

Productos fitosanitarios: medidas preventivas en los equipos de aplicación

Plant protection products: preventive measures in the application equipments
Produits phytopharmaceutiques: mesures de prévention à les équipements d'application

Redactores:

Fernando Sanz Albert
Ldo. en Ciencias Ambientales
Ingeniero Técnico Agrícola

Isaac Abril Muñoz
Ldo. en Ciencias Químicas

Pedro Delgado Cobos
Dr. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE MEDIOS
DE PROTECCIÓN

El objetivo de esta NTP es determinar las medidas preventivas relacionadas con los equipos de aplicación de productos fitosanitarios que se podrían adoptar con la finalidad de minimizar el riesgo por exposición laboral a dichos productos. Se establecen criterios de selección de la técnica y del tipo de equipo de aplicación, teniendo en cuenta las distintas variables relacionadas con los equipos que influyen en la exposición y los diversos escenarios que se pueden presentar en el tratamiento. Asimismo, se consideran medidas relacionadas con los componentes del equipo que contribuyen a evitar pérdidas y escapes que podrían originar el contacto del producto con el trabajador. Por otro lado, también se contemplan otros aspectos esenciales, tales como la adecuada regulación de los parámetros de funcionamiento, el correcto uso del equipo en las distintas operaciones del tratamiento y el seguimiento de unas buenas prácticas durante su mantenimiento y limpieza.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La manipulación de productos fitosanitarios supone un riesgo de exposición de los trabajadores a las sustancias que contienen dichos productos (principalmente a sus ingredientes activos, aunque también a disolventes, coadyuvantes, etc.). Dicha exposición se produce tanto por vía dérmica como inhalatoria y digestiva, aunque la que más importancia tiene en la mayoría de los casos es la vía dérmica. La exposición se produce principalmente en las operaciones de mezcla y carga del producto fitosanitario en el equipo de aplicación y durante la propia aplicación, aunque en las operaciones de limpieza y mantenimiento de los equipos también se puede producir contacto con restos del producto.

Al igual que para el resto de productos químicos, el riesgo por exposición a productos fitosanitarios tiene dos componentes: toxicidad de las sustancias activas del producto y exposición al mismo. La toxicidad representa la peligrosidad intrínseca de los ingredientes activos del producto; mientras que la exposición depende principalmente de las condiciones en las que se utiliza.

La forma más eficaz de garantizar la seguridad de los trabajadores sería eliminar el riesgo mediante la utilización de alternativas a los productos fitosanitarios (por ejemplo, la lucha biológica) o la sustitución por productos de baja toxicidad. Sin embargo, estas medidas no siempre son posibles, por lo que se debe tratar de reducir la exposición a los productos fitosanitarios para mantener la productividad sin poner en peligro la salud de los trabajadores. En este sentido, las características técnicas de los equipos de aplicación y el modo en que se utilizan tienen una gran influencia en el nivel de exposición y por lo tanto, para minimizar el riesgo, se deben tomar medidas preventivas sobre ellos que reduzcan dicha exposición.

2. MARCO NORMATIVO

En el ámbito normativo europeo, se reconoce que el diseño, la construcción y el mantenimiento de las máquinas para la aplicación de plaguicidas desempeñan un papel importante en la reducción del impacto adverso de los plaguicidas sobre la salud humana y el medioambiente. Así, la Directiva 2009/127/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por la que se modifica la Directiva 2006/42/CE en lo respecta a las Máquinas para la Aplicación de Plaguicidas, establece los requisitos esenciales que deben cumplir las máquinas para la aplicación de plaguicidas antes de su introducción en el mercado o su puesta en servicio. La Directiva establece que serán las organizaciones de normalización europeas las responsables de elaborar normas armonizadas que faciliten especificaciones detalladas para las diferentes categorías de dichas máquinas. Por otro lado, en la Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un Uso Sostenible de los Plaguicidas, se establece que los Estados miembros velarán por que los equipos de aplicación de plaguicidas de uso profesional sean objetos de inspecciones periódicas para verificar que cumplen con los requisitos de salud y seguridad previstos en su anexo II. Ambas Directivas están, a fecha de remisión de esta NTP, pendientes de ser transpuestas a la legislación española.

El RD 1215/1997 de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, es aplicable a los equipos de aplicación de productos fitosanitarios, por lo que éstos deben cumplir con los aspectos establecidos en los anexo I y II, relativo a los requisitos mínimos que debe cumplir

todo equipo de trabajo y las disposiciones relativas a su utilización.

3. MEDIDAS PREVENTIVAS

Las medidas preventivas establecidas en esta NTP se refieren a los equipos de aplicación de líquidos mediante pulverizadores terrestres, ya que su uso es el más extendido. Los espolvoreadores (utilizados para aplicar productos en estado sólido), los fumigadores (utilizados para aplicar productos en estado gaseoso) y los pulverizadores aéreos quedan excluidos del alcance de este documento.

