Tel 011 4665-0495 - www.inta.gov.ar/iir

ISBN N° 978-987-679-036-9

Edición y Diagramación: Curró, Claudia y Fuica, Adriana
Colaboración: Vanina Gómez Hermida

Ediciones INTA
Chile 460 (1093)- Buenos Aires

Manual para agroaplicadores. Uso responsable y eficiente de fitosanitarios / Ramiro Cid y Gerardo Masiá - 1a. ed. - Buenos Aires:
Ediciones INTA, 2011.

ISBN 978-987-679-036-9

1. Ciencias Agrarias. 2. Agroquímicos. I. Cid, R. y Masiá, G.

Copyright © 2011 Ediciones INTA

Queda hecho el depósito que establece la Ley 11.723 No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, transmisión o la transformación de esta obra, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros medios, sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las Leyes 11723 y 25.446

Se terminó de imprimir 2.000 ejemplares, en el mes de julio de 2011 en
Gráfica Amalevi S.R.L., Mendoza 1851 - Rosario
Tel. (0341) 4213900 / 4242293 / 4218682
grafica_amalevi@yahoo.com.ar

El por qué de este manual

Los fitosanitarios se han convertido desde hace varios años en herramientas estratégicas para la producción agrícola argentina. Sin embargo, y a consecuencia de los episodios ocurridos en los últimos tiempos que muestran indicadores sobre la existencia, aún hoy y a pesar del importante avance tecnológico de la industria metalmecánica ligada al sector y a la marcada reducción de la peligrosidad de los fitosanitarios de temas pendientes a resolver. Entre ellos se destacan los aspectos ligados a la salud humana, a la preservación de los recursos naturales, todos ellos enmarcados en lo que se podría definir como responsabilidad social y ambiental de las personas relacionadas con las aplicaciones tendientes al control de plagas, enfermedades y malezas.

Como consecuencia de lo expresado en el párrafo anterior y en el marco del Proyecto Capacitar en Mecanización Agrícola, contando con el apoyo de las empresas tecnológicas y dando continuidad a las estrategias de difusión y capacitación abordadas por el Instituto de Ingeniería Rural del INTA de Castelar en la temática, se desarrolló el presente manual con un formato muy particular en la que se destaca fundamentalmente su presentación, la fácil comprensión de su contenido y principalmente por lo amigable con el lector.

Finalmente es de esperar que a partir de la lectura y la internalización de su contenido, se considere a la presente publicación como una herramienta de capacitación y consulta permanente y que a su vez les facilite el proceso de toma de decisión al momento de aplicar dichos productos.

Mario Bogliani
Coord. Proyecto Capacitar en Maquinaria Agrícola

Prólogo

Desde sus inicios como República, nuestro país ha mantenido una fuerte propensión hacia la producción granaria. Durante su evolución se incorporaron nuevas técnicas de cultivo, insumos y maquinaria agrícola que permitieron incrementar la superficie cultivada y en cierta forma los rendimientos. Igual tendencia mantuvo la protección de cultivo adoptando, casi masivamente, el control químico.

Es sabido que en dichas prácticas se identifican claramente tres aspectos fundamentales: el objetivo a controlar, el agroquímico utilizado y los elementos o medios con que se distribuye el plaguicida. Estos se vinculan a través de la técnica de aplicación, en donde su adecuada selección permite lograr el éxito del tratamiento.

Surge entonces la necesidad de emplear la tecnología que resulte apropiada a fin de optimizar la utilización de los recursos disponibles para la producción. En el caso específico de la terapia química, el aumento en la eficiencia de aplicación de los plaguicidas implica reducir las dosis y la cantidad de tratamientos, minimizando los indeseables efectos colaterales. Para alcanzar dicho incremento de eficiencia debe disponerse, de técnicas de aplicación probadas y adaptadas a nuestras condiciones productivas, de operarios y responsables, involucrados en este proceso, con los conocimientos necesarios para alcanzar tal objetivo y de un parque de pulverizadoras que resulte un medio válido para llevar a cabo los tratamientos.

La realización del presente manual tiene como objetivo brindar aquellas pautas básicas involucradas en el proceso de distribución de agroquímicos destinados a la protección de cultivos. Hemos procurado asignarle un formato sencillo de forma tal que su lectura e interpretación resulte agradable para el interesado.

En él se han incluido las partes que componen el circuito de pulverización y sus posibles regulaciones, las características de las diferentes mezclas de productos, como así también apreciaciones desde el punto de vista de la toxicología y pautas de seguridad.

Los invitamos a transitarlo esperando haber cubierto aquellos aspectos relevantes que contribuyen a la mejora constante de la aplicación de agroquímicos.

Ing. Agr. M. Sci. Gerardo Masiá

Coord. Proyecto Tecnología de Aplicación de Agroquímicos

La máquina pulverizadora.....	9
El proceso de la formación de gotas.....	18
Las pastillas de pulverización.....	29
Efectos Negativos De Los Agroquímicos.....	45
Pautas de seguridad y buenas prácticas.....	59
Aguas, mezclas y coadyuvantes.....	70
Agricultura de precisión en pulverizaciones.....	92
ANEXO.	
Guía de uso de los elementos de protección personal.....	107
Fuentes consultadas.....	129
Ilustraciones.....	130
Agradecimientos.....	130

CONTENIDO

Componentes del circuito de pulverización

Una pulverizadora agrícola es una máquina que fue diseñada para fraccionar una masa líquida contenida en un tanque (caldo de pulverización) en millones de gotas, cuyo tamaño varía dentro de un rango deseable, y para ubicar dichas gotas de manera uniforme en un blanco que está definido por la ubicación de la plaga a controlar.

En este trabajo nos limitaremos a describir las máquinas pulverizadoras de botalón para aplicaciones en cultivos extensivos.

Se analizarán a continuación, los dos circuitos básicos más comunes en función del tipo de bomba utilizada: centrífuga o de desplazamiento positivo.

La principal diferencia, veremos más adelante por qué, está dada por la presencia en el circuito con bomba de diafragma, de una segunda válvula de reducción o alivio de presión.

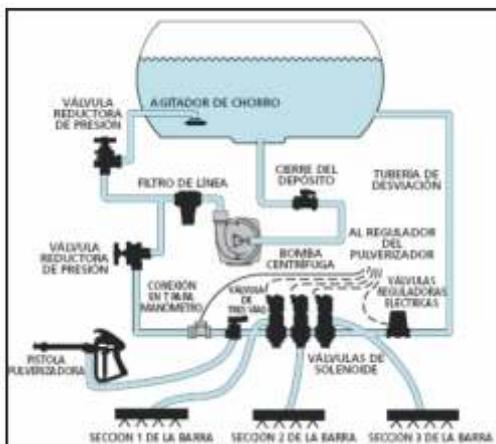


Figura 1: Esquema de un circuito hidráulico con bomba centrífuga.

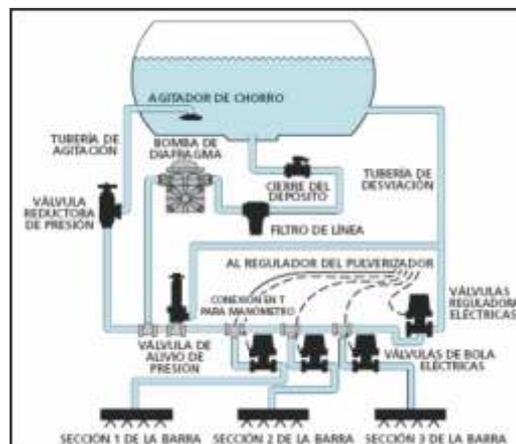


Figura 2: Esquema de un circuito hidráulico con bomba de diafragma.

1) Bombas

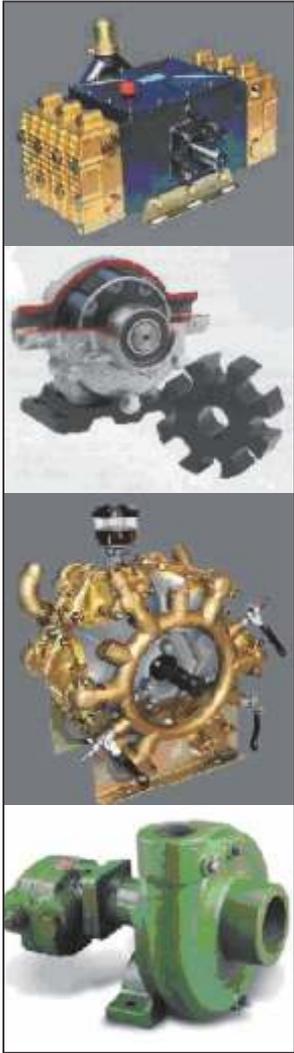


Figura N° 3: Diferentes tipos de bombas: pistones, rodillos, membrana y centrífuga

Pueden ser de dos tipos diferentes: centrífugas o “ de desplazamiento positivo” . Dentro de este segundo grupo, a su vez, pueden ser de pistón, de pistón-membrana (o de membrana) y de rodillos.

La gran diferencia entre los dos grupos está dado por que las centrífugas son bombas que permiten movilizar altos caudales pero dentro de un rango de presión relativamente bajo. Las bombas de desplazamiento positivo, por el contrario, permiten lograr presiones sensiblemente mayores, pero con menores caudales. En este caso el caudal es directamente proporcional al número de vueltas del motor que las acciona.

Los regímenes de giro normales para para bombas centrífugas oscilan entre 5000 y 6000 vueltas/minuto, mientras que para las de desplazamiento positivo estos valores oscilan entre 500 y 600 vueltas/minuto, resultando más convenientes para equipos montados o de arrastre.

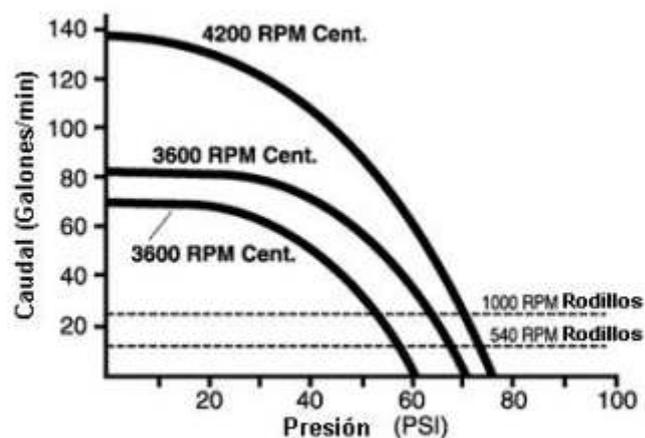


Gráfico 1: Curvas características de los diferentes tipos de bomba.

En el gráfico N° 1 se puede ver claramente como las bombas centrífugas (trazo continuo) alcanzan altos caudales pero a bajas presiones, llegando incluso a no poder movilizar al líquido cuando la presión a vencer es excesiva.

En tanto, las bombas de desplazamiento positivo, dependen del número de vueltas para variar el caudal, pero las presiones, dentro del rango habitual de trabajo, no constituyen un impedimento. Es por ello que, cuando se usa bomba de desplazamiento positivo, se debe usar una segunda válvula de alivio de presión, ya que, de no ser así, en caso de falla de la única válvula de alivio, el sistema “explota” en algún punto del circuito por exceso de presión.

2) El tanque de la pulverizadora

El mismo debe ser de un material resistente, que no se oxide ni reaccione químicamente con los agroquímicos. Lo más comúnmente utilizado es el plástico reforzado en fibra de vidrio (PRF), así como el plástico rotomoldeado. En nuestro país es menos frecuente el acero inoxidable.

No debe tener ángulos marcados para evitar que se adhieran restos de agroquímicos. Tampoco “puntos oscuros” donde el sistema de agitación pierda efectividad.

Debe poseer un indicador del nivel del líquido. En la parte superior se encuentra la tapa de carga, con el filtro “canasta”. En la parte más baja del tanque debe estar la cuba de desagüe.

Cuando se trata de tanques grandes, en el interior poseen “rompeolas”, que son divisiones internas incompletas, para evitar sacudones bruscos originados en el movimiento del líquido.

También en su interior debe haber al menos una boquilla de limpieza y encontrarse el sistema de agitación del caldo de pulverización, que puede ser hidráulico o mecánico.

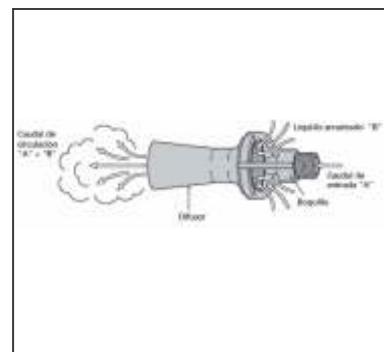
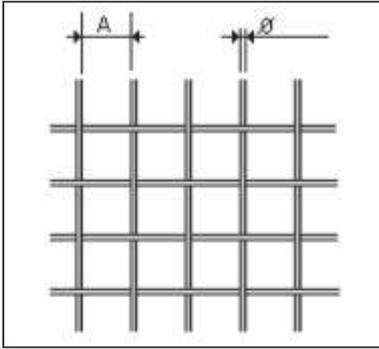


Figura 4: Agitador hidráulico o “educador”



Mesh: cantidad de alambres por pulgada lineal

A: abertura de pasaje

Ø: diámetro del alambre

S: relación porcentual entre la superficie de las aberturas y la superficie total de la malla.

3) Sistema de filtrado

Los filtros son elementos fundamentales. Evitan el paso de impurezas que puedan dañar la bomba, provocar la reducción en la presión de trabajo por taponaduras en el circuito y el tapado de las pastillas. Existen en las máquinas pulverizadoras varios tipos de filtros con mallas de diferentes reticulados de acuerdo a su ubicación. La unidad para identificar a los filtros es el mesh (número de hilos por pulgada lineal).

Filtros de carga ubicados en el extremo de la manguera de donde se succiona el agua para el llenado del depósito. Son de malla grande 50 hilos por pulgada lineal, para retener las partículas más grandes.

Filtro canasta ubicado en la boca de carga del depósito de la máquina. Es de malla grande, 50 hilos por pulgada lineal, al igual que el anterior, para retener las partículas de mayor grosor.

Filtro principal: ubicado antes de la bomba, dimensionado de acuerdo al caudal de la misma. Pueden poseer desde 50 a 80 hilos por pulgada lineal, deben retener las partículas que pueden afectar en normal funcionamiento de la misma. También se los llama "filtros de aspiración".

Filtros de línea: Los equipos modernos están provistos de filtros de línea, que son los ubicados entre la bomba y los picos y montados sobre los caños de alimentación del botellón. Pueden tener desde 80 a 100 hilos por pulgada lineal.

Filtros de pastillas ubicados en el portapico y están destinados a retener cualquier tipo de partículas que podrían tapar el orificio de las pastillas, pueden tener desde 80 a 100 hilos por pulgada lineal. Estos valores van a depender del caudal y del tipo de pastilla.

Además existen los filtros de pastillas con sistema de anti-goteo, en cuyo interior se ubica un resorte que presiona una munición metálica. Cuando la presión de trabajo se encuentra por debajo de 1/2 bar, la munición obtura el orificio de salida del agua. Si la presión es superior, vence la resistencia del resorte y lo envía hacia atrás y permite el paso de agua.

4) Las válvulas

Las válvulas son elementos que permiten abrir o cerrar el paso del líquido, ya sea en forma total o parcial, dentro del circuito hidráulico de la pulverizadora.

Las válvulas pueden ser manuales o eléctricas.

También pueden clasificarse como "de paso", es decir que abren o cierran en forma total determinados sectores del circuito, y como aliviadoras-reguladoras de presión, cuando permiten el paso parcial del líquido, en mayor o menor medida.

También pueden ser "de dos vías", cuando simplemente abren o cierran el paso o "de tres o cuatro vías" cuando no solamente abren o cierran el paso, sino que derivan el líquido hacia diferentes destinos.

Pueden estar ubicadas en forma individual o agrupadas en forma de "manifolds" como es habitual en los juegos de válvulas que regulan la apertura y cierre de los diferentes sectores del botalón.



Figura 7: Manifold de válvulas manuales y eléctricas



Figura 5: Dos tipos de válvulas manuales aliviadoras de presión.



Figura 6: Válvula manual de 2 vías (de paso) y de más vías (derivación)



Figura 8: Manómetro en baño de glicerina para uso en pulverizadoras

5) Manómetros

Los manómetros son instrumentos que permiten conocer la presión del sistema para su correcta regulación.

Se debe buscar que la escala de medición se adapte bien al rango de trabajo habitual en las pulverizadoras.

Los mejores manómetros de aguja son aquellos que funcionan en baño de glicerina.

Los nuevos sistemas de comando electrónico basan su funcionamiento en manómetros digitales de diferentes tipos.

6) Sistemas de comando

Se denomina así al conjunto de elementos de los que dispone el operador para definir los parámetros del trabajo de pulverización. Así, se puede disponer de la apertura y cierre total del sistema, o de cada uno de los sectores del botalón y la presión de trabajo. Los sistemas de comando pueden ser manuales, eléctricos o electrónicos, estos últimos comúnmente denominados "computadoras de pulverización".

Los sistemas manuales son los más económicos, pero tienen el doble inconveniente de que, por un lado, la presión no se puede modificar fácilmente, lo que obliga a trabajar a velocidad constante y, por otro lado, el líquido a pulverizar debe pasar cerca del operador o inclusive dentro de la cabina, para operar cómodamente. Esto implica un riesgo para el operador en caso de roturas.

En los comandos eléctricos ya no es necesario que el circuito hidráulico pase cerca del operario pero, aún cuando la modificación de presión es más sencilla (una tecla), sigue siendo imprescindible trabajar a velocidad constante



Figura 9: Sistemas de comando manuales, eléctricos y electrónicos

En el caso de los comandos electrónicos (comúnmente llamados computadoras), el sistema constantemente modifica la presión de trabajo para mantener uniforme el caudal por hectárea. Para ello cuenta con sensores que permanentemente le informan la velocidad, la presión y el caudal instantáneo. Hoy, prácticamente la totalidad de los equipos autopropulsados utiliza este tipo de comando

7) El botalón

Es la estructura metálica sobre la cual están montadas las conducciones (caños, portapicos), con sus respectivas pastillas.

La misma debe ser paralela al terreno y perpendicular al sentido de avance del equipo. Los botalones pueden tener de longitudes variables desde pocos metros en los equipos montados, hasta 30 metros. Debido a su extensión deben plegarse para permitir el transporte en rutas o para el paso por tranqueras, además los extremos deben tener resortes fusibles o zafes que permitan su plegado en el caso de colisionar contra algún objeto. Para mantener las pastillas a una distancia constante del suelo es necesario que el botalón este equipado con sistemas de compensación de movimiento o estabilidad, que aíslen al mismo de las vibraciones en el plano horizontal y antero-posterior (conocido como efecto latigazo), provocadas durante el trabajo por las irregularidades del terreno. Deben estar provistos además de un dispositivo práctico de accionamiento rápido para la regulación de la altura de trabajo.



Figura 10: Diferentes componentes de un comando manual: caudalímetro, transductor de presión y sensores de velocidad por radar y "a la rueda".

8) Portapicos con sistema antigoteo

Los cuerpos deben estar ubicados en forma equidistante sobre el botalón, siendo su función soportar las pastillas, los filtros individuales y el sistema antigoteo..

Los cuerpos pueden ser simples o múltiples (triples, cuádruples o quíntuples). Además, en la enorme mayoría de los casos, están equipados con un sistema antigoteo, a fin de que la máquina no “chorree” cuando no se está pulverizando.

Los cuerpos múltiples permiten cambiar rápidamente de una pastilla a otra cuando se deben modificar las características de la pulverización.

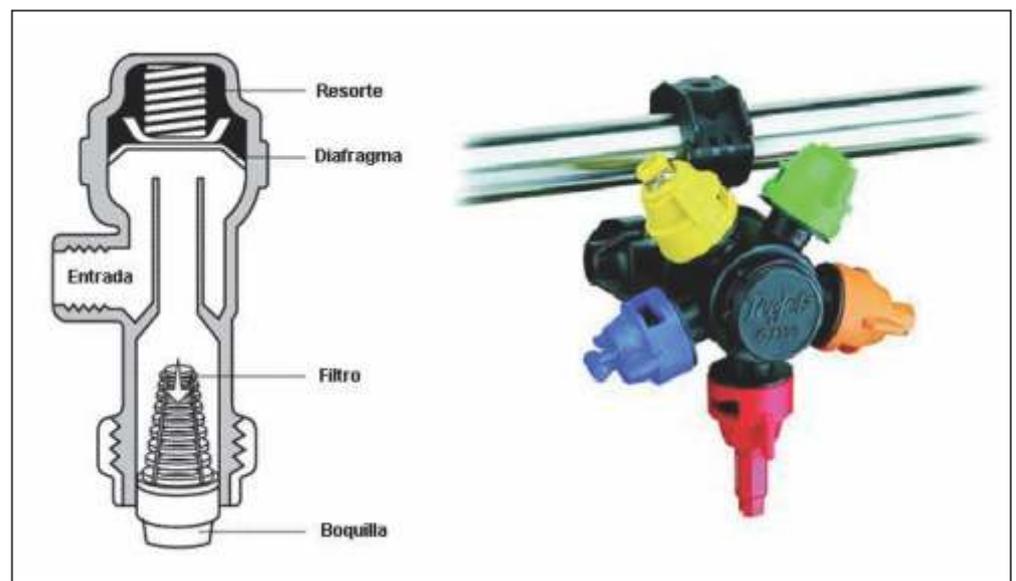


Figura 12: Corte de un cuerpo simple con antigoteo y cuerpo quíntuple con antigoteo

9) Sistemas de demarcación

Son sistemas que permiten definir el ancho de cada una de las pasadas, de manera tal que no existan superposiciones ni zonas sin tratar, es decir los comúnmente llamados “chanchos”.

Los mismos son el marcador de espuma, el banderillero satelital y el guiado automático.

El primero de ellos es un sistema que produce desprendimientos de copos de espuma en el extremo del botalón a fin de que el operario pueda visualizar la línea que define la pasada anterior.

El banderillero satelital utiliza la información recibida desde un GPS con su corrección diferencial. En su concepción más básica, sirve para definir líneas paralelas virtuales que tienen exactamente el ancho de labor de la pulverizadora y sirven como guía para el trabajo. Para ello, desde el lugar en donde se va a comenzar el mismo, en una de las cabeceras, se marca en el sistema un punto “A”. Luego se recorre en línea recta hasta llegar a la otra cabecera, donde se marca el punto “B”. El sistema define toda una serie de líneas paralelas del exacto ancho de labor de la pulverizadora, dato éste que también deberá ser ingresado. El operador deberá, por lo tanto, conducir a la pulverizadora dentro de las líneas definidas.