Dichas medidas se han clasificado en relación a:

- La selección de la técnica y el tipo de equipo
- La elección o incorporación de componentes, así como su revisión y reparación
- La regulación de los parámetros de funcionamiento
- La utilización
- El mantenimiento y la limpieza

Medidas relacionadas con la selección de la técnica y el tipo de equipo

A la hora de adquirir un nuevo equipo de aplicación o de elegir entre las distintas alternativas de las que disponga el agricultor, es fundamental considerar el nivel de exposición al producto fitosanitario que se espera en función de las características del equipo. En este sentido, interesa clasificarlos en función de dos criterios: la técnica de pulverización (basada en el fundamento para la generación de la gota y su transporte) y el tipo de equipo (considerando principalmente su nivel de automatización).

En las tablas 1 y 2, se recogen las características de los distintos equipos siguiendo los criterios de clasificación anteriormente mencionados.

Para establecer unos criterios de selección de la técnica y el tipo de equipo más apropiado para reducir la exposición, se consideran las siguientes variables como aquellas que, estando relacionadas con el equipo de aplicación, tienen influencia sobre la exposición:

- Tamaño de gota: En general, se puede afirmar que

Técnica de pulverización	Fundamento	Transporte	Tamaño medio de las gotas (µm)	Altura de aplicación	Cultivos/Tratamientos	Descripción
Hidráulica	Presión	Tractor o manual	150-500 Llovizna-Lluvia	Bajos	Tractor: Herbicidas e insecticidas en cultivos de porte bajo. Manual: jardines, árboles, exterior e invernaderos.	En los pulverizadores hidráulicos, el producto líquido es impulsado por una bomba a una determinada presión, de forma que al atravesar una boquilla calibrada y encontrarse con la resistencia que le ofrece el aire a la salida del chorro, éste se rompe en finas gotas. Estos equipos pueden disponer adicionalmente de asistencia de aire.
Hidroneumática	Presión y aire	Tractor	100-200 Llovizna	Bajos y Altos (en general altos)	Plantaciones frutales. Cultivos de alta densidad foliar.	Los pulverizadores hidroneumáticos generan una nube de finas gotas que se asemejan a la llovizna. Para el transporte de las gotas desde la máquina hasta el vegetal se utiliza una corriente de aire producida por un ventilador que proporciona gran caudal a baja velocidad. De esta forma, las gotas transportadas por dicha corriente alcanzan con facilidad el interior de la masa vegetal. A diferencia de los pulverizadores hidráulicos con asistencia de aire, en los que ésta es opcional, en los pulverizadores hidroneumáticos el aire cumple un papel fundamental y constante. Las gotas alcanzan mayores distancias. Se obtiene buena penetración foliar pero las gotas no son muy uniformes.
Neumática	Aire	Tractor o manual	40-200 Niebla-Nube	Bajos y Altos (en general altos)	Viña/ Cultivos de alta densidad foliar. Insecticidas y Fungicidas.	En los pulverizadores neumáticos el líquido, generalmente sin presión o a una presión baja, atraviesa un orificio calibrado que determina el caudal del caldo, y finalmente llega a la salida, denominada difusor (a veces también boquilla) de donde sale a una tobera en forma de vena líquida continua o parcialmente dividida, nunca pulverizada. En la tobera el caldo choca con una corriente de aire a elevada velocidad, que la pulveriza en finas gotas y es, a la vez, responsable del transporte de las gotas hacia el objetivo. Dicha corriente de aire ocasiona también el movimiento de la masa foliar del cultivo, favoreciendo la penetración del líquido en ella. Existe variación de ULV, (volumen ultrabajo) con caldos de alta concentración.
Centrífuga	Fuerza centrífuga	Tractor o manual	50-100 Nube	Bajos y Altos (en general bajos)	Cualquier tipo de tratamiento por su amplia gama de regulación de la velocidad de giro del disco. Discos verticales con tractor en cultivos de porte erecto (cereales).	En los pulverizadores centrífugos, el líquido entra por el centro de un disco que gira a gran velocidad y sale pulverizado por la periferia debido a la fuerza centrífuga. Consiguen gotas de tamaño pequeño y uniforme. Buena penetración en el cultivo. A mayor velocidad menor tamaño de gota y menor volumen de pulverización se requiere. Ahorro de producto, agua y tiempo. Muy sensible a fenómenos meteorológicos (deriva y evaporación). Gotas muy uniformes. Existe variación de ULV, con caldos de alta concentración.

Tabla 1. Características generales de las distintas técnicas de aplicación

Nivel de automatización	Equipo	Uso más habitual	Descripción
Manual	Pistola/ lanza	Aire libre o invernadero	Tanto las pistolas como las lanzas están conectadas a una cuba, móvil o estática, donde se prepara el caldo de tratamiento. En la mayoría de los casos la persona encargada de realizar la aplicación es asistida por un operario para manejar la manguera. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que, en muchos casos, mediante esta técnica son dos o más las personas expuestas a productos fitosanitarios.
	Mochila	Aire libre (en invernadero sólo como complemento a tratamientos con lanza o pistola)	Se trata de una mochila transportada a la espalda del trabajador que se acciona con la mano para obtener la presión de aplicación y que dispone de una lanza en su extremo. Se puede afirmar que este método de aplicación se utiliza casi exclusivamente cuando los cultivos son muy pequeños o recién plantados, en viveros y jardinería exterior o en aplicaciones puntuales de pequeñas extensiones.
	Carretilla manual	Invernadero	La carretilla se desplaza arrastrada por el operario, que deja atrás la nube de pulverización.
Mecanizado	Pulverizadores transportados por tractor	Aire libre	El equipo es arrastrado, suspendido o semisuspendido por el tractor.
	Vehículos integrados	Aire libre	En estos casos el vehículo de tracción y el equipo de pulverización están integrados. Estos equipos, respecto a la exposición, reúnen características similares a los anteriores.
	Carretillas autopropulsadas	Invernadero	Las carretillas autopropulsadas, en las que el trabajador conduce el vehículo desplazándose en sentido contrario a la generación de la nube, permiten aplicaciones en invernadero debido a su reducido tamaño.
	Cañones	Invernadero	Atomiza o nebuliza el caldo de tratamiento dirigiendo la nube de aplicación a través de un tubo o cañón móvil articulado. En algunos casos la pulverización se realiza desde el exterior del invernadero. En otras ocasiones la aplicación se produce por la zona central del invernadero impulsando el caldo hacia ambos lados de forma alternativa.
Automatizados	Instalaciones fijas	Invernadero	El sistema combina una red de tuberías de agua y de aire a presión que originan una niebla suspendida en el aire, que en algunos casos, ayudado mediante unos ventiladores interiores, cubren todas y cada una de las partes del invernadero.
	Robots	Invernadero	Existen fundamentalmente dos tipos de robots de pulverización. El primero de ellos, similar a una barra pulverizadora, se desplaza colgado de unos raíles fijos que penden del emparrillado del invernadero, hasta la base del cultivo. Los raíles son fijos, mientras que el robot puede desplazarse de un invernadero a otro. El robot trata los cultivos de los invernaderos sin presencia de trabajadores dentro de los mismos, con lo que la exposición se limita a la etapa de mezcla y carga. El segundo sistema automatizado es similar a los vehículos de pulverización, con la mejora de incorporar un sistema de control tanto de la pulverización como de la navegación del robot por el interior del invernadero, eliminando igualmente la exposición durante la pulverización del producto.

Tabla 2. Características generales de los distintos tipos de equipos de aplicación

- a medida que aumenta el tamaño de gota disminuye la exposición inhalatoria y puede aumentar la penetración por vía dérmica. Considerando que, habitualmente, la exposición inhalatoria es inferior al 1% de la dérmica, en la mayoría de los casos para reducir la exposición interesa utilizar equipo o regular los mismos para que generen gotas finas y uniformes.
- Forma de transporte de la gota a su objetivo: el transporte debido a la energía cinética de las gotas, tales como los pulverizadores hidráulicos o de chorro proyectado, tiene como principales inconvenientes la escasa capacidad de cobertura y de penetración en objetivos de elevada densidad foliar. Estos inconvenientes son menos acusados en el caso de pulverización centrífuga o en los equipos que tiene asistencia de aire, ya que las gotas son sometidas a pequeñas turbulencias en el seno del objetivo mejorando la capacidad de penetración, con lo que el producto se dirige directamente a su objetivo reduciendo pérdidas del producto, con el que el trabajador puede entrar en contacto.
 - Volumen de aplicación: A igualdad de concentración, los equipos que puedan trabajar con menor volumen de aplicación suponen una menor exposición al producto fitosanitario ya que, por un lado, el trabajador aplicará menos cantidad de producto, y por otro se tendrá que rellenar menos veces el depósito del equipo, reduciendo

así el número de operaciones de mezcla y carga, con lo que se reduce la exposición durante dicha etapa.

- Altura y alcance de la aplicación: Los equipos para cubrir una mayor altura supondrán, en general, una mayor exposición, especialmente en la parte superior del cuerpo. Por otro lado, los equipos que tienen mayor alcance generan una mayor dispersión de la nube de pulverización, lo cual supone una mayor permanencia de la misma y una mayor exposición.
- Sensibilidad del equipo a las condiciones atmosféricas: A pesar de las ventajas mencionadas, el tamaño de gota fino presenta la desventaja de ser más sensible a la deriva, especialmente cuando la velocidad del viento es elevada, lo cual puede originar una mayor exposición tanto para los trabajadores como para transeúntes ajenos al tratamiento que se puedan encontrar en las inmediaciones de la zona tratada. En cuanto a la temperatura, la evaporación de la gota antes de llegar a la planta puede suponer perder importantes cantidades de líquido, reduciéndose así la eficacia del tratamiento. Las gotas finas también son más sensibles a este fenómeno.
- Nivel de automatización del equipo de aplicación: En general, las aplicaciones mecanizadas son más seguras, rápidas y regulares que las aplicaciones manuales. Además las aplicaciones manuales originan

mucha más fatiga en los trabajadores, lo cual puede conducir, a lo largo de las horas, a las prisas y la despreocupación por la seguridad.