En el caso del autoguiado satelital, ni siquiera es necesario que el operador siga las líneas definidas, ya que el mismo sistema corrige la dirección de la pulverizadora manteniéndolas dentro de las mismas. En los dos últimos sistemas, dependiendo de la corrección utilizada, pueden lograrse precisiones menores a una pulgada.



Figura 13: Marcador de espuma

El proceso de la formación de gotas

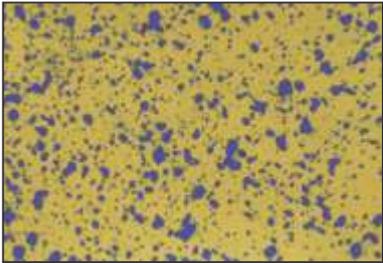


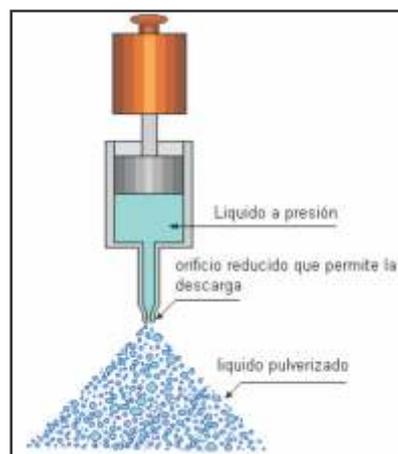
Figura 2: muestra en papel hidrosensible

1) ¿Cómo se producen las gotas de pulverización?

El método más usado para producir la pulverización de un líquido es a través de la energía hidráulica. El mismo somete la circulación de un fluido bajo presión, a atravesar un pequeño orificio calibrado. El chorro es perturbado por la expansión que provoca pasar de la presión del circuito a la presión de medio ambiente, provocando el rompimiento en gotas, relativamente muy pequeñas. Cuanto mayor es la diferencia de presiones, mayor será el grado de rotura (gotas más pequeñas).

El valor de la presión del sistema de pulverización, normalmente varía entre 1 y 7 Bar.

El chorro de líquido pulverizado está formado por gotas, que si bien es deseable que fueran de la misma medida, siempre están comprendidas dentro de una gama de tamaño, denominado espectro de pulverización.



Esta dispersión en el tamaño de las gotas se puede apreciar claramente en el papel hidrosensible de la figura 2.

Figura 1: Esquema del proceso de pulverización

2) Relación tamaño-cobertura

Según puede observarse en las microfotografías tomadas en los procesos de pulverización, las gotas, suspendidas en el aire, tienen una forma bastante aproximada a una esfera, aunque, lógicamente, con las deformaciones producidas por las fuerzas ambientales. Ahora bien, el volumen de una esfera queda determinado por la siguiente fórmula:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

V= Volumen

= 3,1416

r= radio de la esfera

De la fórmula se concluye que, al duplicar el diámetro de una gota, el volumen se multiplica por 8. O, dicho de otra manera, con el mismo volumen de una gota cualquiera, se podría obtener 8 gotas con la mitad de su diámetro.

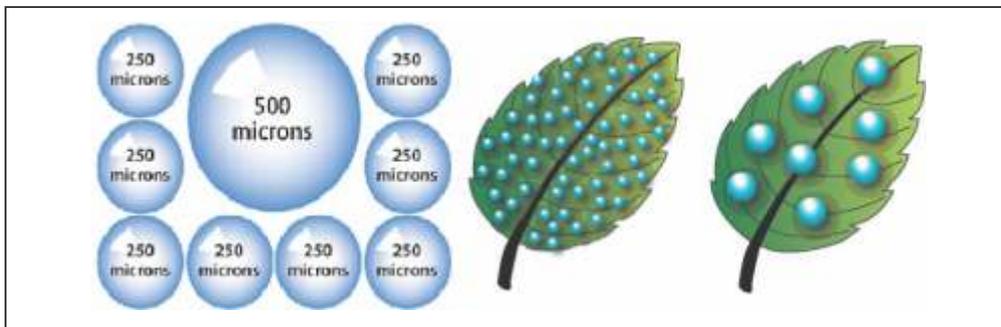


Figura 3: Tamaño de gota y cobertura lograda.

Observando la figura 3 es muy simple percibir cómo con el mismo volumen de una gota de 500 micrones, se pueden lograr 8 gotas de 250 micrones y cómo se incrementa la cobertura cuando llegamos a nuestro objetivo con 8 gotas de 500 micrones o con 64 gotas de 250 manteniendo el mismo volumen de aplicación.

3) Clasificación de las pastillas por el tamaño de las gotas producidas

Si bien existen varios criterios para la clasificación del tamaño de las gotas producidas por un tipo de pastilla, nos guiaremos por la Norma ASAE S-572 (ASAE: American Society of Agricultural Engineers) que figura en el cuadro inferior. Cada pastilla es clasificada dentro de alguno de los seis grupos, según el tamaño de las gotas producidas, para una presión de trabajo y un caudal determinado.

Muy fina	VF	Rojo	< 100 micr.
Fina	F	Anaranjado	100-175 micr.
Media	M	Amarillo	175-250 micr.
Gruesa	C	Azul	250-375 micr.
Muy Gruesa	VC	Verde	375-450 micr.
Extra Gruesa	XC	Blanco	> 450 micr.

Cuadro N° 1: Norma ASAE S-572 para la clasificación del tamaño de las gotas.

4) Efectos de la presión y el caudal de la pastilla sobre el tamaño de las gotas producidas

Ya habíamos mencionado que las gotas eran producidas por la expansión que provoca pasar de la presión del circuito a la presión del medio ambiente. Cuanto mayor es esta diferencia menor será el tamaño de las gotas producidas. Siendo la presión del medio ambiente un valor muy estable en comparación con las presiones que se pueden generar en el circuito hidráulico, podemos afirmar que cuanto mayor sea la presión de trabajo, menores serán las gotas producidas.

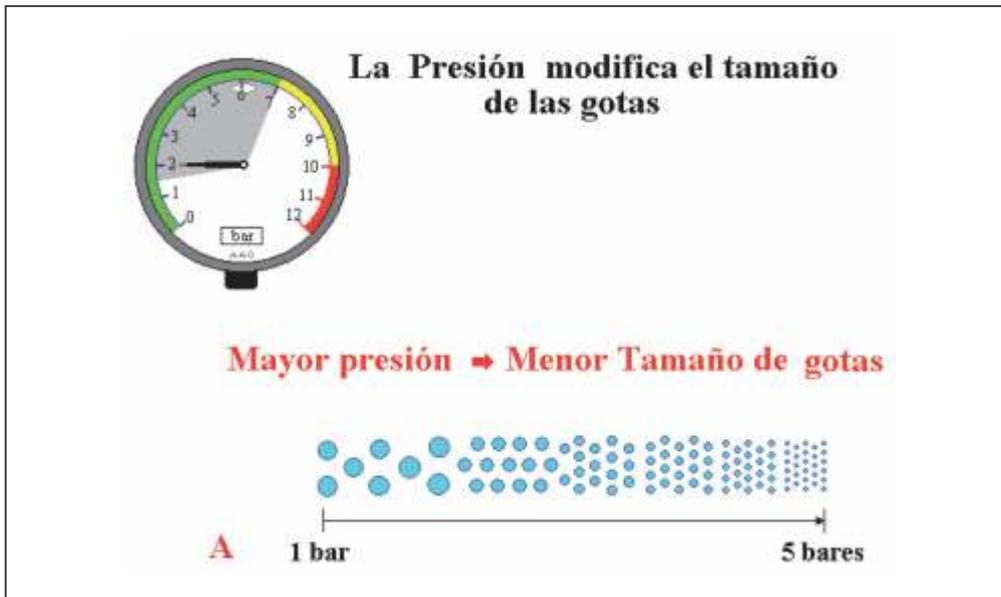


Figura 4: Modificación del diámetro de las gotas según la presión.

Así, teniendo en cuenta la Norma ASAE S-572, se puede generar un cuadro indicando el tamaño de las gotas que produce un tipo de pastilla. Es el caso del cuadro N° 2 correspondiente a las pastillas tipo Turbo 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
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 N° 2: Clasificación por el tamaño de las gotas producidas.

De la observación del cuadro, se pueden sacar claramente dos conclusiones:

- Para un mismo caudal de pastilla, el tamaño de gota disminuye al aumentar la presión. A modo de ejemplo, la TT11004 produce gotas extremadamente gruesas a 1 bar, muy gruesas a 1,5 bares, gruesas entre 2 y 4,5 bares y medias a presiones superiores.
- Para una misma presión de trabajo y el mismo tipo de pastilla, las gotas son más grandes en la medida en que aumenta el caudal de las mismas. A modo de ejemplo, a 4 bares de presión, para pastillas turbo TeeJet, con un caudal de 0,1 galones/minuto se producen gotas finas, entre 0,15 y 0,3 gal/min se producen gotas medias y, para caudales mayores, gotas gruesas

5) Vida útil de las gotas. Influencia de las condiciones ambientales

Desde el mismo momento en que las gotas son producidas y liberadas al medio ambiente, comienza a producirse un proceso de evaporación gradual de agua desde la superficie de las mismas. Esto implica que su tamaño se va reduciendo paulatinamente.

Este proceso puede ser total o parcial. O, para decirlo de otra manera, las gotas pueden desaparecer en el aire por evaporación o, simplemente, disminuir en su tamaño.

Claramente, las condiciones ambientales tienen una fuerte influencia en este proceso, dado que a mayor temperatura y a menor humedad relativa el proceso se acelera.

En el cuadro siguiente se muestra cómo gotas de diferente tamaño son influenciadas por la temperatura y la humedad relativa en lo que se refiere a su tiempo de vida (hasta evaporación) y en cuanto a la distancia recorrida desde su salida, en caída libre vertical, en ausencia de viento y con velocidad inicial igual a cero. Se trata, en todos los casos de estimaciones matemáticas.

	50 μ		100 μ		200 μ	
Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$)	30	20	30	20	30	20
Humedad Relativa (%)	50	80	50	80	50	80
Tiempo de vida (seg.)	3,5	125	15	50	56	200
Distancia recorrida (m)	0,03	013	1,8	6,7	21	81,7

Cuadro N° 3: Gotas en caída libre: vida útil según condiciones ambientales

Puede apreciarse que, para las gotas más chicas, tanto el tiempo de vida como la distancia recorrida son sumamente cortas. Ello implica que, a condiciones de campo, durante una pulverización, esas gotas no llegarán a destino. No son, por lo tanto, gotas aptas para aplicaciones agrícolas.

También debe ser considerado el viento ya que las gotas, a igual tamaño, serán trasladadas a mayor distancia en la medida que la velocidad del viento aumente. Pero, además, las gotas más pequeñas, también serán trasladadas a mayor distancia que las gotas mayores para igual velocidad del viento (proceso de deriva). Este aspecto será analizado más adelante.

Así, si bien es cierto que las gotas pequeñas presentan mejor cobertura en el objetivo, como contrapartida presentan riesgos mucho mayores de evaporación y deriva.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UNA APLICACIÓN	
Modelo de pastilla	8003
Presión	40 psi
DV 0.1	86 μ
DV 0.5	164 μ
DV 0.9	227 μ
Amplitud Relativa	0,86
% del Volumen < 100 μ	17,36%
Nº de gotas /litro	2.285.300.095
Nº de gotas < 100 μ	1.913.999.265
% de gotas < 100 μ	83,75%

Cuadro N° 4: Características técnicas del espectro de pulverización de una pastilla 8003, de rango extendido.

La observación del Cuadro N° 4 marca que esta pastilla produce gotas de un tamaño medio de 164 micrones. Sin embargo, el 83,75 % de las gotas son menores a 100 micrones y, por lo tanto, altamente susceptibles a la deriva y evaporación.

A lo largo del día, las condiciones ambientales varían.

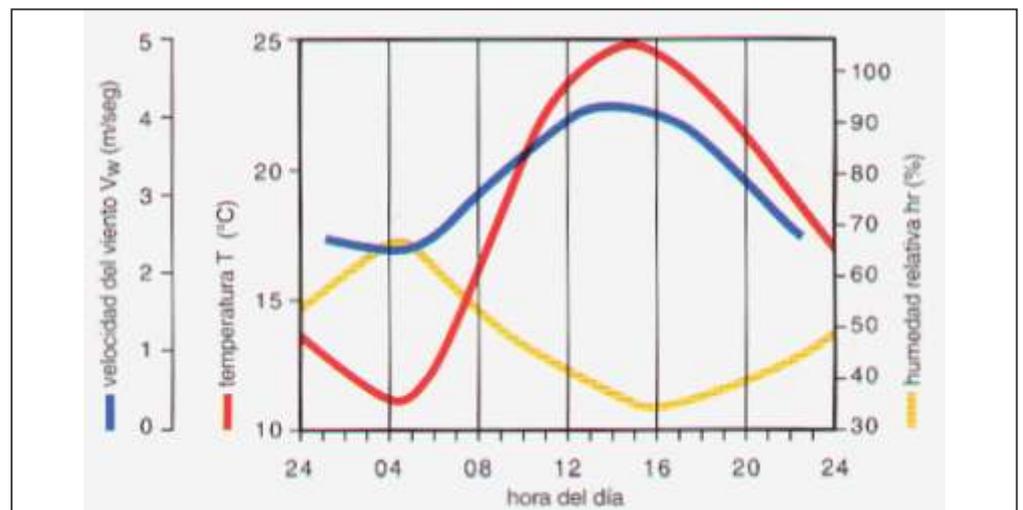


Gráfico N° 3: Variación de las condiciones ambientales a lo largo del día.

En el gráfico N° 4 vemos que en un día “normal”, la temperatura alcanza su pico máximo alrededor de las 14-15 horas para luego ir descendiendo paulatinamente hasta llegar a su pico mínimo hacia las 5-6 horas, para comenzar nuevamente su ascenso hasta su pico de máxima.

Con la humedad relativa sucede exactamente lo contrario. Los picos de máxima temperatura suelen ser los de menor humedad relativa y viceversa. Y es absolutamente lógico que sea así ya que el aire caliente tiene mayor capacidad de “dilución” del vapor de agua que el aire frío.

La mayor intensidad de los vientos suele darse en coincidencia con las mayores temperaturas, ya que es en ese punto cuando se producen las mayores variaciones de presión en diferentes puntos de la atmósfera. Pero, no puede desconocerse que cada zona tiene un régimen de vientos que le es más o menos característico.

Los vientos tienen además la particularidad de no ser uniformes, sino que tienden a producirse por “ráfagas” de intensidad, a veces, bastante variable. Es muy común que, si vamos midiendo con un anemómetro la velocidad del viento, pasemos en el término de segundos de vientos de 2 km/hora a vientos de 15 km/hora y viceversa, con situaciones intermedias. Es importante, por lo tanto, tener en cuenta los picos más altos y guiarse por estos valores en la toma de decisiones de pulverización.

Del análisis de estas curvas se puede deducir que, desde un punto de vista estrictamente climático, “normalmente”, las mejores horas para realizar tareas de aplicación de agroquímicos son las últimas horas de la noche y las primeras de la mañana.

Sin embargo, con cierta frecuencia, en este horario se suelen presentar las denominadas “inversiones térmicas”. Normalmente, las capas cercanas al suelo, por efectos de la acción solar del día anterior, están algo más calientes que las capas superiores. Cuando se produce una inversión térmica, el aire cercano al suelo está frío, existiendo, además, a cierta altura, lo que se denomina una capa cálida de inversión. En estas condiciones las gotas, y muy particularmente las más pequeñas, tienden a quedar suspendidas en el aire sin llegar a su objetivo.

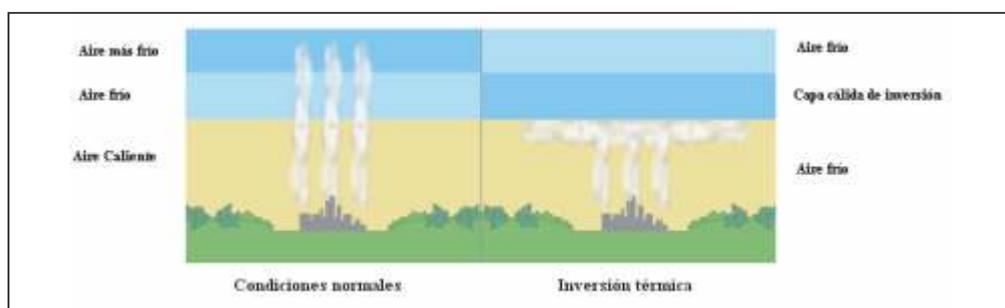


Figura 5: Inversión térmica

6) Coberturas mínimas pretendidas

Por cobertura debe entenderse que es la cantidad de agroquímico depositado en el blanco. Las necesidades de coberturas son variables en función del tipo de producto a aplicar, si es sistémico o actúa por contacto, y por las características del objetivo (tamaño, forma exposición, capacidad de retención, etc.).

Independientemente de ello, la cobertura lograda en el blanco siempre debe ser homogénea, es decir de distribución pareja.

Si bien lo correcto sería cuantificar la cobertura como la cantidad de principio activo por unidad de superficie del blanco, en la práctica, dada la dificultad del criterio anterior, está dada por la cantidad de gotas (o impactos) por centímetro cuadrado. Aún cuando estos impactos puedan ser de muy diversos tamaños.

La FAO definió los siguientes valores mínimos de cobertura.

Tipo de Aplicación	Gotas / cm ²
Insecticidas	20 / 30
Herbicidas de Preemergencia	20 / 30
Herbicidas de Postemergencia	30 / 40
Herbicidas de Contacto	30 / 40
Fungicidas	50 / 70

Cuadro N° 4: Características técnicas del espectro de pulverización de una pastilla 8003, de rango extendido.

Estos valores, insistimos, deben ser considerados como mínimos, siendo deseable obtener mejores coberturas.

7) Relación entre cobertura, tamaño de gota y caudal por hectárea



Gráfico 4: Interrelaciones.

Tal como se pretende mostrar en el gráfico 4, existe una ineludible interrelación entre los tres parámetros mencionados, siendo este un aspecto que debe necesariamente considerarse al momento de analizar los parámetros de pulverización.

A modo de ejemplo, si se pretende disminuir el caudal de campo, sin modificar el tamaño de las gotas, necesariamente el resultado será una menor cobertura. Para aumentar la cobertura es necesario, o bien disminuir el tamaño de las gotas, manteniendo constante el caudal de campo o por el contrario incrementar este último conservando el mismo tamaño de gota.

8) La elección del adecuado tamaño de gotas

En función de lo visto en este capítulo queda muy claro que se logran mucho mejores coberturas utilizando gotas pequeñas. Como contrapartida, cuando utilizamos gotas pequeñas existen mayores riesgos de pérdida por deriva y evaporación.



Figura 7: El balance Cobertura/Pérdidas

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

Las pastillas de pulverización

1) Introducción

Las pastillas de pulverización son las piezas que, dentro del circuito hidráulico de pulverización, poseen el orificio calibrado de salida del líquido.

Son, sin lugar a dudas, la parte más importante de toda la pulverizadora. El mejor equipo, el más completo o el más moderno, será absolutamente ineficaz si sus pastillas no se encuentran en buen estado o no se utilizan criteriosamente.

Las pastillas cumplen tres funciones primordiales. Ellas son:

- Determinar el caudal arrojado por hectárea (cantidad).
- Producir gotas de un tamaño determinado (calidad).
- Proporcionar una adecuada distribución del líquido en toda la superficie bajo tratamiento (uniformidad).

Se procurará describir las características de las pastillas más comunes existentes en el mercado de nuestro país

2) Patrones de distribución

Se denomina así a la distribución característica de las gotas al salir de la pastilla

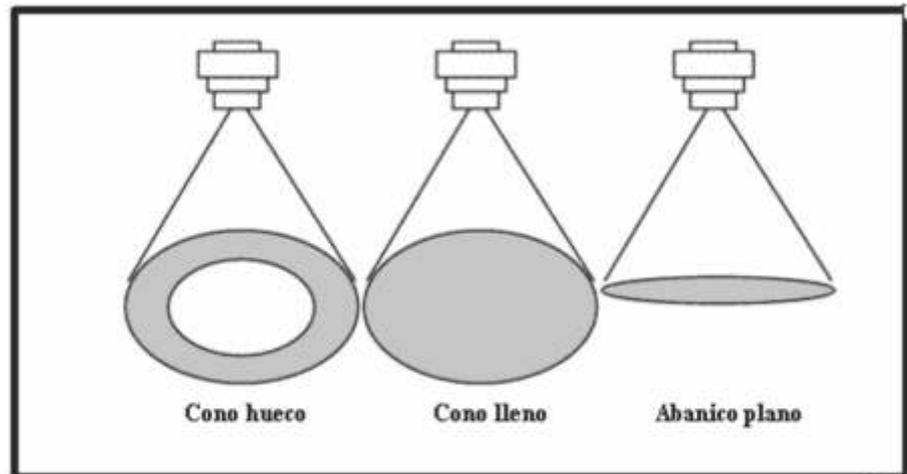


Figura 1: Patrones de distribución

Existen solamente tres tipos de patrones de distribución, tal como puede verse en la figura 1: Cono hueco, cono lleno y abanico plano.

Dentro de estos tres tipos es la de abanico plano la que presenta mayor cantidad de pastillas diferentes y mayor rango de variación en el tamaño de las gotas producidas, fruto de las diferentes tecnologías de fabricación.

3) Características generales de las pastillas

3.1.) Materiales

Las primeras pastillas de pulverización que se fabricaron fueron de bronce, o, como suele encontrarse consignado en los diferentes catálogos, de latón. Pero posteriormente, con el avance de la tecnología, se fueron elaborando de diversos polímeros plásticos que, además de ser más duraderos que el bronce, son más económicos.

Hoy, salvo casos muy especiales, ya no se fabrican pastillas de bronce.

Sin embargo, existen otros materiales, como el acero inoxidable y la cerámica, que brindan mayor duración que los polímeros. Por lo tanto, si bien el cuerpo sigue siendo de polímeros, se fabrican pastillas que poseen insertos de este material. Fabricarlas en su totalidad en acero inoxidable o cerámica sería muy oneroso. Además, este último material, es muy poco resistente a los golpes y se quiebra fácilmente, por lo que el cuerpo de polímero funciona, además, como un estuche protector.

3.2.) Código de colores según el caudal

De acuerdo a la Norma ISO N° 10625, el caudal de las pastillas queda identificado por el siguiente código de colores.

Código de color	Caudal (gal/min)
Violeta claro	0,5
Verde oliva	0,67
Naranja	0,1
Verde	0,15
Amarillo	0,2
Violeta	0,25
Azul	0,3
Rojo	0,4
Marrón	0,5
Gris	0,6
Blanco	0,8
Negro	1,0

Cuadro N° 1: Código de colores Norma ISO 10625

Como puede apreciarse en el cuadro 1, los caudales están expresados en galones por minuto, dado que el código se originó en Estados Unidos. Debe tenerse en cuenta que un galón equivale a 3,78541 litros. En la práctica a campo, a fin de simplificar cálculos, se “redondea” un galón en 4 litros y, por lo tanto, cada décima de galón en 0,4 litros. Debe tenerse en cuenta que los mencionados caudales normalizados son obtenidos a 3 Bar de presión.