A continuación se muestran, en las Tablas 3 y 4, las opciones más adecuadas para minimizar los riesgos de exposición para el trabajador. En la Tabla 3 se muestran las técnicas más adecuadas para minimizar la exposición considerando los diversos escenarios que se pueden presentar en un tratamiento fitosanitario (características del cultivo, necesidades del tratamiento y condiciones climatológicas) y manteniendo los criterios de eficacia del equipo y viabilidad en su utilización; mientras que en la Tabla 4 se presentan las alternativas más apropiadas, tanto para aplicaciones al aire libre como en invernadero, según el tipo de equipo.

En cualquier caso, siempre hay que tener en cuenta que a la hora de adquirir un equipo nuevo de aplicación ésta debe cumplir los requisitos mínimos que permitan su comercialización, tales como disponer del marcado CE y la declaración de conformidad, y cumplir con la normativa específica que le sea de aplicación. Por supuesto, además, es fundamental comprobar siempre que dicho equipo está previsto en las condiciones de autorización del producto fitosanitario con el que se pretende realizar el tratamiento.

Medidas relacionadas con los componentes del equipo

Respecto a los componentes del equipo (ver Figura 1), las características de los mismos pueden influir sobre la exposición a productos fitosanitarios al reducir la cantidad de producto necesario para el tratamiento y disminuir el goteo del producto o escapes no previstos. Igualmente, aquellas características de los componentes que faciliten las operaciones de mantenimiento y limpieza y que reduzcan el contacto de los trabajadores con el equipo también estarán reduciendo la exposición.

A continuación, se enumeran algunas de las características de los componentes de los equipos de aplicación que pueden influir, directa o indirectamente, sobre la exposición al producto:

- Desgaste de los materiales: Los materiales con los que están fabricados elementos tales como los depósitos, conductos, boquillas, etc. deben ser resistentes a la corrosión por el producto fitosanitario para evitar el

deterioro de estos componentes y posibles escapes que supongan contacto del trabajador con el producto. Este aspecto es especialmente importante en el caso de las mochilas, ya que el líquido puede mojar la espalda del aplicador en caso de deterioro.

- Anchura de boca: Las bocas para llenar el depósito, así como los conductos de drenaje, deben tener anchura suficiente para facilitar las operaciones de mezcla y carga y de limpieza evitando el contacto con el producto y las salpicaduras. En este sentido, los sistemas cerrados de llenado y vaciado minimizan la exposición durante estas operaciones, en las cuales, además, el producto se encuentra más concentrado.
- Hermeticidad de las juntas y cierres: La tapa del depósito, las juntas de los distintos conductos y el acople de las boquillas debe ser lo más hermético posible para evitar el goteo del producto.
- Indicación de los parámetros de funcionamiento: El equipo debe disponer de sistemas adecuados y fáciles de entender que indiquen de forma clara aspectos tales como el nivel de llenado del depósito o la presión a la que se está aplicando el producto.
- Salpicaduras: El sistema de agitación del equipo debe conseguir una buena homogenización del producto y evitar las salpicaduras. En el caso de las barras porta-boquillas, éstas deben tener un diseño tal que se evite latigazos o sacudidas que produzcan salpicaduras del producto.
- Filtración del producto: El equipo debe disponer de los filtros suficientes para retener partículas gruesas o no disueltas que puedan aumentar la exposición.
- Facilidad de limpieza y mantenimiento: Los componentes deben ser fáciles de limpiar, recambiar y mantener, evitando en lo posible el contacto con partes que hayan estado en contacto con el producto.

En la Tabla 5 se concretan algunas de las características de los principales elementos del equipo de aplicación que reducen la exposición en relación con los principales elementos del equipo de aplicación. La selección de la boquilla es un aspecto fundamental para reducir el consumo de producto y la exposición de los trabajadores. En la Tabla 6 se muestran los criterios para elegir la boquilla más apropiada.

Las boquillas antideriva se presentan como un elemento fundamental para reducir la exposición. Dichas boquillas permiten una reducción de las pérdidas de producto, limita la contaminación de zonas colindantes al área tratada y reduce la exposición a los trabajadores manteniendo la eficacia del tratamiento. Las boquillas antideriva pueden ser de dos tipos: con restrictor y con inyección de aire. El primer tipo dispone de una precámara que provoca una caída de presión, mientras que en las boquillas con inyección de aire se produce una entrada de aire en el interior del cuerpo de la boquilla formando burbujas. Hay que tener en cuenta que ambos tipos de boquilla aumentan el tamaño de gota y esto puede aumentar la exposición en las zonas bajas del cuerpo, por lo que se deben prever un nivel de protección adecuado en las piernas.

Medidas relacionadas con la regulación de los parámetros del equipo

Previamente a realizar la operación de mezcla y carga del equipo de aplicación, se deben llevar a cabo las comprobaciones, calibraciones y regulaciones de los distintos parámetros del equipo para garantizar que la cantidad de producto a utilizar será la mínima y conseguir no sólo mejorar la cobertura y eficacia del tratamiento, sino tam-

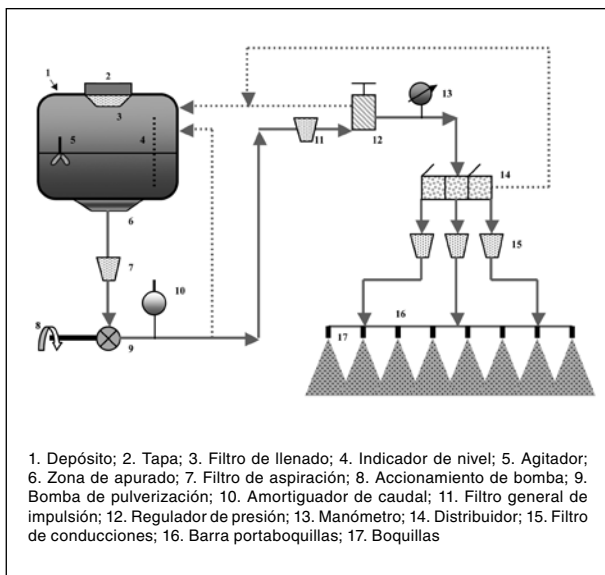


Figura 1. Esquema simplificado de pulverizador hidráulico

CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO	NECESIDADES DEL TRATAMIENTO			CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS		TÉCNICA DE APLICACIÓN						OBSERVACIONES		
	TIPO TRATAMIENTO	TAMAÑO DE GOTA REQUERIDO	VOLUMEN DE CALDO REQUERIDO	VELOCIDAD DEL AIRE / TEMPERATURA	HIDRÁULICO	HIDRÁULICO CON ASISTENCIA DE AIRE	HIDRONEUMÁTICO	NEBULIZADOR	NEBULIZADOR ULV	CENTRÍFUGO	CENTRÍFUGO ULV			
ALTIMURA/ DENSIDAD DEL CULTIVO	DE CONTACTO	GRUESO	ALTO	ELEVADA	A	A	R	R	N	P	N	<p>-En la columna ALTURA/ DENSIDAD DEL CULTIVO, sólo se considerará CULTIVO BAJO Y BAJA DENSIDAD cuando ambos parámetros sean bajos. Igualmente, en cuanto a la VELOCIDAD DEL AIRE/ TEMPERATURA, se considerará BAJA, sólo cuando ambas variables lo sean</p> <p>-En general los cultivos altos no sistémicos requieren un tamaño de gota fino. En caso de requerir un mayor tamaño de gota, se deben utilizar nebulizadores o atomizadores a baja presión</p> <p>-Los pulverizadores hidráulicos y centrífugos permiten ajustar en altura la barra de pulverización y los discos respectivamente, por lo que se pueden emplear en cultivos de cierto porte, pero no en cultivos altos tales como árboles o parrales de vid</p> <p>-Generalmente, los pulverizadores hidráulicos se utilizan para tratamientos que requieren gota gruesa. Se pueden utilizar para tratamientos que requieren gota más fina aumentando la presión del equipo</p> <p>-Los equipos centrífugos pueden obtener un mayor tamaño de gota trabajando a baja velocidad de giro, pero no se pueden utilizar para tratamientos que requieren un tamaño de gota muy grueso</p> <p>-Los equipos hidroneumáticos, neumáticos y centrífugos en condiciones de elevada velocidad del aire o alta temperatura sólo deben utilizarse tras tomar medidas preventivas que reduzcan la deriva. En estas condiciones no es recomendable utilizar equipos de ULV por ser muy sensibles a dicho fenómeno</p> <p>-Para que el tratamiento con bajo volumen cubra adecuadamente los cultivos y sea eficaz se requiere un tamaño de gota fino, por lo que no es recomendable realizar tratamientos que requieren gota gruesa con equipos de ULV</p>		
			BAJO	ELEVADA	A	A	R	R	N	P	N			
		ALTO	FINO	ELEVADA	N	N	R	R	N	N	A		N	
				BAJO	ELEVADA	N	N	R	R	P	A		P	
		SISTÉMICO	GRUESO	ALTO	ELEVADA	R	R*	N	N	N	P		N	R*
				BAJO	ELEVADA	R	R*	N	N	N	P		N	N
	ALTO		FINO	ELEVADA	R	R	R	R	N	N	P		N	N
				BAJO	ELEVADA	A	R	N	N	N	P		N	N
	BAJO		GRUESO	ELEVADA	A	A	A	N	N	N	R		N	N
				BAJO	ELEVADA	A	R	N	N	N	P		N	N
	CULTIVO BAJO (> 1m) O ELEVADA DENSIDAD FOLIAR	DE CONTACTO	ALTO	ELEVADA	R	R*	R	R	N	N	A		N	<p>-Los equipos hidroneumáticos, neumáticos y centrífugos en condiciones de elevada velocidad del aire o alta temperatura sólo deben utilizarse tras tomar medidas preventivas que reduzcan la deriva. En estas condiciones no es recomendable utilizar equipos de ULV por ser muy sensibles a dicho fenómeno</p> <p>-Para que el tratamiento con bajo volumen cubra adecuadamente los cultivos y sea eficaz se requiere un tamaño de gota fino, por lo que no es recomendable realizar tratamientos que requieren gota gruesa con equipos de ULV</p>
				BAJO	ELEVADA	R	R*	R	R	N	N		A	
BAJO			FINO	ELEVADA	R	R	R	R	N	N	P	N		
				BAJO	ELEVADA	R	R*	N	N	N	P	N	N	
ALTO			GRUESO	ELEVADA	R	R	R	R	N	N	P	N	N	
				BAJO	ELEVADA	R	R*	N	N	N	P	N	N	
SISTÉMICO		GRUESO	ALTO	ELEVADA	R	R	R	R	N	N	A	N		
			BAJO	ELEVADA	R	R	N	N	N	P	N	N		
		ALTO	FINO	ELEVADA	R	R	R	R	N	N	P	N		
				BAJO	ELEVADA	R	R*	N	N	N	P	N	N	
		BAJO	GRUESO	ELEVADA	R	R	R	R	N	N	P	N	N	
				BAJO	ELEVADA	R	R*	N	N	N	P	N	N	