3.3.) Efectos de la presión en el circuito sobre el líquido pulverizado por las pastillas

Ya hemos visto anteriormente que al aumentar la presión en el circuito, las gotas se hacen más pequeñas y viceversa. Pero hay, además, otros dos efectos: sobre el caudal y sobre la distribución.

Al modificarse la presión varía el caudal de una pastilla de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}}$$

Donde V1 es el caudal de una pastilla a una presión P1 dada y V2 y P2 el caudal y la presión resultantes de una modificación.

Ejemplo: Si una pastilla dada, a 2 bares de presión (P1) tiene un caudal de 0,48 litros (V1), ¿qué caudal tendrá a 4 bares de presión (P2)?. Haciendo los cálculos correspondientes llegamos a la conclusión de que el nuevo caudal será de 0,68 litros por minuto (V2).

La misma fórmula permite calcular en cuánto se debe variar la presión para llegar a un caudal deseado. Surge entonces que la presión NO es directamente proporcional al caudal ya que para duplicar este, hay que multiplicar por 4 la presión, cosa que habitualmente no es posible lograr ya que las pastillas salen de su rango de trabajo adecuado, en lo que a presión se refiere y, además, porque la presión suele ser excesiva para los componentes del circuito hidráulico.

Otro efecto a considerar sobre pastillas de abanico plano es que al aumentar la presión aumenta el ángulo de pulverización y viceversa, tal como consta en la figura 2.

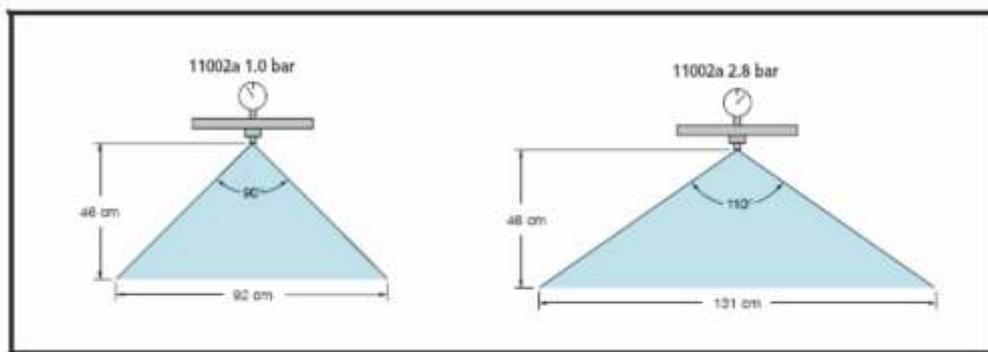


Figura 2: Efectos de la presión sobre el ángulo de pulverización en pastillas de abanico plano

4) Pastillas de abanico plano

Cada pastilla de abanico plano tiene una distribución del tipo normal, tal como puede apreciarse en la figura 3, en el sector izquierdo. Es decir que, para cada pastilla, se produce una mayor concentración de líquido en la parte central, disminuyendo luego en forma más o menos homogénea hacia ambos laterales.

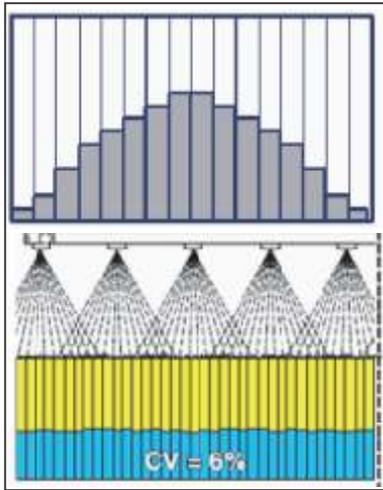


Figura 3: distribución de abanico plano individual y con superposición de las pastillas vecinas

La distribución es más amplia en la medida en que se incrementa el ángulo de las pastillas.

Sin embargo, al superponerse parcialmente los abanicos de las pastillas vecinas, el caudal debe ser homogéneo a lo largo del botalón, como puede verse en la figura 3 sector derecho.

Las pastillas deben ubicarse sobre el botalón en forma tal que, dependiendo de la altura de trabajo, haya una superposición de al menos el 30 % entre pastilla y pastilla. Esto sirve para uniformizar la distribución del líquido pulverizado, tal como puede verse en la figura 3. A su vez, las pastillas deben tener un ángulo cercano al 15 % en relación a eje del botalón a fin de evitar que los abanicos planos vecinos “choquen” entre sí, produciendo fallas en la distribución.

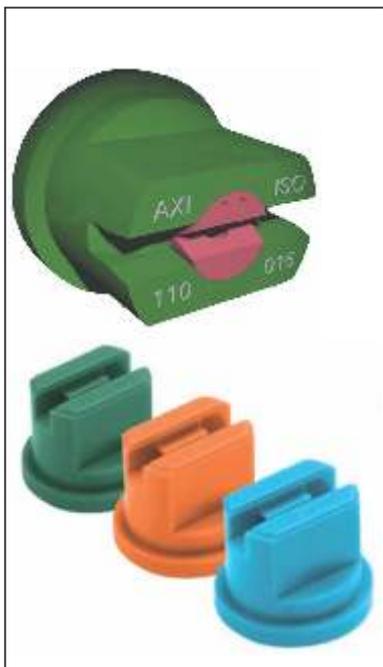


Figura 4. Pastillas de abanico plano común o “standard”.

4.1.) Pastillas de abanico plano común o “standard”

Es la pastilla más antigua de las que se comercializan actualmente, y, también la más económica de todas. Se fabrica con ángulos de pulverización de 80 y 110 ° y totalmente en polímero o con insertos de acero inoxidable o de cerámica

Su rango de trabajo varía desde los 2 hasta los 4 bares y, según caudales y presiones, produce desde gotas muy finas hasta medias, según caudal y presión de trabajo.

4.2.) Pastillas de abanico plano de rango extendido

Si bien son muy parecidas en su aspecto a las pastillas de abanico plano standard, tienen dos características de diseño que las diferencian marcadamente:

- Su rango de trabajo varía desde 1 hasta 4 bares (Hoy algunas de ellas pueden llegar a 5 bares). Esto permitió que fuera la primera pastilla que podía duplicar su caudal aumentando la presión y mantener el ángulo de pulverización a 1 Bar.
- Este rango extendido, permitiría usar a la pastilla como "multifunción", ya que a bajas presiones produce gotas medias y a presiones más altas produce gotas más pequeñas.

4.3.) Pastillas antideriva (de primera generación)

Es el primer tipo de pastilla antideriva que fue desarrollado. La gran diferencia existente con una pastilla estándar o una de rango extendido es la presencia de una pequeña precámara anterior al orificio de salida en la cual las gotas más pequeñas se unen entre sí, con lo cual el porcentaje de gotas derivables disminuye. El resultado es una pastilla que produce gotas de un tamaño algo mayor que las anteriores. La tapa de la precámara mencionada es extraíble a los efectos de poder limpiar la pastilla si se necesitara.

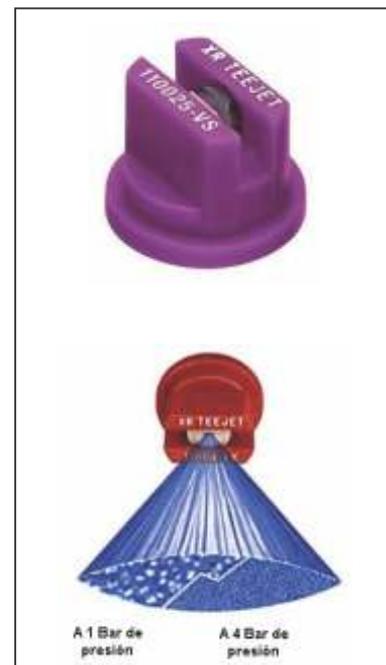


Figura 5. Pastillas de abanico plano de rango extendido.



Figura 6. Pastillas antideriva (de primera generación).



Figura 7. Pastillas tipo espejo.

4.4.) Pastillas tipo espejo

En este tipo de pastillas el concepto de funcionamiento es que el líquido salga del orificio calibrado en forma de un “chorro” que golpea sobre una superficie más o menos cóncava, lo que produce el efecto de distribución del líquido. De una manera algo burda se las puede comparar a cuando colocamos una cucharita debajo del chorro de una canilla, lo que produce que el líquido se distribuya. Existen muchos modelos de este tipo de pastillas. Todos ellos producen gotas de gruesas a muy gruesas, por lo que su grado de cobertura es bajo. En la medida en que se incrementa la presión, el ángulo de pulverización aumenta notablemente, llegando, en algunos casos a superar los 140° . Por este motivo se las suele denominar “gran angulares”



Figura 8. Pastillas Turbo TeeJet.

4.5.) Pastillas Turbo TeeJet

Se trata de una pastilla diseñada para producir gotas mayores que las de los otros tipos descritos hasta ahora. El diseño es, en realidad una combinación de las “Baja Deriva”, ya que posee una suerte de precámara, aunque sin tapa, y las tipo “Espejo” que veremos más adelante.

Su rango de trabajo adecuado es de 1 a 6 bares, lo que brinda una gran versatilidad en cuanto a la posibilidad de variar los caudales. Una contra de estas pastillas es que, si no son cuidadas adecuadamente, son muy difíciles de destapar en caso de obturaciones. Ello implica cuidados especiales al trabajar con polvos mojables. También es posible encontrar la misma con inducción de aire.

4.6.) Pastillas con inducción de aire

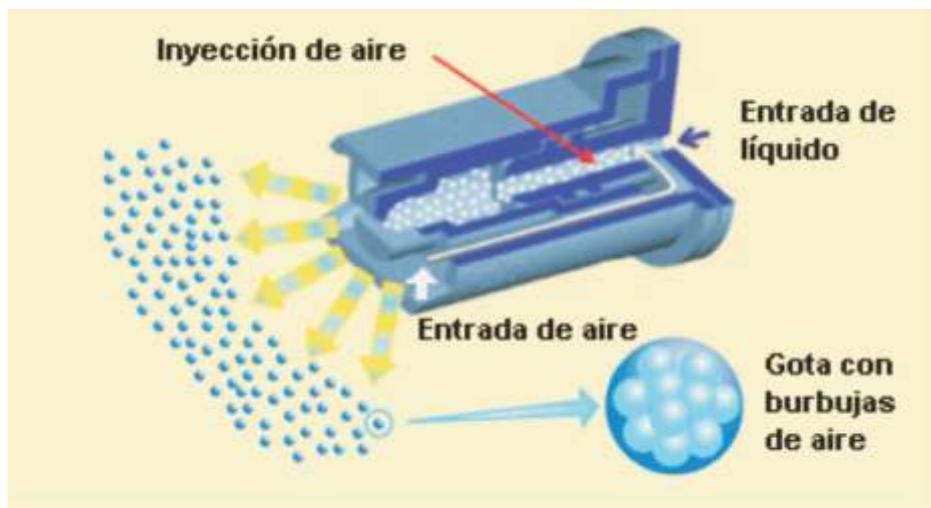


Figura 9. Pastillas con inducción de aire

Como se esquematiza en la figura 9, este tipo de pastillas, posee un sector estrechado en el tubo por donde fluye el líquido. Conectados a ese sector hay dos orificios que conectan con el aire exterior.

Este sistema, a causa del denominado “efecto Venturi” hace que se succione aire del exterior, proceso que se hace más notable cuanto mayor sea la velocidad del líquido, factor que depende de la presión de trabajo. Es por ello que funcionan mejor a presiones relativamente altas (de 4 bares o más)

El resultado final es que las gotas producidas contienen pequeñas burbujas de aire en su interior, lo que hace aumentar su tamaño. Son pastillas concebidas para funcionar como “antiderivantes” altamente efectivas, ya que producen gotas desde gruesas hasta muy gruesas. Otra de sus características es el muy amplio rango de presiones de trabajo que se extiende desde los 2 hasta los 8 bares.

Una ventaja adicional es que, al llegar al objetivo, a causa de la liberación del aire contenido en su interior, las gotas “estallan”, produciendo varias gotas de menor tamaño, con lo que se incrementa la cobertura.

4.7.) Pastillas de doble abanico o "Twin"

Con este tipo de pastillas se busca lograr una mayor penetración en cultivos densos, ya que al haber un doble abanico, uno delantero y otro trasero, el líquido penetra mejor por los espacios ubicados entre las hojas.

Normalmente el ángulo definido entre los dos abanicos es de 60° . Sin embargo, los abanicos propiamente dichos pueden tener ángulos de 80° , 110° o, eventualmente, alguna otra medida.

Debe entenderse como caudal el de los dos abanicos sumados, es decir que, en una pastilla de doble abanico de caudal 0,3 gal/min, cada uno de los abanicos produce 0,15 gal/min.

El tamaño de gota es menor que el de las pastillas equivalentes de abanico simple. Pero ello se debe solamente a que el caudal está dividido en dos abanicos y que, tal como vimos anteriormente, el tamaño de gota aumenta con el caudal para un mismo tipo de pastillas.

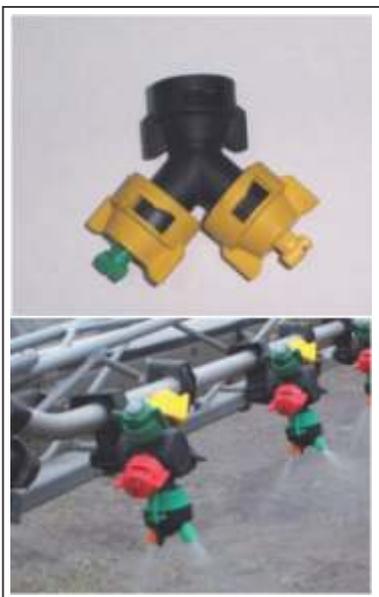


Figura 11. Picos y tapas doble semejante al efecto de las pastillas Twin.



Figura 10. Pastillas de doble abanico o "Twin".

El mismo efecto del doble abanico se puede lograr con las denominadas Twin Cup, o tapas dobles y con adminículos en forma de Y invertida como se aprecia en la figura 11.

4.8.) Pastillas de doble abanico e inducción de aire

Producen un doble abanico, para mejorar la penetración, pero de gotas gruesas aunque menores que las de las pastillas de aire inducido de simple abanico plano. Es decir que presentan una situación intermedia entre estos dos diseños de pastillas de pulverización.



Figura 12. Pastillas de doble abanico e inducción de aire.

5) Pastillas de Cono Hueco

Este es el tipo de pastilla que produce las gotas más finas. Se utilizan, por lo tanto, cuando se requiere una excelente cobertura, como es el caso típico de aplicación de fungicidas.

Debe tenerse en cuenta que, así como brindan la mejor cobertura, el riesgo de arrastre por viento es sumamente alto, al extremo de que, bajo condiciones ambientales adversas, su uso puede estar seriamente condicionado, obligando a realizar los trabajos durante la noche o a las primeras horas de la mañana, es decir, con menor temperatura y mayor humedad relativa.



Figura 13. Pastillas de cono hueco.

Dado que el objetivo de estas pastillas es la formación de gotas finas, su rango de trabajo, normalmente desde 5 a 20 bares, permite alcanzar presiones mucho más elevadas que otras pastillas. En este aspecto, la limitante es la presión máxima que puedan tolerar los otros componentes del equipo pulverizador (filtros, válvulas, cuerpos, etc.) Este tipo de patrón de distribución puede lograrse, también, mediante el uso combinado de los denominados discos dosificadores y núcleos de turbulencia.



Figura 14. Pastillas de cono hueco conformadas por disco y núcleo independientes.

El núcleo de turbulencia posee unas ranuras laterales que hacen que el líquido de pulverización tome un movimiento rotativo. Estos núcleos, según el modelo, pueden tener de una a cuatro ranuras. Posteriormente, el disco simplemente dosifica el caudal.

Pero debe tenerse claro el concepto de que el caudal surge de la interacción de cada disco con cada núcleo de turbulencia.

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 gran desventaja es que su instalación en los cuerpos de pulverización es sensiblemente más engorrosa.

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. Es posible encontrar versiones con asistencia de aire.

6) Pastillas de Cono Lleno

Se trata de pastillas que producen gotas gruesas a muy gruesas. Trabajan normalmente a bajas presiones, de 1 a 3 bares.

Dado su amplio ángulo de pulverización las pastillas se pueden colocar a mayor distancia sobre el botalón (hasta 100 ó 110 cm), colocando el botalón a mayor altura.



Figura 16. Pastillas de cono lleno.

Además, existe otra posibilidad de conseguir un patrón de distribución de cono lleno, utilizando la combinación de ciertos núcleos de turbulencia con el disco dosificador. En este caso se producen gotas pequeñas.



Figura 15. Pastillas de cono hueco con asistencia de aire.

7) El desgaste en las pastillas de pulverización

Una de las consultas más frecuentes en relación con las pastillas de pulverización se refiere al periodo de recambio de las mismas. Lamentablemente no es posible dar una respuesta concreta ya que este periodo depende del tipo de pastillas utilizadas, del material de las mismas, de los agroquímicos que se aplicaron y de las condiciones de trabajo. Como pauta general se acepta que, cuando una pastilla arroja un caudal superior al 10% al valor del catálogo del fabricante, es porque el grado de desgaste no solo modifica su caudal sino también su distribución y por lo tanto debe reemplazarse.

Asimismo, los fabricantes sugieren que, si dos o más pastillas están desgastadas, se deberá cambiar la totalidad de las pastillas del botalón.

El gráfico 1, fruto de un ensayo llevado a cabo en el I.I.R. muestra el desgaste comparativo entre pastillas de diferentes materiales (para ello se utilizó agua con un abrasivo). Se puede apreciar que las de mayor duración fueron las pastillas con inserto de cerámica, y las que se desgastaron más rápido fueron las de bronce o latón. Las de polímero y las de acero inoxidable tuvieron un comportamiento intermedio.

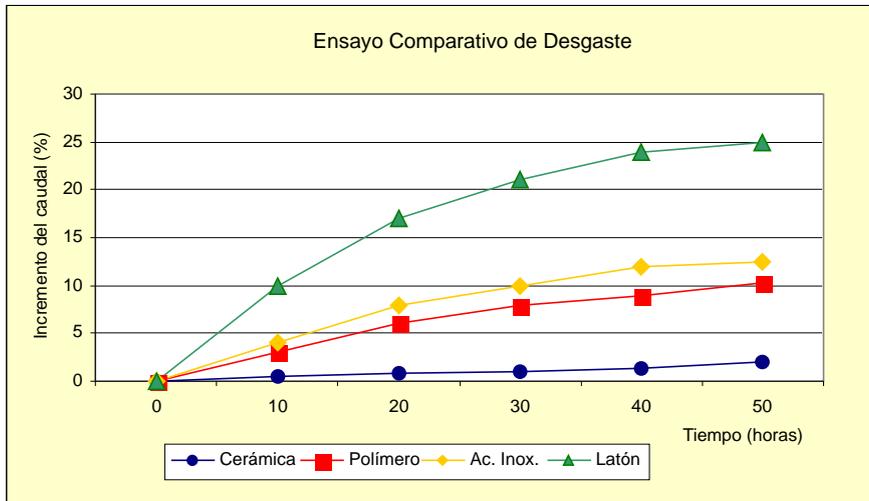


Gráfico N° 1: Ensayo comparativo de desgaste para diversos materiales

En función de los costos, si nos atenemos a los resultados de este ensayo, si bien las pastillas con inserto de cerámica son las más caras, a largo plazo resultan ser las más económicas. Las más caras en función de su costo-duración son las de bronce. Y comparando polímero vs. acero inoxidable, en función de comportamientos similares, las primeras resultan sensiblemente más económicas.

Pero el desgaste influye no solamente en el caudal de las pastillas, sino también en su distribución, tal como se ve en la figura 17.

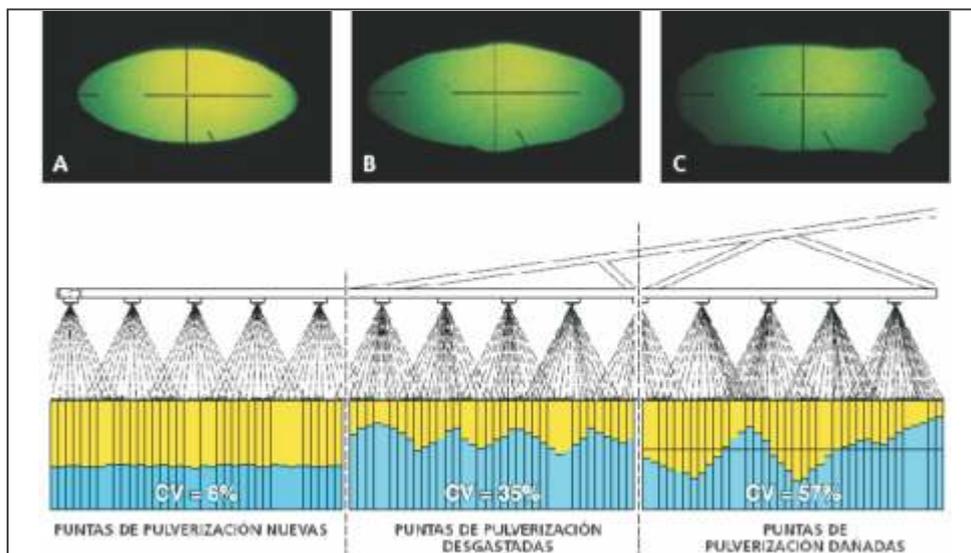


Figura 17: Efectos del desgaste de las pastillas sobre el caudal y la distribución.

8) Fórmula básica de calibración de las pulverizadoras

$$\text{VOLUMEN DE APLICACIÓN (L/ha)} = \frac{\text{CAUDAL DE UN PICO (L/min)} \times 600}{\text{VELOCIDAD (km/h)} \times \text{ESPACIAMIENTO ENTRE PICOS (m)}}$$

Dado que el volumen de aplicación es una decisión que se toma "a priori" de la aplicación, que el espacio entre picos es un valor constante para una pulverizadora dada y que la velocidad de trabajo es una decisión de manejo, normalmente la incógnita es el caudal de cada uno de los picos. O sea, mediante un pasaje de términos obtenemos:

$$\text{CAUDAL DE UN PICO (L/min)} = \frac{\text{VOLUMEN DE APLICACIÓN (L/ha)} \times \text{ESPACIAMIENTO ENTRE PICOS (m)} \times \text{VELOCIDAD (km/h)}}{600}$$

Una vez definido el caudal de las pastillas, en función del tipo de aplicación a realizar y de una evaluación responsable de las condiciones atmosféricas, debemos elegir el tipo de pastilla y la presión de trabajo que se ajuste a nuestras necesidades según el tamaño de gotas deseado. Una vez determinado el caudal que más se acerca a nuestras necesidades en el catálogo correspondiente, se podrá hacer, si hiciera falta, el último ajuste del caudal en base a la ya mencionada fórmula que relaciona presión y caudales (figura 18).