Tabla 3. Selección de la técnica adecuada para reducir la exposición

R*: Empleo óptimo para reducir la exposición

R: Empleo recomendado desde el punto de vista de la eficacia del tratamiento, pero requiere de medidas para reducir la exposición

A: Empleo aceptable con ajuste de parámetros de trabajo que mejoren la eficacia del tratamiento

P: Empleo no aconsejado pero posible estableciendo algunas de las medidas preventivas de entre las especificadas en apartados V, VI, VII y VIII

N: Empleo totalmente desaconsejado (por motivos de eficacia o de seguridad)

UBICACIÓN DEL CULTIVO	EQUIPO DE APLICACIÓN (NIVEL DE AUTOMATIZACIÓN)				
	AIRE LIBRE	EQUIPOS TRANSPORTADOS POR TRACTOR			EQUIPOS MANUALES
(-) EXPOSICIÓN			→ (+) EXPOSICIÓN		
INVERNADERO	INSTALACIONES FIJAS/ ROBOTS	CAÑÓN ATOMIZADOR	CARRETILLA AUTOMÁTICA	CARRETILLA MANUAL	MANUAL
	(-) EXPOSICIÓN			→ (+) EXPOSICIÓN	

Tabla 4. Selección del tipo de equipo adecuado para reducir la exposición

MEDIDAS RELACIONADAS CON LOS COMPONENTES	
<p>TRACTOR</p> <ul style="list-style-type: none"> El tractor debe disponer de cabina de seguridad con filtros que limpien el aire antes de ser introducido en el habitáculo del trabajador. Especialmente importantes son estas cabinas en los tratamientos mediante atomizadores y nebulizadores. <p>DEPÓSITO</p> <ul style="list-style-type: none"> Los depósitos de fibra de vidrio o acero inoxidable son más resistente a la corrosión que los de acero galvanizado, aluminio o polietileno. La boca de llenado debe ser suficientemente ancha. La tapa del depósito debe permitir un cierre hermético. El diseño del depósito y su conducto de drenaje debe ser tal que permita un vaciado completo y evite la acumulación de residuos. Conviene disponer de un depósito independiente del resto donde se vierte el producto puro, para posteriormente mezclarlo con el agua. También es recomendable disponer de depósitos anejos con agua limpia para el uso del operador y para el enjuagado del equipo. Debe indicarse el nivel de llenado claramente (por ejemplo mediante marcas de nivel sobre una zona traslúcida). Los agitadores deben permitir una adecuada homogeneización del caldo evitando las salpicaduras. <p>FILTROS</p> <ul style="list-style-type: none"> Se debe disponer de filtros en: la boca de llenado del depósito (para evitar la entrada de partículas gruesas), la tubería de aspiración (colocado entre el depósito y la bomba) y la tubería de impulsión (especialmente si se utilizan volúmenes reducidos). <p>BOMBA</p> <ul style="list-style-type: none"> Elegir la bomba adecuada según el tipo de aplicación y la presión requerida. Así, para aplicaciones normales (2035 bar) se deben utilizar bombas de pistónmembrana, para aplicaciones de alta presión (50 bar) bombas de pistones, y para aplicaciones de gran caudal a poca presión bombas centrífugas. En ningún caso se deben utilizar bombas de engranaje, debido a su elevado nivel de desgaste. <p>SISTEMA DE REGULACIÓN DEL CAUDAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Disponer de sistemas de regulación que aportan un caudal proporcional a la velocidad de avance del equipo. Utilización de sistemas que aportan caudal proporcional al volumen de cultivo (*). Utilización de sistemas mediante GPS que detectan la zona tratada y cierran las boquillas situadas sobre dichas zonas para evitar solapamientos (*). 	<p>MANÓMETRO</p> <ul style="list-style-type: none"> La lectura de la escala debe ser clara y sencilla para evitar sobrepresiones y trabajar a presiones no adecuadas. <p>BARRA PORTABOQUILLAS (En equipos transportados por tractor)</p> <ul style="list-style-type: none"> Disponer de sistemas que permitan regular la altura del tratamiento con facilidad. Disponer de dispositivos (tales como bastidores, sistemas pendulares o bieletas) que eviten sacudidas en la barra debidas a las ondulaciones del terreno. Disponer de sistema de plegado de barras automático. Las conducciones deben ser de materiales resistentes a la corrosión y a los depósitos de residuos y elementos extraños. Las boquillas se deben acoplar de forma exacta, sin posibilidad de fuga. Disponer en los extremos de las barras de marcadores de espuma o similares que señalen la zona tratada y evite solapamientos. Utilización de sistemas de barras pantallas adaptables al ancho del cultivo (especialmente interesante para cultivos altos y densos tratados con atomizadores o nebulizadores) (*). <p>PISTOLAS/ LANZA (En equipos manuales)</p> <ul style="list-style-type: none"> Deben estar fabricadas de materiales resistentes al producto fitosanitario y a la presión de aplicación. Debe permitir una regulación sencilla de la presión, caudal, ángulo y distancia de tratamiento. El uso de pistola reduce la exposición respecto a la lanza. <p>BOQUILLAS</p> <ul style="list-style-type: none"> Deben estar fabricadas de un material resistente. En este sentido el polyacetil o material cerámico es más resistente que el acero inoxidable, nylon o bronce. Deben disponer de sistemas de cierre rápido y válvulas antigoteo. Se debe sustituir la boquilla cuando se aporte más de un 10-20% del caudal respecto a las especificaciones del fabricante o más de un 5% respecto a la salida promedio de las boquillas. Se debe aportar un patrón de pulverización previsto en las especificaciones del fabricante. Disponer de filtros entre el cuerpo de la boquilla y el difusor Seleccionar la boquilla adecuada (Ver tabla 6). <p>LIMPIEZA</p> <ul style="list-style-type: none"> Disponer de sistemas de limpieza incorporados en el equipo de aplicación.