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}}$$

Figura 18. Relación presión caudal.

Efectos negativos de los agroquímicos

1) Introducción

El uso de los agroquímicos está absolutamente incorporado en la agricultura actual y constituye uno de los pilares fundamentales de su eficiencia. Detrás de cada uno de los alimentos que consumimos, quizás con la única excepción de los peces y de algunos pocos animales capturados en su ámbito natural, hubo, en alguna etapa de su producción, agroquímicos que eficientizaron este proceso productivo. Y esto no se circunscribe solamente a los alimentos de origen vegetal, sino también a los de origen animal como las carnes y los lácteos.

Solamente los productos denominados “orgánicos” escapan a esta regla. Pero su producción es sensiblemente más cara y solamente es consumida por una muy pequeña parte de la población mundial, normalmente dentro del sector de mayores recursos económicos.

Pero, como sucede en la enorme mayoría de las actividades llevadas a cabo por el hombre, ya sea por desconocimiento o por falta de responsabilidad, el uso de agroquímicos puede generar una serie de efectos negativos sobre la salud de las personas y sobre el medio ambiente.

Procuraremos detallarlos y explicarlos brevemente a continuación.

2) Los Agroquímicos y la salud de las personas

- Los agroquímicos son sustancias químicas que son desarrolladas para eliminar o, al menos, afectar a determinadas plagas. Pero, muchas veces esas plagas tienen procesos químico- biológicos similares a los de los seres humanos, motivo por el cual también nos pueden afectar. Mediante un manejo adecuado podemos, y debemos, evitar el contacto con los pesticidas.
- Los agroquímicos de características químicas similares suelen causar daños también similares. En mayor o menor intensidad, la sintomatología es muy parecida.
- Algunos agroquímicos son extremadamente tóxicos; bastan muy pequeñas cantidades para causarnos daño. Otros no lo son tanto, pero una exposición prolongada también es riesgosa.

a) Toxicidad, exposición y riesgo

La toxicidad es la capacidad o la propiedad de una sustancia dada de causar efectos adversos sobre la salud de un organismo. En este caso el de los seres humanos. Una dosis tóxica es la cantidad determinada de una sustancia que podría esperarse que, en condiciones específicas, ocasionara daños a un organismo vivo determinado.

La mejor manera, cuando no la única, de evitar la toxicidad, es evitar el contacto con la sustancia tóxica. Es decir evitar la exposición.



Fig 1: Símbolo de toxicidad

Es decir que:

Riesgo = Toxicidad x Exposición.

· De la expresión anterior surge claramente que hay dos maneras de evitar el riesgo toxicológico de los agroquímicos: evitando la exposición a los mismos o utilizando productos menos tóxicos.

b) Vías de penetración

Para evitar la exposición se hace necesario conocer cuáles son las 4 posibles vías de entrada de los agroquímicos al organismo humano.

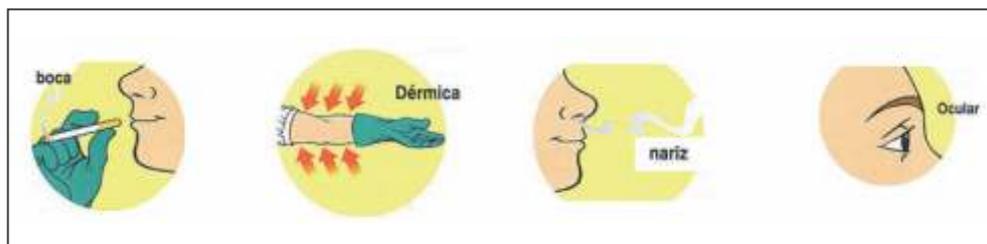


Fig. 2: las 4 vías de entrada de los agroquímicos al organismo humano.

Los motivos más frecuentes de ingreso por vía oral son:

- No lavarse las manos antes de comer, beber o fumar, al estar trabajando con agroquímicos.
- Confundir pesticidas con bebidas o comidas.
- Aplicar accidentalmente (o desaprensivamente) pesticidas sobre los alimentos.
- Mojarse accidentalmente o por descuido, cara y boca.
- Suicidios o intentos de suicidio.

Los motivos más frecuentes de ingreso por vía dérmica son:

- No lavarse manos y cara luego de aplicar pesticidas.
- Mojado directo de pesticidas en la piel.
- Usando ropa contaminada, incluso guantes y botas.
- Aplicando en días muy ventosos.
- Usando equipos de protección inadecuados.
- Ingresando a las superficies tratadas sin equipo de protección.

Los motivos más frecuentes de ingreso por vía respiratoria son:

- Contacto prolongado con pesticidas en lugares cerrados o mal ventilados.
- Aspirar vapores de fumigantes u otros pesticidas.
- Aspirar polvos o nieblas sin el adecuado equipo de protección.
- Aspirar vapores en un lugar tratado, por reingreso al mismo o, eventualmente, por deriva.
- Usar respiradores que calzan mal, máscaras inadecuadas o filtros inadecuados o saturados.

Finalmente, los motivos más frecuentes de ingreso por vía ocular son:

- Por rociado en los ojos.
- Días ventosos sin protección ocular.
Frotándose con guantes o manos contaminadas.
Polvos en los ojos.

De todas estas formas de ingreso de los organismos al cuerpo humano, en condiciones de cultivos extensivos, la más común es la vía dérmica. Las manos, los brazos, la cara y las piernas son, normalmente las partes más expuestas.

Por otra parte, la absorción del agroquímico será más rápida cuanto más irrigada esté la zona por vasos sanguíneos. En este sentido se destacan, en orden decreciente: genitales, zona auditiva, frente, cuero cabelludo y abdomen.

c) Clases toxicológicas de los agroquímicos y riesgo asociado

Clasificación de la OMS según sus riesgos	Formulación Líquida DL 50 Aguda		Formulación Sólida DL 50 Aguda	
	ORAL	DERMAL	ORAL	DERMAL
Clase Ia Producto Sumamente Peligroso	Menor a 20	Menor a 40	Menor a 5	Menor a 10
Clase Ib Producto Muy Peligroso	20 a 200	40 a 400	5 a 50	10 a 100
Clase II Producto Moderadamente Peligroso	200 a 2000	400 a 4000	50 a 500	100 a 1000
Poco Peligroso	2000 a 3000	Mayor a 4000	500 a 2000	Mayor a 1000
Productos que normalmente no ofrecen peligro	Mayor a 3000		Mayor a 2000	

Cuadro N° 1: Clases toxicológicas de los agroquímicos según OMS

En el cuadro N° 1 se puede apreciar la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre el grado toxicológico de los diferentes agroquímicos. El mismo toma como base a la DL 50 (Dosis Letal del 50%), que es la cantidad de producto que, por vía de ingestión, dérmica o por inhalación, según el caso, causa una mortandad del 50% en una población de laboratorio objeto del estudio, normalmente ratas. Cuanto menor es la DL50 mayor será la toxicidad del producto.

Estos estudios permiten inferir el riesgo sobre seres humanos y son la base de la clasificación toxicológica de los agroquímicos. Como se puede ver en el cuadro, los productos normalmente denominados “de banda roja”, son muchísimo más tóxicos que los de “banda verde”. Por lo tanto, ante la posibilidad de optar, se debe elegir siempre al producto menos tóxico, aún cuando no sea el más conveniente desde el punto de vista económico.

d) Efectos sobre la salud

Los mismos pueden ser de tipo agudo, retardados o alérgicos.

Los de tipo agudo son aquellos en los que los síntomas se presentan dentro de un periodo muy breve, normalmente menor a un día, luego de haber tenido contacto con el agroquímico.

Los retardados, por el contrario, requieren de un largo proceso de acumulación, y los síntomas pueden presentarse hasta varios años después de los primeros contactos con los agroquímicos. Incluso puede suceder que se presenten incluso luego de un periodo en el cual la persona ha dejado de tener contacto con los mismos.

En los procesos alérgicos se va generando, en el transcurso del tiempo, durante la denominada etapa de "sensibilización", una serie de sustancias químicas que reaccionarán luego ante la presencia del "sensibilizador" o agente alérgico (agroquímicos). O sea que en una primera etapa, la sensibilización, no hay reacción de ningún tipo. Luego, en una segunda etapa, aparecerán los síntomas cuando la persona entre en contacto con el agroquímico.

Los síntomas agudos pueden ser:

- Orales: náuseas, mareo, dolor de estómago o de pecho, vómitos, desvanecimientos, debilidad, dificultad para tragar o alimentarse, pasaje a la sangre y efecto según cada pesticida.
- Dérmicos: prurito, irritación, pústulas, decoloración de la piel, pasaje a la sangre

- Por inhalación: dificultades respiratorias de diferente grado, pasaje a la sangre.
- Oculares: Irritación, pérdida total o parcial de la vista, pasaje a la sangre.

Cuando se menciona pasaje a la sangre, se debe entender que cada agroquímico actuará en forma tóxica en el organismo de acuerdo con sus características particulares.

Los síntomas retardados pueden ser:

- Crónicos: oncogénicos (tumores), carcinogénicos (cáncer maligno), mutagénicos (cambios en genes).
- Sobre el desarrollo fetal: teratogénicos, abortos espontáneos, bebés nacidos muertos
- Sobre la reproducción: infertilidad o esterilidad, impotencia total o parcial.
- Sistémicos: Sanguíneos (anemias, baja coagulación), neurotóxicos (parálisis, excitación nerviosa, temblores, ceguera, daños cerebrales, cambios actitudinales), epiteliales (irritaciones, pústulas, etc), respiratorios (asma, enfisema) y hepáticos (ictericia, insuficiencia renal).

e) Primeros auxilios

Los primeros auxilios son las medidas que deben adoptarse antes de la llegada de la atención médica.

En primera instancia se debe observar que la víctima se encuentre respirando. Si no es así aplicar inmediatamente respiración artificial, de ser necesario.

También se debe constatar que no se encuentre en contacto con la fuente de intoxicación. Por otra parte, también la persona a cargo de los primeros auxilios debe evitar el contacto con dicha fuente.

Observar atentamente la etiqueta para ver si se dan normas específicas para los primeros auxilios. Si es así, seguirlas al pie de la letra.

De no ser posible conseguir esta información, seguir las siguientes pautas generales.

- Pesticidas en la piel.

Sacar la ropa que pudiera estar contaminada.

Lavar a la persona con agua que esté libre de pesticidas.

Cualquier fuente puede ser apta, aún cuando se trate de aguas más o menos estancadas ya que se trata solamente de eliminar el pesticida de la piel. Si es posible, sumergir completamente a la persona. Un tanque australiano o laguna puede servir. Utilizar un jabón o detergente suave para eliminar mejor el pesticida.

Luego acomodarlo de forma tal que se sienta cómodo, que no tenga frío ni que esté demasiado abrigado.

Si en la piel aparece enrojecimiento, ampollas o cualquier otro síntoma, no aplicar sustancias grasas ni polvos. Solamente la limpieza de la piel.

- Pesticidas en el ojo.

Se debe efectuar una limpieza rápida pero delicada utilizando agua limpia.

Si se dispone de un dispenser para limpieza de ojos, utilizarlo.

De no ser así colocar el ojo de manera que el agua corra suavemente sobre él, escurriendo lentamente, sin lesionar al ojo por el impacto del agua.

Mantener en limpieza durante unos 15 minutos.

Nunca aplicar productos químicos ni utilizar agua que los contenga ya que pueden aumentar los daños.

- Inhalación de pesticidas.

Llevar a la víctima al aire libre rápidamente.

Avisar a las otras personas del riesgo existente.

Aflojarle la ropa de forma tal que pueda respirar libremente.

Aplicar respiración artificial si la respiración se detiene, se hace muy dificultosa o si la víctima toma color morado.

En caso de vómito del pesticida en la cara, retirarlo con trapos húmedos y hacer respiración artificial a través de un tubo o manguera limpia.

- Pesticidas en la boca o ingeridos.

Enjuagar la boca repetidamente con agua limpia. Una vez cumplido este paso dar agua o leche para beber, al menos unos 250 cc.

Nunca inducir el vómito, salvo en los casos en que así lo indica específicamente la etiqueta.

Si es necesario hacerlo, colocar a la víctima boca abajo, a fin de que no pueda ingresar parte del mismo en los pulmones, e introducir el dedo en el fondo de la garganta a fin de provocar el acto reflejo del vómito. No dar sales, ni agua caliente ni jara-be de mostaza ni ningún otro tipo de producto.



Fig 3: Limpieza del ojo

3) Efectos negativos de los agroquímicos sobre el medio ambiente.

a) Sobre el agua

Uno de los riesgos existentes en la aplicación de agroquímicos es la contaminación de las aguas, ya sea por su efecto sobre la fauna acuática o bien porque esas aguas pueden ser posteriormente utilizadas para consumo humano. Es por ello que al efectuar responsablemente una aplicación agrícola se debe considerar y evaluar la existencia de zonas sensibles en el lugar de aplicación o cercanas al mismo.

Normalmente, como zonas sensibles se puede mencionar: lugares donde existen aguas superficiales (ríos, arroyos, zanjas, cárcavas, lagunas naturales o artificiales), lugares cercanos a los anteriores, lugares con las napas subterráneas muy cerca de la superficie, suelos muy porosos que permiten la percolación hacia las napas o lugares con riesgo cierto para la fauna natural y cercanía de reservas naturales.

b) Sobre la fauna. La fauna benéfica

Existe una larga lista de insectos y arácnidos que son predadores de las plagas y que dentro de situaciones de equilibrio mantienen a las plagas por debajo del umbral de daño económico. Comúnmente se los designa como "fauna benéfica".

Lo que se debe procurar es utilizar agroquímicos cada vez menos perniciosos para la misma.

Normalmente, cuanto mayor es el espectro de control de un insecticida, más perjudicial es para la fauna benéfica. La excesiva afectación de la misma en una campaña, puede resultar en ataques muy virulentos en campañas siguientes al deteriorarse el mecanismo biológico de control.

Las aves son otro tipo de animales que pueden ser muy afectados. Durante 1995 y 1996 se debió retirar del mercado al insecticida monocrotofos por su alta toxicidad a las aves, en especial en cuanto al llamado aguilucho langostero.

Con la participación de INTA, dentro del “Proyecto Monitoreo Ecotoxicológico de Agroquímicos sobre la Biodiversidad en Agroecosistemas”, fue desarrollado el “Programa Calculadora de Riesgo Ecotoxicológico para Aves”. Se trata, básicamente de un software que permite, ante el caso concreto de un ataque de insectos a un cultivo, aplicar el agroquímico que por sus características y dosis, sea el menos nocivo para las aves en esa situación en particular.

4) Otros aspectos a considerar

a) Generación de resistencia

Los primeros casos de resistencia se detectaron en insectos y es en estos donde se manifiesta con mayor frecuencia. La resistencia tiene una explicación de índole genética. Cuando una población (por ejemplo, de insectos) es expuesta a un insecticida no mueren todos los individuos, sino que existen algunos que logran sobrevivir.

Estos lo hacen porque están genéticamente predispuestos a ello. Las aplicaciones posteriores, eventualmente con mayores dosis, matarán a un número mayor de individuos, pero siempre algunos lograran sobrevivir. Estos sobrevivientes transmiten esta habilidad a su descendencia. Así, en cada generación de insectos expuestos se genera una mayor proporción de individuos con capacidad de sobrevivir. Cuando el número de insectos resistentes supera al número de insectos susceptibles, el producto deja de ser útil.

Podría definirse a la resistencia, por lo tanto, como una reducción en la sensibilidad de una población, lo que se traduce en repetidas fallas en las aplicaciones de un producto, en ausencia de otros factores que puedan ser causa de las mismas.

Este proceso de generación de resistencia suele ser muy claramente visible en insectos, debido a su elevada aptitud reproductiva, lo que permite evaluar varias generaciones por año, y ante la clara evidencia de individuos sobrevivientes en laboratorio, en número creciente, de generación en generación. Cuanto mayor sea la cantidad de veces que se expone una población a un insecticida, especialmente si es de amplio espectro, más rápidamente se generará resistencia.

Irónicamente, para producir rápidamente una población resistente, se debe partir de la base de un pesticida que inicialmente brinde un muy buen control. Cuanto menor sea el número de sobrevivientes iniciales (resistentes), más rápidamente se alcanzará la resistencia en la población.

Pero, lo que inicialmente era un fenómeno casi exclusivo de los insectos y los insecticidas, ya se observa claramente, también, en la generación de malezas resistentes. En nuestro país, la alta difusión de la soja transgénica acompañada por el glifosato como herbicida principalísimo, ha dado origen a la presencia de malezas con cierto grado de tolerancia al mismo, como flor de Santa Lucía, ocucha, malva blanca, violetilla, bejuco o campanilla, corregüela, ortiga, etc. La aparición de sorgo de Alepo resistente a glifosato en el norte de nuestro país se ha constituido en un problema de alta importancia y difícil resolución.

b) Fitotoxicidad

Por fitotoxicidad se entiende cualquier tipo de daño que pueda producirse al cultivo a causa de las aplicaciones de agroquímicos a los mismos. Es el grado en que un agroquímico puede ser nocivo al cultivo al cual, supuestamente protege.

Es un accidente mucho más frecuente en cultivos intensivos, dada la alta carga de agroquímicos, que en aplicaciones extensivas.

En primer lugar deben tenerse en cuenta los daños que pueden causar los herbicidas. Estos son productos diseñados específicamente para matar malezas. Pero la presencia de herbicidas en equipos con tanques mal lavados puede ser causante de fitotoxicidad por negligencia. Puede existir fitotoxicidad por deriva de herbicidas, lo cual es un caso común.

Pero no solamente los herbicidas pueden producir fitotoxicidad; también la pueden producir los insecticidas, fungicidas y fertilizantes líquidos.

Algunos síntomas característicos de fitotoxicidad son: amarilleo, amarronamiento ligero o, eventualmente, quemado de hojas, manchas foliares necróticas de tamaño diverso, retraso en el crecimiento, con posterior recuperación o con enanismo final.

Los daños son variables según el producto causante, la planta afectada y el momento de su ciclo vital.

El daño no es necesariamente producido por el ingrediente activo del agroquímico. También puede deberse a alguno de los otros componentes (solventes, dispersantes, tensioactivos, etc.)

Pautas de seguridad y buenas prácticas

1) Introducción

Se debe partir de la premisa básica de que la aplicación de agroquímicos es una actividad que, si se lleva a cabo sin los conocimientos necesarios, o, en su defecto, en forma desatenta o irresponsable, puede afectar negativamente la salud del operario directamente involucrado y de otras personas, así como también incidir negativamente sobre el medio ambiente y sus diferentes componentes: agua, suelo, aire y fauna.

Por lo tanto, debe ser efectuada por personal altamente capacitado, con gran nivel de responsabilidad y que, a su vez, debe ser controlado de manera permanente por la sociedad en donde desempeña sus tareas.

Esta premisa básica, debiera ser apoyada en las siguientes medidas:

- La capacitación real de empresarios y operarios (Matrícula habilitante)
- Buen estado de las máquinas pulverizadoras, exigiéndose la verificación de las mismas.
- Asumir la responsabilidad que implica cada aplicación, haciéndose cargo de las fallas de la misma.
- Prohibir y penar las aplicaciones que no se hagan en este contexto.

Si comparamos esta propuesta con el transporte automotor, que es otra actividad que también puede generar daños en la población, veremos que todas estas medidas, están contempladas por ley y controladas por la sociedad.

2) Equipos de protección personal

Componen el equipo de protección personal (EPP) los siguientes elementos.

- Máscaras o semimáscaras con filtro de carbón activado. Se identifican con una banda negra y la letra "A" (Vapores orgánicos). Se deben colocar adecuadamente ajustadas. Luego de usadas limpiarlas cuidadosamente sin mojar los filtros. Estos se deben envolver en polietileno o film para que no se desgaste innecesariamente el filtro.
- Protección ocular. Puede ser de varios tipos: antiparras, pantallas o inclusive los denominados "gorros tipo legionario", con protección para la cara cabeza y cuello.
- Mameluco (overol) o chaqueta y pantalón para protección del tronco y extremidades.
- Delantal, para protección del tórax, abdomen y piernas, particularmente durante la carga de producto.
- Guantes de nitrilo de puño largo. Los guantes de goma comunes pueden ser degradados por los solventes de los agroquímicos. Los mismos se deben colocar dentro de la manga para evitar el efecto embudo.
- Botas de goma. No usar nunca calzado de cuero o lona ya que estos materiales absorben los agroquímicos, siendo prácticamente imposible su eliminación por lavado. Se deben colocar siempre por adentro de las botamangas de los pantalones para evitar que las salpicaduras lleguen a los pies.

También es de buen criterio disponer de un lavaojos en caso de que se produzcan salpicaduras en los mismos. De no ser así se podrá disponer de una botella con agua limpia. En la elección de un equipo de protección se debe actuar con criterio. En verano se deben evitar los equipos excesivamente pesados ya que el calor se vuelve intolerable para los operarios. En este caso las telas deben ser frescas pero sometidas a un proceso efectivo de impermeabilización. Las máscaras y semimáscaras se deben utilizar en ambientes cerrados o cuando se utilicen productos altamente tóxicos o volátiles. De no ser así, se puede optar por una simple protección facial

El EPP se debe usar durante la preparación de la mezcla en el tanque o durante el manipuleo de bidones de productos fitosanitarios, durante la limpieza de la máquina y durante cualquier reparación que deba hacerse y que interrumpa el trabajo.

El operador se lo debe quitar antes de entrar a la cabina de la pulverizadora a fin de evitar que se genere un ambiente tóxico dentro de la misma.

El cuidado de la ropa de trabajo

- La ropa de trabajo debe mantenerse en buenas condiciones para que no tenga roturas o partes gastadas por donde el producto pueda contaminar la piel. El calzado debe inspeccionarse frecuentemente para ver que no esté dañado y se repare o reemplace, según sea el caso.
- Debe lavarse al término de cada jornada con jabón o detergente en forma separada y mantenerla en un lugar distinto del resto de la ropa de la familia. Su vida útil dependerá de su calidad y de las especificaciones del fabricante.

Al cabo de muchos lavados se rompen algunas fibras del tejido, lo cual puede incrementar la penetración del agroquímico para lo que es necesario el recambio del equipo cuando se detectan estas fallas

- Es de suma importancia lavar esta ropa SEPARADA de la del resto de los integrantes de la familia ya que se estaría contaminando todo con pesticidas. Se deberá secar al sol ya que los rayos solares colaboran en la degradación de los agroquímicos.

3) Medidas de seguridad a adoptar durante la carga de producto

Leer atentamente la etiqueta del producto, no solamente en lo que hace a las dosis, sino también en lo que se refiere a precauciones y condiciones de manejo (sector izquierdo) Esta es una tarea que requiere EPP. Se utilizará, como accesorios mínimos, algún tipo de protección facial, guantes de nitrilo, botas de goma y delantal plástico.

No fumar, beber ni comer durante este proceso.

Hacer la preparación de espaldas al viento, para evitar que el mismo empuje agroquímicos al cuerpo.

Procurar hacer la carga en el mixer. Si el equipo no dispusiera del mismo, llenar de agua hasta las 2/3 partes del tanque (o de la cantidad de caldo a utilizar, si fuera menos), agregar el producto y completar.



Figura 1: Preservar la fuente de agua y evitar vuelcos.

Se debe ser especialmente cuidadoso en evitar derrames por llenado excesivo del tanque. Prevenir la contaminación de las aguas evitando el retro-sifón. Este es un percance que puede ocurrir cuando se está cargando agua en el tanque y al apagarse la bomba, se genera un vacío en el sistema retornando el líquido del tanque hacia la fuente de agua. Para evitar esto, la manguera de carga no debe estar sumergida en el líquido del tanque.

Abrir los envases de agroquímicos en posición cómoda, sobre superficie plana y contando con un elemento filoso para cortar los sellos del mismo.

Someter los envases de agroquímico al proceso de triple lavado o lavado con la boquilla del mixer. En este último caso el líquido debe provenir del tanque de agua limpia de la pulverizadora. Más adelante se describirá el proceso del triple lavado.

4) La cabina

La cabina de la pulverizadora es el ámbito donde el operario transcurre la enorme mayoría de su jornada laboral. Por lo tanto debe ser preservada de la contaminación con agroquímicos. Nunca se debe ingresar a la misma con el EPP luego de haber estado en contacto con agroquímicos. Para evitar que ingresen agroquímicos “desde afuera” durante la pulverización, la cabina debe ser presurizada, es decir que la presión interna debe ser ligeramente superior a la del exterior. Para ello debe estar perfectamente sellada: adecuado cierre de la puerta y de ventanas mediante burletes herméticos y fuelles de goma en los pedales. Además debe contar con un filtro de carbón activado que se debe cambiar cada 400 horas aproximadamente. Estas dos últimas recomendaciones adquieren principal importancia cuando se trata de pulverizadoras con botalón delantero.

5) El control de la deriva

La deriva es importante no solamente por los eventuales daños que pueda causar, lo que ya es mucho, sino también porque significa pérdidas económicas en agroquímicos que no llegan al blanco deseado.

Se debe prestar muy especial atención a los cultivos vecinos (o pasturas) cuando se está aplicando herbicidas. También es muy importante cuando se aplican insecticidas cerca de poblados o escuelas.

También se debe tener particular precaución ante la presencia de corrientes de agua (zanjas, arroyos, ríos) y de lagos o lagunas a fin de no contaminar las aguas.

La deriva está influenciada por los siguientes factores: tamaño de las gotas producidas, viento (dirección e intensidad), temperatura y humedad relativa.

De estos factores, solamente podemos manejar el tamaño de las gotas. A los restantes solamente los podemos eludir. Para manejar el tamaño de las gotas contamos con las siguientes posibilidades: diferentes tipos de pastillas, presión de trabajo y antiderivantes. El tamaño de las gotas debe ser lo más grande posible, compatible con la cobertura requerida.

En cuanto al viento, evitar las condiciones excesivamente ventosas, particularmente si la dirección se orienta hacia zonas sensibles. La altura del botalón nunca debe ser excesiva, no más allá de la superposición necesaria del 30%.

La temperatura y la humedad también condicionan a las aplicaciones. Por lo tanto, cuando se requiera alta cobertura, se deben buscar las horas más frescas y más húmedas de la jornada, es decir durante la noche y primeras horas de la mañana.

6) El uso frecuente del papel hidrosensible

Cuando se finaliza una tarea de pulverización, en el lote tratado no queda absolutamente ningún rastro de la misma. Por lo tanto, solamente sabremos si fue bien realizada esperando un tiempo para ver en qué medida los agroquímicos cumplieron con su función. Si el tratamiento falla, se deberá repetir.

La única forma de controlar si estamos llegando al blanco deseado con la cobertura requerida es el uso de papel hidrosensible. Una serie de hojas de papel hidrosensible pueden prevenir fallas en la aplicación, determinando si la llegada y cobertura son las adecuadas.

Además pueden ser muy útiles para determinar niveles de deriva hacia zonas sensibles y corregir las situaciones de exceso.

7) Manejo de sobrantes

Al cargar el equipo se debe preparar solamente la cantidad de caldo de pulverización que se va a utilizar o, a lo sumo, muy poco más, a fin de que estos sobrantes no se produzcan.

La cantidad de caldo a preparar queda definida por los litros por hectárea a aplicar y las hectáreas a tratar. Si al finalizar las tareas, repetidamente se producen sobrantes (o faltantes de caldo) se deberá regular adecuadamente el caudalímetro y el sensor de velocidad.

En los casos en que, al finalizar la tarea estos sobrantes existan, deberán ser aplicados en algún lugar en el que no produzcan daño, en la mayoría de los casos, en el mismo lugar en que se acaba de hacer la aplicación, pero debidamente diluidos a fin de no incrementar sensiblemente las dosis.



Fig 2: Manejo incorrecto e irresponsable de los sobrantes



Fig 3: Evitar los reingresos en zonas recientemente tratadas.

8) Reingreso en zonas tratadas

El tiempo mínimo que debe transcurrir desde la aplicación de los agroquímicos, para poder ingresar en las áreas tratadas sin el correspondiente equipo de protección personal es el siguiente:

- Productos sumamente o muy peligrosos (banda roja): 3 días.
- Productos moderadamente o poco peligrosos (bandas amarilla y azul): 2 días.
- Productos que normalmente no ofrecen peligro (banda verde): 1 día.
- Fumigantes: 12 horas, previa ventilación de una hora, una vez retiradas las coberturas de protección.

9) Manejo de envases: triple lavado - Programa agrolimpio

Ningún envase debe quedar sucio, con restos de agroquímicos, en el campo. Para ello se debe recurrir al proceso de triple lavado recomendado por CASAFE. El mismo consiste en poner agua limpia en el envase vacío hasta aproximadamente un tercio de su capacidad. Agitar luego vigorosamente el envase durante un minuto. Repetir este proceso tres veces y luego inutilizar el envase perforando su fondo.



Figura 4: Técnica del triple lavado

Sin embargo, es una práctica común que los envases de agroquímicos sean vendidos. Muchas veces este plástico se recicla para fabricar elementos que, al contener restos de agroquímicos pueden ser nocivos para las personas (envases de alimentos, juguetes, etc.)

Para evitar este inconveniente se ha desarrollado el Programa Agrolimpio.

El mismo consiste en juntar todos los envases, mediante centros de acopios primarios y secundarios, para luego procesar estos plásticos fabricando elementos que, de ninguna manera puedan afectar ni a la salud de las personas ni al medio ambiente.

10) Limpieza de la pulverizadora

En general, todos los agroquímicos son, en mayor o menor medida, corrosivos. Por lo tanto cuanto mayor sea el tiempo en que se encuentran en contacto con la máquina pulverizadora, y con cada una de sus partes o componentes, mayor será el deterioro del equipo. Por lo tanto, el hecho de mantener limpia a la máquina incide directamente en su durabilidad y costos de mantenimiento, y debe ser considerada una buena práctica. Por lo tanto siempre es conveniente, al finalizar la jornada de trabajo, realizar un breve enjuague diario y realizar con una cierta frecuencia una limpieza más exhaustiva del equipo.

Para el enjuague diario se debe partir siempre de una situación en la que el tanque se encuentra vacío. Simplemente colocar de 200 a 500 litros de agua limpia en el tanque, hacer recircular la misma con los picos cerrados durante unos cinco minutos y luego rociar el líquido sobre el mismo campo en el que se hizo la aplicación, comenzando en primera instancia con la misma pastilla utilizada.

Para acelerar los tiempos, luego se puede utilizar una pastilla de alto caudal.

Si se ha aplicado un herbicida que puede ser riesgoso para la aplicación subsiguiente se recomienda repetir tres veces el mismo procedimiento a fin de eliminar casi totalmente el producto, llevando la concentración del mismo a niveles inocuos.

Para limpiezas más exhaustivas, deberá incluirse también la parte externa de la máquina pulverizadora, ya que permanentemente está captando partículas del caldo de pulverización mientras se está trabajando. Esto es especialmente válido para aquellos equipos que disponen de botellón delantero. Se debe prestar especial atención a aquellos lugares que generalmente reciben mayor cantidad de pesticidas: sitios de carga, lugares cercanos al tanque, sitios donde se han detectado pérdidas, componentes del botellón y frente del equipo para casos de botellón delantero. Asimismo se debe prestar adecuada atención al interior del tanque, ya que es allí donde se producen las mayores acumulaciones de residuos, especialmente cuando se ha trabajado con productos sólidos (sedimentación). Para ello, siempre es adecuado contar en la máquina con un sistema de boquilla rotativa para limpieza del tanque. De no contar con este equipo, se utilizará manguera a presión.

Las pastillas, filtros individuales y filtros de línea serán retirados para su limpieza más profunda con agua y jabón o detergente, utilizando un cepillo.

Idealmente, todos estos trabajos de limpieza debieran hacerse en un lugar especialmente preparado para ello, de manera tal que las aguas utilizadas escurran hacia un sitio de acumulación para su posterior aplicación en el campo, en lugares no perjudiciales.

Dado que normalmente ello no es posible, se debe buscar un lugar aislado, donde no accedan otras personas, especialmente niños, ni mascotas, ni ganado, alejados de corrientes de agua que pudieran ser contaminadas, así como también de cualquier tipo de cultivo.

Finalmente, y al menos dos veces al año, debiera hacerse una limpieza más profunda aún que incluya la utilización de amoníaco de uso familiar (3%) de venta en farmacias o droguerías, en una proporción de 1 litro de amoníaco por cada 100 litros de agua. El proceso consiste en hacer circular el líquido durante unos 10 minutos, y luego, con la bomba apagada, se lo deja en la máquina durante varias horas, preferiblemente una noche entera. El procedimiento desincrustará la mayoría de los depósitos existentes.

Luego se deberá agregar más agua y enjuagar

Aguas, mezclas y coadyuvantes

1) Las aguas

La enorme mayoría de los productos fitosanitarios que utilizamos en nuestro país, en aplicaciones terrestres, utilizan al agua como solvente para el caldo de pulverización. Esto es así ya que es el líquido más ampliamente difundido, el más económico y que, además, posee una excelente capacidad como solvente.

En aplicaciones en ultra bajo volumen (UBV) se puede utilizar agua en proporciones sensiblemente menores, inclusive prescindiendo de ella, ya sea porque se la reemplaza por aceites agrícolas o bien, sencillamente porque se usa el producto puro.

También en aplicaciones aéreas, la proporción de agua utilizada es notoriamente menor.

Así, la disolución del agroquímico en agua en el tanque de la pulverizadora, un proceso que en muchos casos se realiza de manera absolutamente rutinaria, puede esconder, sin embargo, algunos inconvenientes que es necesario conocer, y a los cuales, en muchos casos, no se les presta la debida atención.

El agua químicamente pura, es neutra, es decir con un pH 7. El pH mide la acidez o alcalinidad de un medio y es una escala que va de 0 a 14; los valores menores a 7 indican acidez (tanto mayor cuanto menor es el valor) y los superiores a 7 indican alcalinidad (tanto mayor cuanto mayor es el valor).

Nos han enseñado, además, que el agua es incolora, insípida e inodora.

Pero esto es una situación ideal y, en la práctica, difícilmente sea así. Las aguas que se utilizan en pulverización, si son de tanques australianos, ríos, lagunas, tajamares, etc., normalmente tienen una cierta coloración, o, al menos, cierta turbidez, que se debe a la presencia de limos y materia orgánica de diverso origen que se encuentra en suspensión. A su vez esa materia orgánica puede presentar diversos grados de descomposición, con lo cual, podemos inferir la existencia de diversos tipos de moléculas en solución. Además, aún en el caso de las aguas extraídas por bombas, con apariencia absolutamente transparente, existe un cierto contenido de sales, originadas por disolución desde el suelo y que presentan grados de disociación variable. Todo esto se traduce en Ph variable y diferentes grados de dureza (contenido de sales)

Es decir que, para conocer la calidad del agua que usaremos en las pulverizaciones, debemos considerar tres aspectos: limpieza, pH y salinidad. En ese orden los analizaremos brevemente.

Limpieza

Se puede describir como la falta de transparencia, tendencia a colores anormales y en situaciones más graves, fuertes olores producto de descomposiciones orgánicas.

Se ha comprobado que algunos herbicidas, y entre ellos específicamente el glifosato son susceptibles a la inactivación por la presencia de limos y de materia orgánica presente en el agua. De ser posible, estas aguas deben evitarse.

pH

Es sumamente frecuente que las aguas alcalinas tengan capacidad de inactivar a los agroquímicos. Por ejemplo, la cipermetrina en un caldo a pH 9, en 2 horas perderá el 55 % de su Ingrediente Activo, y solamente un 10 % del mismo quedará a las 24 horas.

En otros productos (diquat, paraquat, glifosato, atrazinas, bromoxinil, MCPA) se especifica que no deben utilizarse aguas alcalinas.

El problema es la denominada "hidrólisis alcalina". Esta es una reacción química que ocurre cuando en una solución alcalina, los grupos oxhidrilo (justamente los responsables de la alcalinidad) se combinan con los ingredientes activos, perdiendo éstos últimos su poder de acción o parte de él. Estas reacciones son mayores cuanto mayores sean el pH y la temperatura.

Producto	pH Solución	Vida media	pH Solución	Vida media
Triclorfón	6.0	3,7 días	8.0	63 min.
Clorpirifós	7.0	5 días	8.0	36 horas
Carbaryl	6.0	100 días	9.0	24 horas

Cuadro N° 1: Vida media según pH

El cuadro anterior es sumamente ilustrativo sobre cómo la alcalinidad afecta la vida media (degradación de la mitad del Ingrediente activo) de algunos productos. También explica el por qué nunca se deben dejar en el tanque productos que serán utilizados al día siguiente.

A continuación se detalla el rango ideal del pH del agua a utilizar para algunos productos.

Herbicidas		Insecticidas		Fungicidas	
Alaclor	5.0	Acefato	5.0	Benomil	5.0
Atrazinas	4.0	Bacillus th.	6.0	Captan	5.0
Bromoxinil	5.0	Carbofurán	4.0	Carbendazin	5.0
Dicamba	5.0	Clorpirifós	5.0	Mancozeb	5.0
Glifosato	4.0	Cipermetrina	4.0		
Metribuzin	5.0	Dimetoato	4.0		
Trifluralina	5.5	Permetrina	4.0		

Cuadro N° 2: pH ideal del agua para aplicaciones

Como se puede apreciar, la mayoría de los agroquímicos tienen mejor funcionamiento en un medio que va desde ligera a medianamente ácido (pH de 4 a 6).

Contenido de sales

Todas las aguas tienen un cierto contenido de sales disueltas en ella. Lo importante es la cantidad y el tipo de sales. Son muy perjudiciales los sulfatos y, fundamentalmente los carbonatos de Ca, Mg, Na, Fe y K.

El contenido de sales determina la "dureza" de la misma. Si bien existen varias clasificaciones de las aguas en función de su contenido de sales, podemos considerar como "duras" a aquellas con más de 150-180 partes por millón de sales disueltas (en realidad se mide en ppm equivalente en carbonato de calcio)

En la práctica, nos damos cuenta que el agua de una zona es dura, cuando el sarro se acumula en el fondo de la pava para el mate, o en las cañerías. Las aguas muy duras, además, “cortan el jabón”, es decir que no hacen espuma.

En la mayor parte de la pradera pampeana las aguas son duras, pero en algunas zonas el problema alcanza valores extremos, como en la Cuenca del Salado y el Oeste de Buenos Aires y la zona agrícola de La Pampa, donde, a veces encontramos valores tan altos como 1500 a 1800 ppm, e inclusive más.

Aun cuando no siempre es así, es muy frecuente que un mayor contenido de sales esté asociado a mayor alcalinidad del agua.

Los agroquímicos pueden reaccionar con los cationes Fe, Zn, Ca, Mn, Na y K, dando como resultado directo una desactivación parcial del producto, que va a depender de la “sensibilidad” del mismo y de la mayor o menor presencia de estos cationes en el agua que usamos para pulverizar.

El glifosato es uno de los productos en el cual está claramente comprobada su desactivación en el caso de su disolución en aguas duras. El porcentaje de glifosato que se inactiva queda definido por la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Vol (l/ha)} \times \text{Dureza Co}_3\text{Ca (ppm)} \times 0,00047}{\text{Dosis L/ha de glifosato}} = \% \text{ de inactivación}$$

Podemos concluir que el porcentaje de glifosato que se inactiva depende directamente del contenido de sales, pero también del caudal de agua a aplicar por hectárea. Esto es absolutamente lógico, ya que, cuanto más diluido se encuentre el glifosato, más probabilidades tendrá de combinarse con las sales disueltas.

Esto va en contra de la creencia generalizada de que “cuanto más agua por hectárea, mejor”. Si el agua es dura, en el caso del glifosato “cuanto más agua por hectárea, peor”.

En este caso habrá que analizar la conveniencia económica entre aumentar la dosis de glifosato o utilizar un corrector del agua con secuestrante de cationes.

Un laboratorio fabricante de correctores de aguas, basándose en estudios realizados por el Ing. Juan Carlos Papa del INTA Oliveros, recomienda no utilizar correctores por debajo de 150 ppm de CO_3Ca , dado que en estas situaciones no sería necesario y no habría respuesta económica. Pero sí hay que hacerlo por arriba de ese valor y, con mucha mayor urgencia en la medida en que el contenido de sales crece.

¿Qué hacer en estas situaciones?

Lo primero que se recomienda es tratar de evitar las aguas de baja limpieza, es decir procurar que el agua sea absolutamente transparente. Esto no es siempre posible. Pero, en ocasiones es preferible recorrer varios kilómetros con el tanque cisterna hasta una bomba más alejada, que usar un agua sucia que se encuentra disponible en el sitio de aplicación. En este caso la comodidad puede ir en contra de la eficiencia.

Siempre se deben conocer las características del agua utilizadas en las pulverizaciones, haciendo un análisis que contemple tanto el pH como el contenido de sales. Estos análisis son sumamente económicos e, inclusive, a veces los hacen sin costo alguno para el usuario los fabricantes de correctores de aguas. En general, en cada zona los mismos productores saben si las aguas son duras o alcalinas. El análisis determinará la necesidad de utilizar o no correctores. Debe obtenerse el valor del pH.

Los correctores comerciales del pH alcalino, normalmente en base a ácido fosfórico, con casi nula capacidad de combinarse, se aplican en dosis variables según la alcalinidad del agua (desde 500 cc. hasta 1500 cc. para un tanque de 2000 litros). Deben colocarse siempre en el agua antes de cargar el agroquímico, a fin de evitar la inactivación del mismo.

Si el contenido de sales es elevado, se deben utilizar correctores secuestrantes de cationes, de calidad reconocida y siguiendo siempre las prescripciones del fabricante.

Algunos productos combinan las dos funciones (corrector de pH y secuestrante de cationes). Existen, también, los denominados "buffers" que mantienen el pH dentro de un cierto rango (tanto hacia arriba como hacia abajo).

Normalmente el costo de los análisis y de los productos comerciales no justifican el riesgo de utilizar el agua inadecuada, lo que puede traducirse en mermas en la eficiencia de la aplicación a realizar.

O sea, como conclusión final: nunca hay que "largarse" a pulverizar sin conocer cómo es el agua que vamos a usar. Hay que hacer los análisis correspondientes, luego, si hace falta, corregir el agua y, ahora sí, a hacer las aplicaciones sabiendo que, en este aspecto, vamos por el buen camino.

2) Mezclas en el tanque

Es muy frecuente que los aplicadores combinen dos o más agroquímicos diferentes en una misma aplicación. Ello les permite ganar tiempo y ahorrar trabajo y combustible, con la lógica disminución del gasto.

Pero es preciso tener en cuenta que no todos los agroquímicos son compatibles entre sí y, que, en algunos casos se pueden producir efectos indeseados. Cuanto mayor sea la cantidad de agroquímicos a mezclar, mayor es el riesgo de que ocurran estos efectos indeseados.

Algunos de ellos son:

- Disminución de la efectividad individual de cada producto.
- Aumento en la toxicidad.
- Formación de coágulos, geles o floculación de los productos y consecuente tapado de bombas, pastillas, llaves de paso, etc.
- Cristalización de productos
- Formación de diferentes fases en el tanque.

Para evitar estos inconvenientes se hace necesario conocer cuáles productos pueden mezclarse y cuáles no pueden hacerlo. Las etiquetas debieran brindar esta información. Si así no fuera, es recomendable hacer un test de compatibilidad antes de mezclar los productos en el tanque.

Test de compatibilidad. Diversos ensayos de este tipo han sido descritos en la bibliografía. Pero quizás la alternativa más práctica sea la siguiente:

- En un envase (preferiblemente transparente) colocar 5 litros de agua. Calcular luego la proporción de cada producto que corresponde utilizar para esa cantidad de agua.

- Ir agregando de a uno los distintos productos a mezclar de acuerdo con el siguiente orden:
 1. Correctores de pH o secuestrantes de cationes.
 2. Componentes sólidos (gránulos dispersables o polvos mojables).
 3. Suspensiones acuosas.
 4. Soluciones verdaderas.
 5. Emulsiones y finalmente los coadyuvantes.
- Entre cada una de estas etapas, se debe agitar suavemente hasta lograr la acabada dilución de cada producto. Recién cumplido este paso se colocará el producto siguiente.
- Observar las reacciones.

Si hay desprendimiento de calor, es una señal inequívoca de que se está produciendo una reacción química, por lo que los productos no son compatibles.

Si luego de 20 a 30 minutos no se observaran formación de geles, cristalizaciones o floculaciones, separación en fases (salvo la lógica precipitación de polvos mojables que se “rediluyen” al agitar nuevamente), se puede concluir en que los productos son compatibles.

De no ser así se pueden repetir los ensayos de a dos productos para detectar cuales son los incompatibles.

3) Coadyuvantes

Si bien se denomina coadyuvante (o simplemente adyuvante) a las sustancias que se adicionan en el formulado del agroquímico para mejorar su actividad o para facilitar su aplicación, nosotros nos limitaremos a los productos que se añaden posteriormente al tanque de la pulverizadora al preparar el caldo de aplicación.