(*) Tecnologías actualmente en estudio, prototipos o de reciente incorporación en el mercado

Tabla 5. Medidas para reducir la exposición relacionadas con los componentes del equipo

TIPO DE BOQUILLAS		USOS
De chorro (triple orificio)		Aplicaciones distantes y objetivos específicos, tales como plagas en el ganado, en viveros o en árboles. También en grietas y hendiduras. Especialmente para abono líquido.
De chorro plano o abanico		Herbicida de preemergencia, herbicidas de postemergencia (de contacto o sistémicos), fungicidas e insecticidas (si la densidad foliar no es un obstáculo o el equipo dispone de asistencia de aire), fungicidas e insecticidas sistémicos (si la penetración es difícil o el problema se da en el envés).
De turbulencia o chorro cónico	Chorro hueco	Fungicidas e insecticidas en cultivos arbóreos, con equipos específicos dotados de asistencia de aire. También en equipos de mochila. Si se utilizan en cultivos bajos, requiere un solapamiento muy pequeño, empleándose sobre todo para la distribución de fungicidas e insecticidas de contacto si se garantiza la cobertura del objetivo.
	Chorro lleno	Fungicidas e insecticidas sistémicos en cultivos arbóreos, con equipos dotados de asistencia de aire. Se emplean muy poco en cultivos bajos, donde el peligro de chorreo de líquido por el solapamiento es más acentuado.
De espejo o deflectores		Herbicidas de preemergencia.
De chorro asimétrico o chorro desplazado		En el extremo de las barras para aumentar el ancho de trabajo del equipo o para los bordes de la parcela.
Antideriva		Todo tipo de tratamientos (tratamientos sistémicos y de contacto). En zonas con mucho viento.

Tabla 6. Tipo de boquilla más adecuada según el uso

bién orientar las variables del equipo que influyen en la exposición vistas en el punto 3.1 (tamaño de gota, volumen de caldo, altura del tratamiento, etc.) hacia valores que reduzcan la exposición.

En la Tabla 7 se indican algunas de las medidas relacionadas con la regulación de los parámetros del equipo que reducen la exposición de los trabajadores a productos fitosanitarios.

Medidas relacionadas con el uso del equipo

En cuanto al uso de los equipos, en las distintas etapas del tratamiento (mezcla/carga y aplicación) se deben seguir una serie de buenas prácticas fundamentales para reducir la exposición. Durante la fase de mezcla y carga hay que procurar reducir el número de operaciones y la cantidad de producto manipulado para minimizar o evitar el contacto del trabajador con dicho producto. En esta operación el producto se va a manejar en estado puro y por lo tanto con una mayor concentración en sustancia activa que en la fase de aplicación, en la que el producto se encuentra diluido; aunque, por otra lado, durante la operación de aplicación del producto la absorción dermal del producto es mayor que durante la mezcla/ carga, ya que dicha absorción au-

menta con la dilución de la sustancia activa. Por ello, en ambas operaciones se tienen que tomar todas las medidas y precauciones necesarias para reducir el contacto con el producto. Dichas medidas se presentan en la Tabla 8.

Medidas relacionadas con el mantenimiento y limpieza del equipo

Las operaciones de mantenimiento y limpieza de los equipos de aplicación tienen por objeto garantizar el adecuado funcionamiento de todos los componentes del equipo de aplicación y son fundamentales para que las medidas para reducir la exposición vistas anteriormente resulten eficaces. De poco sirve seleccionar la técnica y tipo de equipo adecuados o incorporar los componentes idóneos si éstos no son mantenidos, reparados o recambiados para asegurar el funcionamiento previsto del equipo. Además, estas operaciones en sí conllevan el riesgo de contacto con restos del producto que puedan quedar tanto en el interior como en el exterior del equipo.