Por lo tanto, vamos a aceptar como válidas las siguientes definiciones:

“Un coadyuvante es cualquier sustancia agregada al tanque de la pulverizadora, en forma separada de la formulación del pesticida, a fin de mejorar el rendimiento del mismo”. (James Witt – Agricultural Spray Adjuvants – Oregon State University).

Otra definición:

“Coadyuvante es una sustancia agregada al caldo de pulverización para ayudar o modificar la acción de un agroquímico, o las características físicas de la mezcla”. ASTM – 1998.

3.1.) Clasificación de los coadyuvantes

En principio cabe aclarar que cualquier clasificación, y ésta en particular no escapa a la regla, puede ser objetable. Ello es así dado que existe la posibilidad que diferentes productos cumplan con más de una función o finalidad, con lo cual el encuadre puede ser subjetivo. De todas maneras, y teniendo en cuenta la gran confusión existente en nuestro medio en cuanto a las diferentes características de los coadyuvantes, los clasificaremos, a los efectos de generar cierto orden en el tema.

Activadores	Tensioactivos	No iónicos Catiónicos Aniónicos Anfóteros Siliconados	
	Penetrantes	Aceites Minerales	Comunes Concentrados
		Aceites Vegetales	
		Lecitina de soja	
Adherentes			
Utilitarios	Correctores de aguas	Acidificantes Secuestrantes Buffers	
	Antiderivantes		
	Compatibilizantes		
Otros	Limpiadores		
	Colorantes		
	Antiespumantes		

Cuadro N° 2: Clasificación general de los coadyuvantes.

3.1.1.) Coadyuvantes activadores.

3.1.1.1) Tensioactivos.

La función de los tensioactivos es disminuir la tensión superficial del agua que actúa como diluyente del agroquímico. Actúan también como emulsionantes de los aceites en el agua.

Un término que es sinónimo es "surfactante" (de surface action agent: agente de acción superficial).

La tensión superficial es la fuerza contráctil que se genera sobre una superficie y la interfase de un líquido. Normalmente es el agua el líquido con mayor tensión superficial con un valor de 73-74 dinas/cm². La superficie del líquido se comporta como si estuviera recubierta de una delgada película elástica.

Algunos ejemplos de los efectos cotidianos de la acción de la tensión superficial son los siguientes:

- Un vaso que no rebalsa a pesar de que el líquido supera el nivel de su línea superior.
- Un insecto que puede caminar sobre el agua.
- Una gota que queda pendiendo de la salida de la canilla.
- Una aguja o alfiler de acero que no se hunde en el agua.

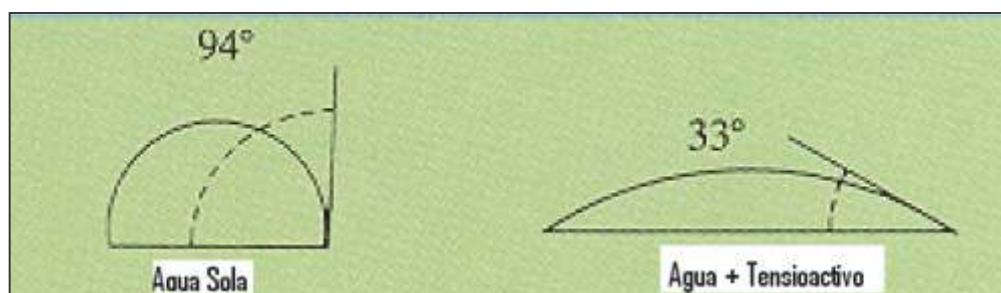


Figura 1: Efecto del tensioactivo.

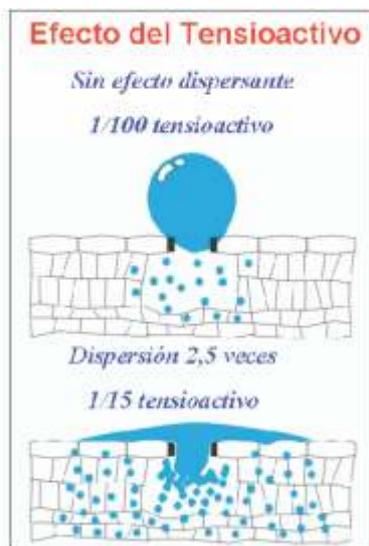


Fig 2: Acción humectante

Un error relativamente común, es pretender utilizar tensioactivos de uso doméstico (jabones o detergentes) como coadyuvantes agrícolas. En este caso normalmente no se produce ninguna mejora y, además, suelen generarse grandes cantidades de espuma en el tanque, lo que complica la aplicación.

Las etiquetas también suelen indicar, en estos casos, que el producto es un "humectante", ya que se logra un mejor mojado de la superficie foliar. En la imagen siguiente puede apreciarse como, en algunos casos, el agregado de tensioactivo puede mejorar notablemente el mojado de las hojas. En la foto de la derecha, con surfactante, se puede apreciar perfectamente un mejor mojado que en la foto de la izquierda (sin tensioactivo). Por este motivo, a veces en las etiquetas se indica que el producto es "humectante".

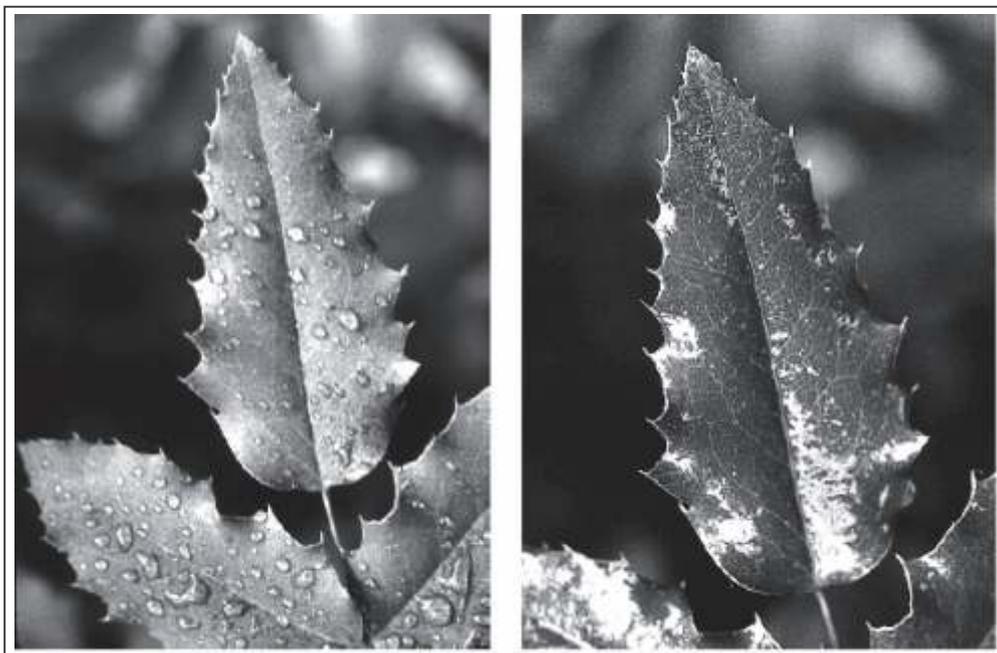


Fig 3: Hojas rociadas sin y con tensioactivo. Fuente: Horticultural Spray Adjuvants – Agrichemical Fact Sheet 10 – Pennsylvania State University – 1998

Efectos del tensioactivo sobre la tensión superficial y la actividad herbicida

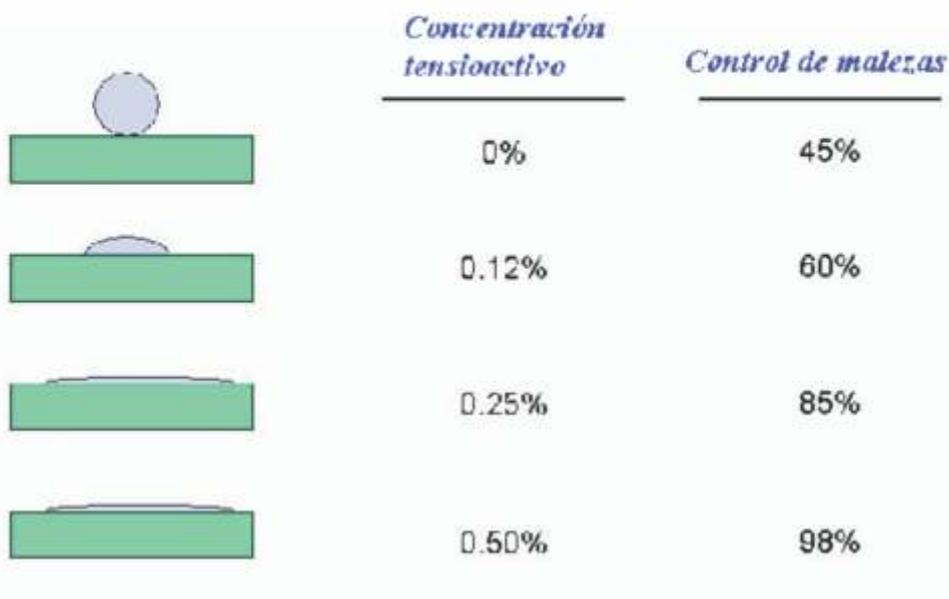


Figura 4: Fuente: Hartzler, Bob – Role of spray adjuvants with postemergence Herbicides – Iowa State University – Marzo 2001.

El cuadro superior muestra como el incremento de tensioactivo en un caldo de pulverización incrementa el contacto de las gotas con la superficie foliar, incrementándose la efectividad del herbicida. Pero a una concentración del 0,50% de producto ya se logra la mayor eficiencia (medio litro de tensioactivo en 100 litros de agua para este ejemplo).

Por lo tanto, llega un punto en que no tiene sentido incrementar la concentración de surfactante.

Además, algunas experiencias indican que el exceso de surfactante puede producir que el agua escurra sobre las hojas sin llegar a penetrar.

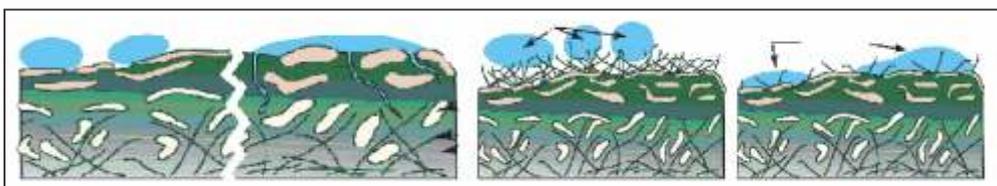


Fig 5: Efectos de tensioactivos en hojas cerosas y pubescentes

En la imagen superior se muestra como el uso de tensioactivos puede mejorar la penetración sobre plantas con hojas con capas cerosas (izquierda) o sobre plantas muy pubescentes (derecha). Es por ello que algunos productos indican en su etiqueta que son “penetrantes”

El uso de tensioactivos puede ser sumamente útil cuando se están utilizando productos de contacto, principalmente fungicidas e insecticidas, sin perjuicio de que en algunos casos pueda mejorar el funcionamiento de herbicidas sistémicos al mejorar la penetración.

Algunos de los productos químicos utilizados como tensioactivos agrícolas son el nonil fenol etoxilado, cuyo uso debiera comenzar a abandonarse por ser un disruptor endócrino,

Los ácidos grasos metoxilados, otros alcoholes etoxilados, dodecil benceno sulfonato de sodio y alquil polisacáridos.

3.1.1.2.) Penetrantes

Los penetrantes, como su nombre lo indica, cumplen la función de lograr que los productos sistémicos ingresen a través de las membranas foliares para su posterior translocación. Esta función la logran de dos maneras diferentes:

- Por una mayor permanencia, por evaporación más lenta.
- Por su capacidad de disolver las capas cerosas y las cutículas de las hojas.

Muy comúnmente las etiquetas indicaran que cumple funciones de adhesivo (o adherente), dado que la consistencia aceitosa facilita una mayor adherencia a las hojas, y también como antievaporante, ya que cada gotita de agua se cubriría de una delgada lámina de aceite que impide, o al menos retardaría la evaporación.

Dado que disuelven las capas cerosas y modifican las membranas foliares, necesariamente tienen un cierto grado de fitotoxicidad, por lo cual es preciso no excederse con las dosis cuando se trata de cultivos en pie, a riesgo de causarle daños más o menos graves al cultivo. Su uso más frecuente está dado en el tratamiento con herbicidas sobre barbechos y también, en menor escala para lograr penetración en tratamientos con fungicidas sistémicos. No tiene mayor sentido su uso en productos de contacto, ya se trate de fungicidas o insecticidas.

Los denominados “aceites minerales agrícolas” son derivados del petróleo, generalmente parafinados, seleccionados por su baja fitotoxicidad y con el agregado de un 2 a 5 % de tensioactivos más emulsificantes a fin de estabilizar la mezcla.

Los “aceites minerales concentrados” son también derivados del petróleo, pero en este caso con el agregado de un 15 a un 20% de tensioactivos más emulsificantes. Tienen fitotoxicidad algo mayor, pero se usan en menores proporciones.

Los aceites vegetales, pueden ser de soja, algodón o girasol, también tienen, al igual que los aceites minerales concentrados, de un 15 a un 20 5 de tensioactivos más emulsionantes. Presentan la ventaja de ser sensiblemente menos fitotóxicos y más fácilmente degradables, por lo que son más amigables con el medio ambiente.

En cuanto a la lecitina de soja presenta los menores niveles de fitotoxicidad. Aparentemente, las moléculas de las membranas foliares, simplemente se “reordenan” de manera diferente ante la presencia de la lecitina, recuperando posteriormente su orden original. Esta característica amplía sus usos posibles, especialmente hacia insecticidas y fungicidas sistémicos.

3.1.1.3.) Adherentes o “Stickers”.

Son sustancias que “pegan” el agroquímico a la superficie de la hoja. No nos referimos en este caso al efecto adherente que puedan tener algunos tensioactivos o aceites, por un mejor mojado, sino a la acción de algunas sustancias como diferentes tipos de látex, resinas, vinílicos o polímeros plásticos con clara adhesividad.

No son muy difundidos en nuestro país, salvo el caso de alguna situación muy puntual como es el tratamiento de cochinillas en árboles frutales. En este caso, dada la cobertura protectora del insecto, se necesita un largo contacto del mismo con el producto terapéutico.

Es mucho más frecuente su uso en zonas tropicales, donde se producen con mucha frecuencia lluvias torrenciales de corta duración, muy difíciles de prever en el transcurso de días soleados. El objetivo es evitar el lavado del agroquímico.

3.1.2.) Coadyuvantes utilitarios.

3.1.2.1.) Correctores de aguas

Ya hemos visto que muchos productos fitosanitarios son susceptibles de ser degradados cuando el pH del agua utilizada en el proceso de pulverización es elevado (aguas alcalinas) o cuando el contenido de sales es muy elevado (aguas duras). Este proceso se hace más veloz y aumenta en magnitud, cuanto más elevado sea el pH y mayor la temperatura del agua.

En cuanto al contenido de sales (dureza), las mismas pueden combinarse con algunos agroquímicos produciendo compuestos de difícil absorción. En el caso específico del glifosato formulado como sal, en solución se disocia y adquiere la forma química denominada Zwitterion, con dos cargas positivas. En este estado disociado puede combinarse con los cationes calcio, magnesio, hierro y aluminio y bajo estas combinaciones el producto no se absorbe a nivel foliar.

Por lo tanto se hace necesario "corregir" a las aguas. Este término normalmente hace referencia a acidificar ligeramente el medio y/o a eliminar o "secuestrar" los cationes. Naturalmente, las dosis a utilizar van a depender de la alcalinidad y del contenido de sales.

3.1.2.2.) Antiderivantes

La deriva es claramente dependiente del tamaño de las gotas producidas. Las gotas más pequeñas son aquellas que están expuestas a la evaporación y a su traslado por el viento.

Toda sustancia que aumente la densidad del líquido, van a disminuir la proporción de gotas pequeñas del pulverizado. Consecuentemente, también se va a producir una disminución de la deriva.

No obstante ello, se debe tener en cuenta que la variación en la densidad del líquido, va a afectar el caudal las pastillas a una presión dada, siendo menor el caudal cuanto mayor sea la densidad del líquido.

Otro efecto que debo tener en consideración es que a mayor densidad del líquido y a igual presión de trabajo el ángulo de las pastillas de pulverización de abanico plano se reduce, con lo cual puede llegar a ser necesario elevar ligeramente el botalón.

Un factor muy importante al utilizar antiderivantes es el nivel de solubilidad en agua. Se han detectado productos comerciales de tan difícil disolución que su utilización es sumamente engorrosa. A veces, por el mismo motivo, también, suelen empastar a los filtros y pastillas.

Ambos efectos se deben tener en cuenta toda vez que se trabaje con un líquido de densidad diferente a la del agua, como es el caso de los fertilizantes líquidos.

3.1.2.3.) Compatibilizantes

En nuestro país su uso no es frecuente. Se utilizan para mezclar dos productos que, de no mediar el coadyuvante, no podrían utilizarse en forma conjunta.

Se debe tener en cuenta que no se deben utilizar para mezclar productos no compatibles.

3.1.3.) Coadyuvantes de otros tipos

Dentro de este grupo hemos incorporado a los limpiadores, colorantes y antiespumantes, si bien los dos primeros no son, en sentido estricto, coadyuvantes, ya que no mejoran la pulverización

Pero prácticamente todos los fabricantes de coadyuvantes los incluyen dentro de sus productos y, por practicidad, los incorporaremos.

Los limpiadores son productos que tienen la propiedad de remover los depósitos de agroquímicos del tanque, cañerías, filtros, pastillas y, en general, de todos los componentes del circuito hidráulico. Su uso debe seguir estrictamente las instrucciones del fabricante. Muchas veces contienen amonio cuaternario, bicarbonato, amoníaco y cloro diluido.

Los colorantes (o tintas) permiten visualizar la calidad de la aplicación de un producto, permitiendo detectar fallas (chanchos), superposiciones y la efectiva llegada al blanco en el trabajo. No es muy frecuente su uso a campo, pero lo es más en trabajos de investigación o ensayos científicos.

Un buen colorante debe durar unos pocos días sobre el campo, siendo luego fácilmente degradado. En cuanto a los residuos dejados en la pulverizadora deben ser simples de limpiar con agua.

Los antiespumantes, generalmente están elaborados sobre la base de un compuesto carbono-siliconado: el dimetil poli siloxano.

Determinados agroquímicos tienen la característica de formar espumas en el tanque, especialmente cuando se están utilizando agitadores mecánicos y ha bajado el nivel del caldo, por lo que los agitadores comienzan a incorporar aire a la mezcla, dificultando la aplicación. Recuérdese que la espuma es una emulsión de aire en un líquido.

En estos casos, el uso de un antiespumante, suele ser la solución más accesible.

3.2.) Algunos criterios de uso para los coadyuvantes

No siempre es necesario el uso de coadyuvantes. Es más, es preciso ser muy cuidadoso con los mismos ya que toda incorporación al tanque de la pulverizadora puede implicar algún tipo de reacción química.

Previo a la decisión de utilizarlos conviene analizar las limitantes que pudieran afectar a una aplicación específica. Ello implica conocer el tipo de agua que se va a utilizar, si las condiciones climáticas son adecuadas o requieren de algún tipo de cuidado especial, si el agroquímico a utilizar recomienda especialmente el uso de algún tipo de coadyuvante, etc.

Hay que decidir cuáles son las prioridades particulares. Desconfiar, por otra parte de aquellos productos "multi-función", que al leer la etiqueta sirven para todo.

En caso de tener que mezclar en el tanque a dos o más agroquímicos diferentes constatar que “funcionen” dentro de un mismo rango de pH. De no ser así, no se podrá adecuar correctamente el pH.

Como siempre, es preferible utilizar productos de marcas reconocidas, aún cuando los mismos puedan ser algo más caros.

No tiene sentido utilizar penetrantes para productos que son de contacto; limitarlos a los productos sistémicos. Asimismo, para productos de contacto son más adecuados los tensioactivos.

Ajustar las dosis a lo estrictamente recomendado ya que en todos los casos excederse en la cantidad de coadyuvante puede llegar a dar resultados negativos.

En caso de riesgos de deriva es conveniente analizar todas las alternativas disponibles para producir gotas de mayor tamaño (diferentes tipos de pastillas, menor presión, mayores caudales, etc.) y no limitarse a la utilización del antiderivante.

Alguna bibliografía menciona que no debieran mezclarse antiderivantes con tensioactivos, por tener efectos antagónicos. Por lo tanto en estos casos se recomienda ser sumamente cuidadoso.

En las situaciones en que se debe aplicar un producto sistémico en condiciones de baja temperatura, puede ser conveniente acompañarlo con algún penetrante.

No hacer caso a aquellos productos que indican que su uso puede hacer que se utilice menor dosis por hectárea. Si durante la aplicación las plantas tienen rocío en su superficie no es recomendable el empleo de tensioactivos.

Agricultura de precisión en pulverizaciones

1) Introducción

Para todas las personas que están en contacto con la producción agropecuaria, es evidente que los suelos sobre los cuales trabajamos presentan “variabilidad”. No es igual un suelo de la Cuenca del río Salado que uno de la zona de Pergamino o uno de Las Lajitas, en Salta.

Pero estas diferencias no se presentan solamente de localidad en localidad o de provincia en provincia. Inclusive dentro de un mismo lote, los suelos son heterogéneos o “variables”.

Esta variabilidad, normalmente, es clasificada en tres orígenes diferentes.

- Espacial. Se refiere a la ubicación particular de cada sitio. Así tendremos varios ambientes como loma, media loma o bajo. Los suelos se pueden diferenciar por su contenido en sales, por su materia orgánica o por su textura y estructura.
- Temporal: Un mismo sitio puede variar sus rendimientos de año en año. Las condiciones climáticas, los ataques de diferentes plagas, etc. pueden ser las causas de estas diferencias.
- Inducida: se refiere a las variabilidades originadas a causa de las acciones del hombre.

En muchos casos se hace difícil indicar a qué tipo de variabilidad se deben los diferentes resultados de un cultivo, ya

Con las limitaciones del caso, podríamos definir a un “sitio específico” como un sector de características muy similares y, en el cual corresponde llevar a cabo un mismo manejo productivo.

Por lo tanto, se denomina “manejo sitio específico” a la aplicación diferenciada de insumos según las necesidades y rendimientos potenciales de los diferentes sitios del lote.

En Agricultura de Precisión, se denominan “ambientes” a las zonas con el mismo manejo sitio específico, lo que implica un mayor nivel de detalle con respecto a las prácticas agronómicas tradicionales.

Este tipo de manejo debiera permitir que cada ambiente del lote exprese su máximo potencial económico posible.

Podría definirse a la Agricultura de Precisión como la aplicación práctica de una serie de técnicas y conocimientos que permiten la realización del denominado “manejo sitio específico”.

Según Mantovani, Carvalho Pinto y Marçal de Queiroz (2006), “la agricultura de precisión es un conjunto de técnicas orientado a optimizar el uso de los insumos agrícolas (semillas, agroquímicos y correctivos) en función de la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola. Esta optimización se logra con la distribución de la cantidad correcta de esos insumos, dependiendo del potencial y de la necesidad de cada punto de las áreas de manejo”.

Ahora bien. ¿Cuál sería el criterio para lograr este objetivo en lo que hace a aplicaciones de pesticidas? ¿Y en el caso de fertilizantes líquidos?

Evidentemente, hace falta lograr aplicaciones localizadas, quizás, en algunos casos, con dosis variable, pero que no tienen nada que ver ni con los mapas de rendimiento ni con los mapas de suelo. Hace falta, en este caso, estudiar la distribución de cada una de las plagas, insectos, enfermedades o malezas.

2) Herramientas disponibles

2.1.) Sistemas GPS

Es un sistema compuesto por una red de más de 30 satélites denominados NAVSTAR, situados en una órbita ubicada a unos 20.200 km. de la superficie terrestre, y unos receptores GPS que permiten determinar nuestra posición en cualquier lugar del planeta, de día o de noche y bajo cualquier condición meteorológica. La red de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica y está gestionada por su Departamento de Defensa.

Cada satélite procesa dos tipos de datos: las Efemérides, que corresponden a su posición exacta en el espacio y en el tiempo exacto en UTC (Universal Time Coordinated), y los datos del Almanaque, que son estos mismos pero en relación con los otros satélites de la red, así como también con sus órbitas. Cada uno de ellos transmite todos estos datos vía señales de radio hacia la tierra en forma ininterrumpida.

Cuando nosotros encendemos nuestro receptor GPS portátil, empezamos a captar y recibir las señales de los satélites (el receptor GPS no envía ninguna señal de radio, solamente las recibe), empezando por la más fuerte, de manera tal que puede empezar a calcular la distancia exacta hasta ese satélite, así como también saber dónde buscar a los demás satélites en el espacio.

Una vez que el receptor GPS ha captado la señal de, al menos, 3 satélites, entonces puede conocer la distancia a cada uno de ellos y puede calcular su propia posición en la tierra mediante la triangulación de la posición de los satélites y nos la presenta en pantalla como longitud y latitud. Si un cuarto satélite es captado, esto proporciona mayor precisión a los cálculos y se muestra también la altitud calculada en pantalla. Cuando la precisión de las mediciones así lo exige, como en el caso de la Agricultura de Precisión, deben ser corregidas. Esta corrección se realiza mediante el apoyo de antenas terrestres (Beacon) o de satélites geoestacionarios. Este proceso se denomina "corrección diferencial" y, en este caso el sistema se denomina DGPS (Sistema de Posicionamiento Global Diferencial) o GPS con Corrección Diferencial.

Una corrección aún más precisa se puede lograr con los mecanismos denominados RTK (Real Time Kinematics), en los cuales las correcciones a la señal GPS son transmitidas en tiempo real desde un receptor de referencia, ubicado en un punto perfectamente identificado hacia otro, u otros, receptores de posición desplazable.

Esto, aplicado a la agricultura, permite la localización de las maquinarias así como también la definición de zonas con tratamientos diferentes (ambientes).

2.2.) Programas GIS (Geographical Information Systems)

Son sistemas que permiten integrar hardware y software para capturar, analizar, exhibir o utilizar todo tipo de información georreferenciada. Normalmente esta información se vuelca a mapas de diferentes parámetros: tipos de suelos, rendimientos en la cosecha de uno o de varios años para diferentes cultivos, conductividad eléctrica del suelo, su contenido de humedad en un momento dado, el nivel topográfico, etc.

Esta información puede ser superpuesta, una sobre otra a fin de ser analizada y adoptar decisiones de manejo coherente para cada ambiente, creando los denominados “mapas de prescripción” que indican las cantidades de cada insumo a utilizar en cada uno de los ambientes.

Estos mapas de prescripción son cargados en las computadoras de las diferentes máquinas para que, en forma automática, recibiendo en forma conjunta la información de la posición geográfica en latitud y longitud, los insumos sean aplicados en forma variable según los requerimientos de los diferentes ambientes.

Existen numerosos programas GIS y cada persona podrá elegir aquel que más lo satisfaga. Inclusive, algunos de ellos se encuentran disponibles en forma gratuita en la web.



Figura 1: Algunos modelos de banderilleros satelitales. Compaginado a través de imágenes internet.

2.3.) Banderillero Satelital

Es una herramienta que, mediante la utilización de un sistema GPS, permite definir con una precisión aceptable cada una de las pasadas de la máquina, evitando los inconvenientes producidos por las superposiciones o solapamientos, como así también la existencia de zonas sin tratar (chanchos). No es una herramienta exclusiva para pulverizadoras, ya que otras máquinas pueden utilizarla (fertilizadoras, sembradoras, cosechadoras, etc.)

Es un mecanismo que reemplaza con amplias ventajas a los sistemas de demarcación tradicionales: el sistema de dos personas (banderilleros) que entre pasada y pasada se posicionan para que el conductor los tome como punto de referencia, así como también al sistema de marcadores de espuma.

Funciona de la siguiente manera:

Al ingresar a pulverizar un lote, se ubica a la máquina en un punto, que se define como punto de comienzo, o punto A en el receptor. Luego, haciendo la primera pasada, se avanza hasta el final del lote, donde se ingresa el punto B. En este momento, el banderillero traza infinitas líneas paralelas a la original A-B con una separación igual al ancho de trabajo de la pulverizadora (dato que debe ser ingresado por el operador).

Al finalizar cada pasada el sistema indica la posición de la siguiente para que el operador pueda ubicarse correctamente sobre la misma.

En algunos modelos una línea de luces marca la correcta dirección. Las luces centrales son verdes, en tanto que las laterales, que son rojas, indican que la máquina se está desviando hacia uno u otro lado. Por lo tanto se debe circular con las luces verdes centrales encendidas.

En otros modelos, directamente se marca sobre una pantalla "una calle" sobre la que se debe transitar, existiendo sistemas de alarma que se activan en caso de desviarnos de la trayectoria adecuada. Existen sistemas combinados (calle + luces)

A esta función básica, que era la única que tenían los primeros banderilleros satelitales se le fueron agregando otras a medida que iban evolucionando los equipos:

- Posibilidad de trabajar en líneas curvas (por ej. curvas de nivel).
- Posibilidad de trabajar "en contorno".
- Memorias de recorrido efectuado y de la superficie tratada.
- Memoria de puntos de interés.
- Indicación de zonas sin tratar (obstáculos y corrección de la trayectoria)

- Función de retorno al punto de interrupción de trabajo.
- Bloqueo de sectores del botalón en caso de superposición de pasadas (corte por sección)

Finalmente se puede destacar que los sistemas más avanzados ya incluyen la posibilidad de conectarse con la consola de comando de pulverización, complementando perfectamente el sistema a fin de poder trabajar en Agricultura de Precisión, mediante un mapa de prescripción elaborado utilizando un programa GIS.

2.4.) Autoguía o piloto automático

Es un paso más en la evolución de los sistemas de demarcación. Presenta todas las ventajas ya mencionadas para el banderillero satelital.

Pero además, el sistema no solamente delimita perfectamente cada una de las pasadas, sino que, automáticamente, un mecanismo actúa sobre la dirección del equipo de forma tal que no se hace necesario el manejo por parte del operador. Los equipos más evolucionados, ya guardan en memoria los recorridos, inclusive con curvas y/o cabeceiras, pudiendo repetir numerosas veces a dichos recorridos. Teóricamente, el conductor podría ser prescindible en el trabajo, pero en la realidad esto no es así por dos motivos: interrupciones momentáneas de la recepción de las señales satelitales y presencia de obstáculos no especificados en los mapas de manejo sitio específico.

De todas maneras, estos sistemas permiten que el operario se pueda concentrar específicamente en el proceso de pulverización, disminuyendo además la fatiga propia del trabajo.

2.5.) Sensores específicos

En muchos casos puede resultar de suma utilidad el uso de “sensores cercanos”. Estos son mecanismos que permiten tomar mediciones puntuales sobre parámetros específicos que son importantes para conocer adecuadamente los lotes y hacer un mejor manejo sitio específico.

En algunos casos brindan la posibilidad de trabajar “en tiempo real”. Es decir que a medida que la máquina, provista de los correspondientes sensores, va avanzando sobre el lote, puede aplicar los insumos de acuerdo con las indicaciones que estos envían a la consola de control.

Por otra parte, si el equipo está conectado a un sistema GPS, permite (o puede permitir) la elaboración de mapas georreferenciados que serán de suma utilidad en la planificación y elaboración de ajustes en el sistema de producción de cada establecimiento.

Algunos de los sistemas de sensores existentes son:

- Zeltex: Analizador de proteína y aceite en grano cosechado
- Veris: Medidor de la conductividad eléctrica del suelo.
- Cropmeter: medidor de biomasa en el cultivo.
- Sensores de malezas.
- Sensores de Nitrógeno en el cultivo en función del índice verde y/o el contenido de clorofila.

Sobre estos dos últimos nos detendremos particularmente.



Figura 2: Weed Seeker instalado en una pulverizadora.

2.5.1.) Detección de malezas

En diferentes centros de estudio e investigación se han desarrollado diferentes tipos de sensores de malezas para permitir aplicaciones localizadas de herbicidas. Ya en 1998, el equipo liderado por el Dr. Lei Tian, de la Universidad de Illinois, desarrollo el Smart Sprayer con este objetivo.

Desde ese momento hasta ahora hubo numerosas iniciativas en este sentido, pero nos limitaremos a analizar brevemente al Weed Seeker, elaborado por N-Tecn Industries y al detector desarrollado en el I.I.R.

El primero de ellos consta de una serie de cuerpos individuales que se colocan en el botalón en el lugar de cada pastilla. El equipo opera normalmente cerrado. Cuando el sensor óptico detecta a las malezas y envía la información a la controladora, esta dispone la apertura de una válvula que habilita a la pastilla pulverizadora del equipo, aplicando solamente sobre la maleza en cuestión.

El sistema permite trabajar en tiempo real, tanto de día como de noche, pero no distingue malezas de cultivos, por lo que su uso se limita a los lotes en barbecho o, a lo sumo, a entresurcos amplios o utilizando pantallas protectoras que oculten al cultivo.

En cuanto al sistema desarrollado en el IIR, el sistema funciona de manera parecida, habiéndose ensayado con éxito a los prototipos y constatado el correcto funcionamiento de los sensores, ya que se han superado las etapas dinámicas de ensayo a campo. Sin embargo, su costo económico es sensiblemente menor.

Se prevé que su uso principal será en barbechos. Téngase en cuenta que en la actualidad, en nuestro país, cerca del 60 por ciento de las aplicaciones corresponden a glifosato. La idea es ir perfeccionando el sistema hasta llegar al punto en que el dispositivo diferencie entre "verdes", a fin de poder utilizarlo también en cultivos en pie.

De todas maneras, debe entenderse que estos sistemas de aplicación de herbicidas mediante sensores no se ajustan al criterio de “dosis variable”. Esta es siempre la misma, activándose o no mediante un sistema ON-OFF.

2.5.2.) Aplicación de nitrógeno en dosis variable

Estos dispositivos fueron diseñados partiendo de la base de que en los sitios de mayor desarrollo de los cultivos es donde se está produciendo la mayor extracción de nitrógeno y que, como contrapartida, en los sitios con menor biomasa de cultivo, la extracción es menor.

Así, es posible fijar una reposición máxima del fertilizante para el primer caso y una mínima, que puede ser cero, para la segunda. Con esta información, los sensores van fijando un gradiente de aplicación para las situaciones intermedias en función del valor detectado de NDVI (Normalized Diferencial Vegetative Index o Índice Normalizado de Vegetación Diferencial).

Los dispositivos más conocidos de este tipo son el N-Sensor y el Green Seeker.

El primero de ellos se ubica en la parte central del tractor (para fertilizantes sólidos) o de la pulverizadora (para fertilizantes líquidos) y en base a 4 sensores, dos a cada lado de la cabina, puede sensar hasta 50 m² por segundo.

El funcionamiento del Green Seeker es muy similar al del sistema anterior, pero en este caso cada equipo abarca un área mucho menor, de 60 x 60 cm por segundo, enviando cada uno de ellos la información relevada a un procesador central.

Idealmente, podría colocarse uno en el lugar de cada pastilla. Pero por razones económicas normalmente se opta por colocar uno por cada sector de botalón.



Figura 3: Sensor N.

Los principales inconvenientes de estos dos equipos son los siguientes:

- Costo muy elevado hasta este momento.
- Cada cultivo tiene NDVI diferentes, lo que obliga a desarrollar algoritmos para cada cultivo en particular. Algunos cultivos no tienen desarrollado dicho algoritmo.
- En el caso de la soja, la respuesta a la aplicación de nitrógeno se ve interferida por los mecanismos de fijación biológica, por lo cual el sistema no es aplicable.
- Algunos investigadores han mencionado que el sistema no funciona adecuadamente cuando existen otras limitantes al desarrollo vegetal, además de la disponibilidad de nitrógeno.

3) Sistemas de pulverización que se pueden adaptar a las dosis variables

En las controladoras convencionales de pulverización, el ajuste para mantener estable la dosis a aplicar por hectárea se lleva a cabo en base a la modificación de la presión. Es decir, si se disminuye la velocidad, también automáticamente se disminuye la presión en la proporción adecuada para mantener constante la dosis por hectárea. Como contrapartida, al aumentar la velocidad, se incrementa la presión, también en forma proporcional.

Sin embargo, este proceso tiene serias limitantes ya que al variar la presión se modifica el tamaño de las gotas producidas y se incide sobre el ángulo de las pastillas cuando se trabaja con abanico plano.

Así, la Norma ASAE EP 367.1 (1985) establece que “la presión de operación también puede ser ajustada para modificar el volumen, siempre y cuando se opere dentro de una franja de presiones recomendadas y que ese ajuste del volumen sea inferior al 25%. Mayor variación afecta excesivamente el tamaño de gota y el perfil de distribución”.

Dado que, cuando pretendemos trabajar en Agricultura de Precisión, el ajuste del volumen puede superar con creces el 25% mencionado, se hace necesario utilizar otras metodologías de manera tal que el ajuste de las dosis no se haga en base a variar la presión. Algunas de ellas pueden ser:

a) Inyección directa: Es un sistema mediante el cual la pulverizadora se carga con agua limpia y el agroquímico se inyecta mediante una bomba dosificadora de precisión de acuerdo con la dosis requerida. Las ventajas del sistema están dadas por la posibilidad de inyectar más de un agroquímico (normalmente hasta tres) y por el hecho de mantener limpio el circuito general.

Como desventajas se pueden mencionar la imposibilidad de adaptarse a la aplicación de fertilizantes líquidos y un mecanismo de respuesta lento.

b) Sistema bifluído AirJet: En este caso la presión en el pico de pulverización está definida por la presión de dos fluidos, la del líquido a pulverizar y por aire comprimido. Cuando la presión del líquido baja se aumenta la del aire (y viceversa) para mantener constante el tamaño de las gotas. Este sistema permitiría una cierta variación, ya que al incrementar o disminuir el caudal de aplicación en función de los requerimientos de dosis variable, existe una cierta compensación en el tamaño de las gotas producidas dada la variación de presión del aire comprimido.

c) Modulación por Ancho de Pulsos: Es un sistema que, en nuestro país, no ha alcanzado su fase comercial. Consiste, básicamente en una válvula eléctrica que se inserta en la parte superior de cada pico, abriendo y cerrando el paso del líquido mediante oscilaciones electrónicas sumamente rápidas, lo que genera un funcionamiento, que en la práctica puede asimilarse a un caudal continuo. Se puede regular los porcentajes de tiempo en el que el pico está abierto y/o cerrado, siendo el caudal, por lo tanto, dependiente de este porcentaje, de la pastilla que se esté utilizando y de la presión de trabajo, aún cuando se procura no modificar este parámetro a fin de no alterar las características de la pulverización.

d) Selección-combinación de pastillas: En este caso, en cada pico hay más de una pastilla: dos, tres o cuatro. En función de la demanda de dosis el sistema “elige” la pastilla por la que debe optar. Si ninguna de las pastillas alcanza la dosis necesaria se pueden sumar dos o más pastillas hasta llegar al caudal necesario.

Obviamente cada una de las pastillas debe trabajar dentro de su rango de presión adecuado. En este principio se basa el sistema “VarioSelect” de Lechler, así como también el sistema 4063 recientemente desarrollado por ARAG.

4) Posibilidades para los diferentes tipos de aplicaciones

Cualquier aplicación que se haga en agricultura de precisión requiere contemplar dos aspectos diferentes: la máquina que me permita hacer dosis variable o, cuando menos, localizadas y el mapa de prescripción que me indique dónde debo aplicar y en qué dosis. Se analizarán brevemente las posibilidades para los distintos tipos de aplicaciones.

a.) Aplicación de fertilizantes líquidos

Es en este caso cuando están dadas todas las condiciones para su incorporación a la aplicación de dosis variables. Es sumamente factible realizar un mapa de prescripción en base a la información de rendimientos a cosecha y análisis y mapas de suelo. También es posible contar con maquinaria apta para estas tareas.

b.) Aplicación de herbicidas

Esta situación es algo más complicada por la complejidad que implica realizar un mapa de distribución de malezas. Si bien muchos autores coinciden en que las malezas se presentan en forma de manchones que suelen ser repetitivos de año en año para una misma época, es innegable que la confección del mapa de prescripciones implica una tarea y un costo extra que debe ser contemplado al momento de las decisiones. Con todo, y especialmente teniendo en cuenta que el control de las malezas, generalmente es la más difundida de las aplicaciones, las investigaciones están siendo fuertemente orientadas hacia este tema, con lo cual es factible esperar una mayor difusión de estas tecnologías en los próximos años.

c.) Aplicación de insecticidas y fungicidas

La generación de un mapa de prescripción, en este caso, es sumamente complicada y depende mucho del tipo de plaga y/o enfermedades. Ciertos insectos tienen demasiada movilidad en el campo como para pretender fijarlos en un mapa. En otros casos no es así, pero la única posibilidad es georeferenciarlos en forma manual, lo que, indudablemente es una tarea engorrosa.



No obstante, algunas empresas de monitoreo y control de plagas llevan esos registros para sus clientes. En estos casos, muy poco frecuentes, sería posible hacer aplicaciones localizadas. Otro tanto sucedería en la aplicación de fungicidas.

Se está investigando sobre la base de imágenes infrarrojas para elaborar estos mapas, pero los resultados aún no han superado la etapa de investigación.

ANEXO

Uso responsable de agroquímicos

GUÍA DE USO DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL



Ing. Qca. MSc. Florinda Arias Miño
Referente Regional de Higiene y Seguridad en el Trabajo
INTA – Centro Regional Corrientes
fariasmino@correo.inta.gov.ar



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Introducción

En las actividades agrícolas, los agroquímicos, tanto plaguicidas como fertilizantes, son productos de uso difundido y contribuyen a disminuir el esfuerzo físico en las actividades agrícolas. Las consecuencias de la exposición a plaguicidas para la salud humana dependen de numerosos factores, incluido el tipo de plaguicida y su toxicidad, la cantidad o dosis de exposición, la duración, el momento y las circunstancias de exposición.

En esta guía se consideran los pasos claves prácticos para evitar accidentes y enfermedades causadas por el uso incorrecto y, así, garantizar la seguridad y protección de las personas.

Agroquímicos

Los agroquímicos son compuestos químicos o biológicos destinados a la protección de los cultivos, ya sea para la prevención o el control de las plagas que producen daños y mermas en la producción agrícola.

Comprenden a los insecticidas, herbicidas, fungicidas, reguladores de crecimiento, roenticidas, molusquicidas, esterilizantes del suelo, los productos protectores de la madera, los repelentes contra pájaros y animales, entre otros. También se incluyen ciertos microorganismos, como bacterias, hongos y virus empleados para combatir las plagas.

Uso seguro de agroquímicos

Los agroquímicos son sustancias que deben ser manejadas responsablemente, lo que implica la obligación del trabajador a seguir pautas establecidas en leyes, normas y técnicas durante toda la gestión de manejo que se realiza con los productos. De esta forma se asegura la salud del trabajador, la salud del consumidor y el equilibrio del medio ambiente.

Planificación de las aplicaciones

El tiempo empleado en la planificación resulta beneficioso; la eficacia y la seguridad aumentan, ya que ayuda a identificar y controlar los riesgos del empleo de plaguicidas.

Los plaguicidas sólo deben emplearse en caso necesario y, de ser así, únicamente cuando los beneficios derivados de su empleo sean mayores que los riesgos para la salud de las personas o del medio ambiente.



Responsabilidades del empresario

- Justificar la necesidad de aplicar un plaguicida.
- Evaluar los riesgos.
- Organizar el trabajo: prevenir y controlar la exposición.
- Proveer de los elementos de protección personal adecuados para el trabajo, fiscalizar y exigir su uso.
- Informar, instruir y formar a los operarios.

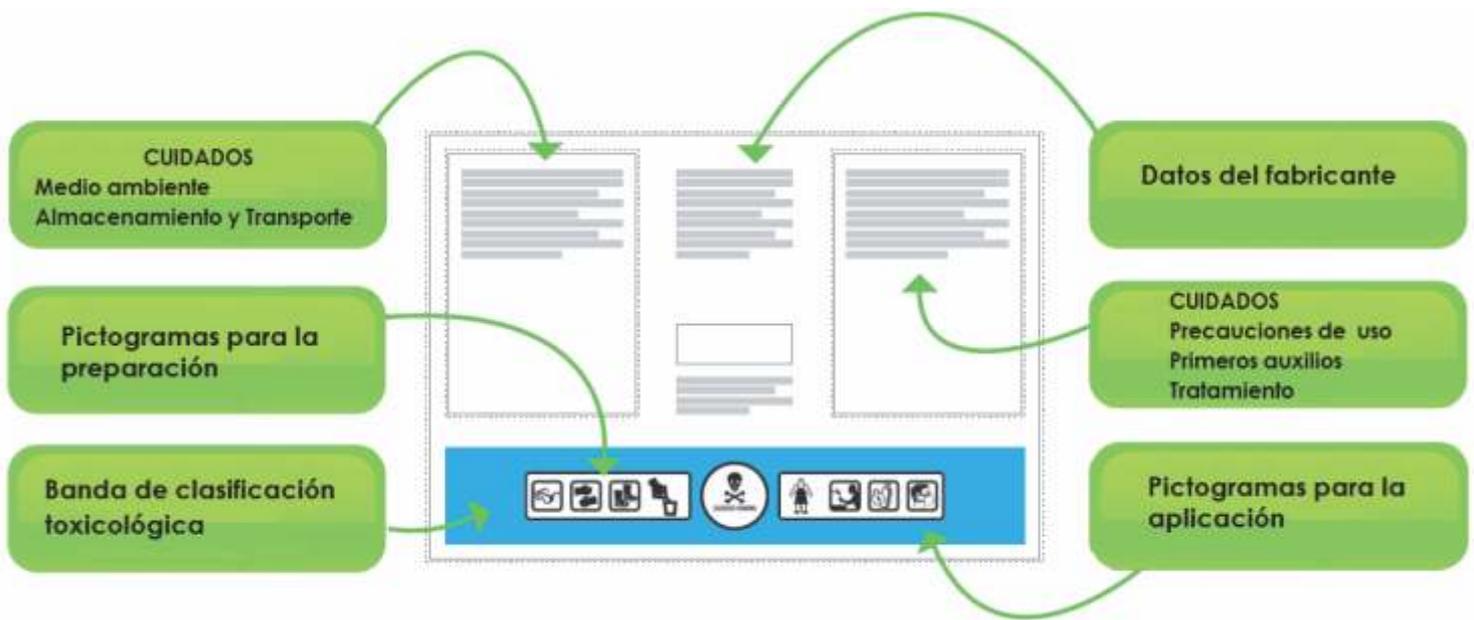
Responsabilidades del empleado

- Aplicar las medidas de control que se le indican.
- Usar y conservar los elementos de protección personal.

Empleo de la etiqueta

Las etiquetas de los agroquímicos son la mejor fuente de información y proporcionan asesoramiento básico sobre el uso del producto. Contienen abundante y detallada información. Algunas de sus instrucciones son obligatorias y están establecidas por ley, otras ofrecen consejos para obtener el máximo rendimiento. Toda la información es útil y contribuye al empleo seguro, adecuado y eficaz del producto.





Según la Clase Toxicológica de cada producto fitosanitario, todas las etiquetas o marbetes de todos los principios activos o productos formulados registrados ante el SENASA en la República Argentina deben llevar en la parte inferior diferentes colores y frases de advertencia.

Clasificación de los productos según los riesgos*	Clasificación del peligro	Color de la banda
Clase I a SUMAMENTE PELIGROSO	MUY TÓXICO	ROJO
Clase I b MUY PELIGROSO	TÓXICO	ROJO
Clase II MODERADAMENTE PELIGROSO	NOCIVO	AMARILLO
Clase III POCO PELIGROSO	CUIDADO	AZUL
Clase IV NORMALMENTE NO OFRECEN PELIGRO	CUIDADO	VERDE

*Fuente: Organización Mundial de la Salud

Los pictogramas son símbolos gráficos, internacionalmente aceptados, que poseen una comunicación exclusivamente visual, pudiendo ser entendida por cualquier persona aunque no sepa leer. Son dibujos simples que comunican un mensaje sin palabras. Su función es proporcionar ayuda para entender las advertencias e indicaciones que aparecen en la etiqueta.

En esta guía se consideran los pasos claves prácticos para evitar accidentes y enfermedades causadas por el uso incorrecto y, así, garantizar la seguridad y protección de las personas.

Pictograma de almacenamiento



Pictograma de seguridad personal



Pictograma de seguridad en la manipulación y aplicación



Pictograma de advertencia



Vías de ingreso de los agroquímicos al organismo

La exposición es el contacto del agroquímico con cualquier parte del organismo humano. Los agroquímicos pueden ocasionar efectos agudos (accidentes) o efectos crónicos, resultantes de la exposición prolongada (enfermedades profesionales).

Las principales vías de entrada son:



Vía Dérmica: es la más frecuente, se produce por contacto y absorción del plaguicida por la piel, puede producirse fácilmente y, generalmente pasa inadvertida. Es facilitado por la permanencia prolongada del producto en la piel, falta de aseo posterior y posibles lesiones cutáneas.



Vía Respiratoria: Se inhalan por la nariz y la boca con el aire respirado y pasan por todo el aparato respiratorio, llegando a los pulmones.



Vía oral: Cuando el plaguicida entra por la boca, está muy asociada a comer, beber o fumar en el trabajo.



Vía ocular: los plaguicidas pueden penetrar el organismo por los ojos y producir efectos generales. También pueden provocar daños locales, a veces permanentes.

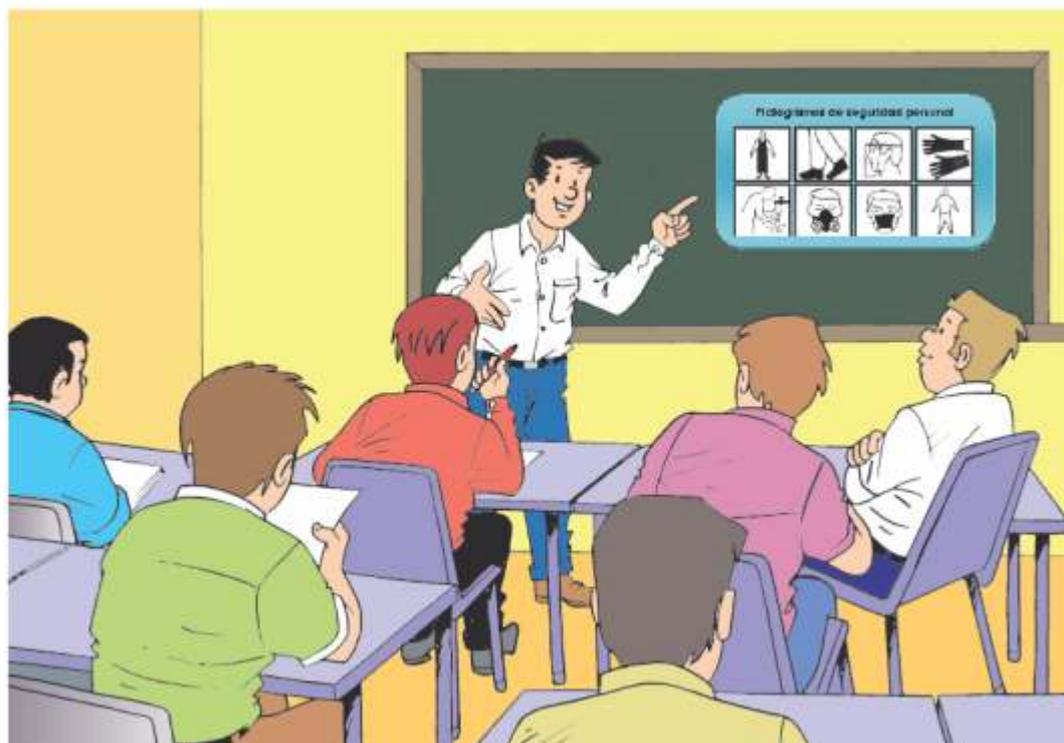
Elementos de protección personal (EPP)

El elemento de protección personal (EPP) es cualquier medio o dispositivo para uso individual, para tratar de neutralizar el riesgo presente y proteger la integridad física del trabajador durante el desempeño de su trabajo.

En las actividades rurales, la mayoría al aire libre, hay pocas posibilidades de controlar los riesgos a través de equipos de protección colectiva, por lo que el EPP se convierte en una de las principales medidas adoptadas para la protección del trabajador.

Sin embargo, deberían ser sólo una medida adicional de control para reducir las enfermedades profesionales y los accidentes de trabajo.

La simple entrega de equipamientos de protección personal no garantiza protección, ni evita contaminaciones y su uso incorrecto puede comprometer aún más la seguridad del trabajador.



Esta situación se puede prevenir a partir de la utilización de buenas prácticas, que incluyen como eje principal la capacitación mediante el desarrollo de una percepción del riesgo, información y reglas básicas de seguridad. Estas son las herramientas más importantes para evitar la exposición y asegurar el éxito de las medidas para proteger la salud del trabajador

Principales elementos de protección personal (EPP)

Protección de extremidades

Guantes

Son el artículo de protección más importante, pero no por ello debe pensarse que ofrecen una protección completa.

Su grado de protección depende del modo en que se colocan, emplean, sacan, limpian y guardan.

Deben ser impermeables al producto químico, sin forro, flexibles, de puño largo y un grosor mínimo de 0,4 mm.

Pueden ser de distintos materiales y la utilización depende del tipo de formulación del producto a ser utilizado. En general, se recomienda usar guantes de NITRILO o de NEOPRENE, materiales que pueden ser usados con cualquier tipo de formulación.

Botas

Su función es proteger los pies.

Deben ser impermeables, preferentemente de caña alta y resistentes a los solventes orgánicos, por ejemplo de PVC. Las botas deben cubrir las pantorrillas y no deben ser forradas. Las botas de cuero no son adecuadas, ya que absorben ciertos productos y no se pueden descontaminar.

Protección respiratoria

Respiradores Los respiradores tienen como objetivo evitar la inhalación de vapores orgánicos, nieblas o finas partículas tóxicas a través de las vías respiratorias.

Hay básicamente dos tipos de respiradores: los barbijos desechables, sin mantenimiento y con una vida útil relativamente corta; y las semimáscaras, de bajo mantenimiento y con filtros especiales cambiables y más durables.

Los respiradores son equipos importantes, pero se pueden obviar en algunas situaciones, cuando no hay presencia de nieblas, vapores o partículas en el aire, como durante la aplicación de productos granulados al suelo mediante un tractor y la pulverización con tractores equipados con cabinas climatizadas.

Deben estar limpios, desinfectados y sus filtros no deben estar saturados. Cuando se saturan, los filtros deben ser sustituidos o descartados.

Cabe señalar que, si los respiradores son utilizados de manera inadecuada, se tornan incómodos y pueden convertirse en una significativa fuente de contaminación.

Antes de usar cualquier tipo de respirador, el usuario debe estar afeitado, además de hacer una prueba de ajuste para evitar que falla del sellamiento. El almacenamiento debe ser en lugar limpio y seco, preferiblemente dentro de una bolsa de plástico.

Protección de ojos y rostro

Estos equipos protegen los ojos y el rostro de salpicaduras durante el manejo y aplicación de agroquímicos.

Pueden ser de dos tipos:

- Anteojos o antiparras: Es importante que tenga un visor panorámico con perforaciones antiempañantes.
- Protector facial: Además de los ojos también protege el rostro. Es un gran visor plástico con un arnés para fijarlo en forma segura a la cabeza. Debe tener la mayor transparencia posible y no distorsionar las imágenes, también debe proporcionar confort al usuario y permitir el uso simultáneo del respirador cuando fuese necesario.

Si no hay presencia o emisión de vapores, nieblas o partículas en el aire, se puede prescindir del respirador, aumentando el confort del trabajador.

Protección del cuerpo

El material del traje de protección contra los plaguicidas debe tener ante todo una adecuada barrera química frente a la penetración y permeación de sustancias en estado sólido, líquido o gas, además de otras propiedades relacionadas con el confort y la resistencia mecánica.

Los trajes más utilizados son los tipo Tyvek® y los hidrorrepelentes.

Traje tipo Tyvek®

Este tipo de equipamiento se usa para los productos que reúnen mayores riesgos y está compuesto por un traje completo de protección, confeccionado en tela no tejida tipo Tyvek®/Tychem QC.

Además de la hidrorrepelencia, ofrecen impermeabilidad y resistencia mecánica a nieblas y partículas sólidas

Estas prendas tienen una durabilidad limitada y no deben reutilizarse una vez dañadas. En regiones tropicales, donde el calor reinante es elevado, no proveen confort debido a que, aumenta la transpiración y, con ello, el trabajador se deshidrata fácilmente.

Traje hidrorrepelente

Confeccionados en tejido de algodón tratado con Teflón, producto que los vuelve repelente a los agroquímicos.

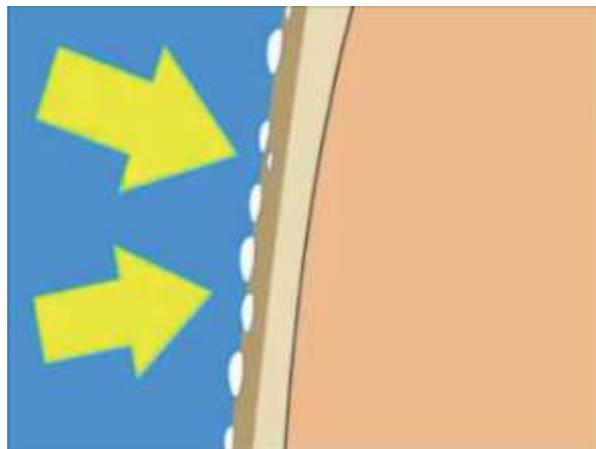
Es apropiado para proteger el cuerpo de salpicaduras y no para contener exposiciones a productos con mayores riesgos o chorros dirigidos.

Los tejidos de algodón con tratamiento hidrorrepelente ayudan a evitar el humedecimiento y pasaje del producto tóxico para el interior de la ropa, sin impedir la transpiración, lo que los hace más confortables.

Deben ser preferentemente claros para reducir la absorción de calor y ser de fácil lavado, para permitir su reutilización. Pueden resistir varios lavados, si se manejan de forma correcta.

Los pantalones tienen refuerzo en las piernas, para aplicaciones donde haya alta exposición del aplicador al producto.

Es fundamental que el trabajador se mantenga limpio durante la aplicación.



TEJIDO HIDROREPELENTE

Tejido que no se moja fácilmente y no absorbe el producto

Delantal

Producido con material resistente a solventes orgánicos. Aumenta la protección del aplicador frente a las salpicaduras de productos concentrados durante la preparación de los caldos de aplicación o de eventuales fugas de la mochila de aplicación.

Protección de la cabeza

Gorro tipo legionario

Confeccionado en tejido de algodón hidrorepelente. Protege el cuero cabelludo y el cuello de las salpicaduras y del sol.

Capucha

Pieza integrante de camisas o mamelucos, tipo Tyvek® o de los trajes hidrorepelentes de algodón. También protegen el cuero cabelludo y el cuello.

Usos de los EPP

Para evitar la contaminación y proteger adecuadamente, los EPP deben ser vestidos y retirados de forma correcta siguiendo una secuencia lógica.

Rutina correcta de cómo vestir los EPP

Se detalla a continuación el orden y la forma de vestir los EPP.

- 1 Pantalón
- 2 Camisa
- 3 Botas
- 4 Delantal
- 5 Respirador
- 6 Protector facial
- 7 Gorro o capucha
- 8 Guantes



1° y 2° Pantalón y camisa (o mameluco): Deben ponerse sobre la ropa común, lo que permitirá hacerlo en lugares abiertos. Pueden ser usados sobre una bermuda y camiseta de algodón, para aumentar el confort.

El aplicador debe vestir primero el pantalón y, a continuación, la camisa asegurándose que quede sobre el pantalón y perfectamente ajustado.

3° Botas: deben ser calzadas sobre medias de tubo de algodón largas, para evitar roces con los pies, tobillos y canillas. Los pantalones deben cubrir las botas por fuera, para que las salpicaduras o goteos no caigan dentro de éstas.

4° Delantal impermeable: Debe ser usado en la parte del frente de la camisa durante la preparación del caldo de aplicación. Durante las aplicaciones con mochila debe ser usado en la parte de atrás de la camisa, es fundamental controlar el buen funcionamiento de la mochila para evitar fugas.

5° Protección respiratoria

Barbijo: Debe ser colocado de forma que los dos elásticos queden fijados correctamente y sin dobleces, uno en la parte superior de la cabeza y otro en la parte inferior, a la altura del cuello sin apretar las orejas. El respirador debe encajar perfectamente en la cara del trabajador evitando la entrada de partículas, nieblas o vapores.

Semimáscara: Debe ser ajustada firmemente, para evitar la entrada de vapores, nieblas y partículas.

6° Protección de ojos y rostro: Los protectores faciales, anteojos y antiparras deben ser ajustados firmemente a la frente, sin apretar la cabeza del trabajador.

7° Gorro tipo legionario: Debe ser colocado sobre los protectores faciales, asegurando el cuello y la cabeza.

8° Guantes: Es el último EPP a vestir. Deben ser del tamaño adecuado para el trabajador y colocarse dentro de las mangas de la camisa. Sin embargo, si se va a estar trabajando con las manos y los brazos sobre la cabeza, los guantes deben ir por fuera de las mangas de la camisa y con los bordes doblados para que el pesticida no pueda escurrirse por los brazos.

Rutina correcta de retiro de los EPP Después de la aplicación, la superficie externa de los agroquímicos, están contaminados. Por ello, al retirar los EPP es importante evitar el contacto de las zonas más afectadas con el cuerpo del usuario

- 1 Gorro o capucha
- 2 Protector facial
- 3 Delantal
- 4 Camisa
- 5 Botas
- 6 Pantalón
- 7 Guantes
- 8 Respirador



Antes de comenzar a retirar los EPP, el aplicador debe lavarse las manos con los guantes puestos. Esto ayudará a reducir los riesgos de exposición accidental.

1° Gorro tipo legionario:
se debe desprender el velcro y sacarlo con cuidado.



2° Protector facial:
Retirarlo y colocarlo en lugar de forma de evitar rayones.



3° Delantal:
Debe ser retirado desatando el lazo y desprendiendo el velcro.



4° Camisa:
Tirar de los hombros de la camisa simultáneamente, de manera que la parte contaminada no entre en contacto con el rostro.



5° Botas: Durante la pulverización, especialmente con mochila, las botas son las partes más afectadas. Deben ser retiradas en un lugar limpio, donde el aplicador no se ensucie los pies



6° Pantalón: Se debe desprender y deslizar por las piernas del aplicador sin entrar en contacto con la piel.

7° Guantes: se deben tirar desde la punta de los dedos, de manera tal de que se desprendan simultáneamente. No darlos vuelta para no contaminar la parte interna.





8° Respirador: Debe ser el último EPP a ser retirado, guardado separado de los demás equipos, dentro de una bolsa limpia, para evitar contaminación de las partes internas o de los filtros



Después de limpiar el equipo de aplicación y lavar la ropa de protección, la limpieza personal es el próximo paso. El aplicador debe ducharse tan pronto como sea posible, asegurándose de lavarse el cuero cabelludo y cuello, detrás de las orejas y bajo sus uñas. A continuación debe usar ropas limpias.

Lavado y mantenimiento de los EPP

Los EPP deben ser lavados y guardados correctamente para asegurar una mayor vida útil.

Lavado

- Deben lavarse separados de la ropa de uso diario.
- Para lavar los EPP se deben usar guantes de nitrilo o de neopreno.
- Las ropas deben lavarse con jabón neutro y abundante agua para diluir y remover los residuos de la aplicación. No deben quedar en remojo.
- No se recomienda el uso de blanqueadores porque pueden dañar los tejidos.
- Las vestimentas deben ser secadas a la sombra. Sólo lavar en lavarropas si lo recomienda el fabricante.



Mantenimiento

- Los protectores faciales o máscaras deben limpiarse con un agente bactericida y nunca con solventes orgánicos, ya que estos pueden deteriorar sus componentes. Luego de la limpieza, aquellos deben guardarse en bolsas cerradas, según las recomendaciones del fabricante. La frecuencia de recambio de los filtros depende de la concentración aérea del agente tóxico (exposición) y no del tiempo de uso. En caso de exposición repetida, los filtros deben cambiarse cuando el usuario perciba resistencia durante la inspiración o cuando sienta un sabor extraño, ya que no poseen indicador de saturación.
- Los guantes deben ser revisados cuidadosamente para controlar que no estén perforados, para ello hay que llenarlos con agua y apretarlos. Cada exposición a pesticidas reduce la habilidad del guante de protección en la próxima vez que se los usa. Las prendas de algodón hidrórepelente al ser planchadas reactivan el tratamiento
- aumentando su vida útil.

Descarte

La durabilidad de los trajes hidrórepelentes debe ser informada por los fabricantes y verificada frecuentemente por el usuario.

La forma de comprobar su estado es arrojar agua después de plancharlos. Si se formaron gotas que escurren se encuentra en buen estado; si se moja es necesario descartarlo, pues no ofrece el nivel de protección exigido.

Antes de ser descartados los trajes deben ser lavados para que los residuos de los agroquímicos sean removidos, permitiendo el descarte común. También deben ser rasgados para evitar su reutilización.



Mitos sobre los EPP

Los EPP no son cómodos

Actualmente existen EPP confeccionados con materiales livianos y confortables. La sensación de incomodidad está asociada a la falta de entrenamiento y al uso incorrecto.



El aplicador no usa los EPP

El trabajador se niega a usar los EPP sólo cuando no fue concientizado del riesgo y de la importancia de proteger su salud. Un aplicador profesional exige los EPP para trabajar.

Los EPP son caros

Hay estudios que comprueban que los gastos de EPP representan, en promedio, menos del 0.05% de las inversiones necesarias para un cultivo. Insumos, fertilizantes, semillas, productos fitosanitarios, mano de obra, costos administrativos y otros materiales suman 99.95%



Fuentes consultadas

ANDEF, 2010. Manual de uso correto de equipamentos de proteção individual. Associação Nacional de Defesa Vegetal – ANDEF. Campinas, São Paulo. Brasil.
http://www.undef.com.br/manuais/arquivos/Manual_EPI.pdf

ANDEF, 2010. Manual de Segurança e Saúde do Aplicador de Produtos Fitossanitários. Associação Nacional de Defesa Vegetal – ANDEF. Campinas, São Paulo. Brasil.
<http://www.undef.com.br/manuais/arquivos/SegSaudeFinal.pdf>

BRITISH CROP PROTECTION COUNCIL, 1999. Uso de Plaguicidas. Ed. CEAC. Barcelona. España. 145 p.

CASAFE. Manual de Uso responsables de Productos Fitosanitarios. Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes.
http://www.casafe.org/web_css/pdf/manual_casafe_final.pdf

CASAFE, 2000. Uso seguro de productos fitosanitarios y disposición final de envases vacíos. Ed. CASAFE, 180 p.
<http://www.casafe.org/usoseguro/index.htm>

Ilustraciones

Obtenidas de los siguientes catálogos técnicos - comerciales:

Teejet: <http://www.teejet.com/spanish/home/literature/catalogs/catalog-50a-e.aspx>

Arag: http://www.aragnet.com.ar/arag/index.php?option=com_virtuemart&Itemid=3

Lechler: <http://www.toberas.com.ar>

Elementos de protección personal: <http://www.andef.com.br/manuais/>

Agradecimientos

Por los aportes desinteresados de gráficos, diagramas y fotografías a los siguientes profesionales:

- Ing. Agr. Gustavo Casal
- Licenciado Agustín Onorato
- Ing. Agr. Mario Bogliani