En la Tabla 9 se presentan algunas medidas para asegurar el adecuado estado de funcionamiento del equipo y minimizar el riesgo de contacto con contaminante durante la realización de su mantenimiento y limpieza.

MEDIDAS RELACIONADAS CON LA REGULACIÓN DE PARÁMETROS DEL EQUIPO
<ul style="list-style-type: none"> • Cuando el equipo haya estado mucho tiempo sin ser usado, se debe comprobar el adecuado estado de los componentes y que no existen obstrucciones en conducciones y boquillas. • Regular siempre el equipo dentro de los parámetros de funcionamiento establecidos por el fabricante. • El equipo se debe regular de acuerdo a las condiciones de uso del producto que se vaya a aplicar y para las condiciones concretas del tratamiento que se vaya a realizar. Esta regulación se refiere a parámetros tales como volumen de caldo, concentración de caldo y dosis de aplicación. En la medida de lo posible, se debe ajustar la dosis tratando de reducir el consumo de caldo manteniendo la concentración del mismo. • Calcular el volumen de caldo necesario para minimizar la cantidad sobrante tras el tratamiento. • En la medida en que el tratamiento lo permita, y siempre que no sean tratamientos sistémicos, reducir el tamaño de gota para mejorar la cobertura y reducir la exposición. Cuando se trate de cultivos sistémicos o cultivos bajos poco densos conviene trabajar con presiones bajas y tamaño de gota más grueso para evitar problemas de deriva. Se debe considerar que el tamaño de gota depende del tipo de boquilla utilizada, del ángulo de incidencia y de la presión de pulverización, de tal manera que a medida que el calibre del orificio de salida disminuye y la presión de pulverización aumenta, la gota producida es más pequeña. Asimismo, si el producto se aplica en forma de abanico de gran ángulo, se reduce el tamaño medio de las gotas. • No se debe aumentar demasiado la presión de trabajo para mejorar la cobertura de los cultivos, ya que se puede producir un efecto "pantalla" que aumente la exposición. • Regular las barras de pulverización, boquillas y ventiladores para que el producto se aplique directamente al cultivo y a la altura mínima que garantice la cobertura del mismo. • Establecer el caudal del líquido y la velocidad de avance para que se garantice la cobertura del cultivo y reduzca el tiempo de exposición siguiendo la siguiente fórmula: $\text{Caudal (litros/min)} = \frac{\text{Volumen (litros/ha)} \cdot \text{Anchura (m)} \cdot \text{Velocidad (km/h)}}{600}$

Tabla 7. Medidas para reducir la exposición relacionadas con la regulación de parámetros del equipo

MEDIDAS RELACIONADAS CON EL USO DEL EQUIPO	
MEZCLA Y CARGA	APLICACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Siempre que sea posible, utilizar sistemas cerrados de trasvase del producto al depósito (especialmente cuando se utilicen envases grandes) o incorporadores del producto al depósito. • Utilizar siempre sistemas de seguridad antirretorno durante el llenado. • Reducir el número de operaciones de mezcla y carga. • Reducir en la medida de lo posible el volumen de caldo sin aumentar la concentración del mismo. • Debe prepararse la cantidad de producto estrictamente necesaria para el tratamiento. • La operación de mezcla y carga debe realizarse en un punto predeterminado en la explotación fácil de limpiar y alejado de pozos y cauces. • Realizar la agitación a una velocidad moderada y con el depósito cerrado para evitar salpicaduras. • Realizar una premezcla del producto fitosanitario para obtener mayor homogeneidad y reducir salpicaduras. • Evitar superar la marca de nivel máximo de llenado a fin de que el depósito no rebose. Se debe tener en cuenta que durante el agitado el volumen de caldo aumentará por la generación de espuma. • Si se derrama producto sobre el equipo durante la operación de mezcla y carga, la zona contaminada debe limpiarse inmediatamente con agua y jabón seguido de un enjuague con agua abundante. • No se debe comer, beber o fumar durante esta operación. • Aumentar el nivel de protección durante la mezcla y carga cuando se utilicen equipos transportados por tractor, ya que se requiere un mayor número de operaciones de mezcla y carga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seguir en todo momento las instrucciones del fabricante de la máquina. • No se debe comer, beber o fumar durante esta operación. • Comprobar el perfecto estado del equipo antes de comenzar el transporte, asegurándose que no se producen pérdidas durante el mismo. • Realizar el transporte a velocidad moderada y por zonas estables que eviten movimientos bruscos del equipo de aplicación o su vuelco. • No aplicar nunca con el equipo parado. • Aplicar en días sin demasiado viento y con temperaturas no demasiado altas (especialmente cuando se utilicen equipos con tamaño de gota fino). • Aplicar en sentido contrario al viento cuando se aplique con equipos transportados por tractor acoplados al elevador hidráulico trasero o remolcados por el tractor y en el mismo sentido del viento cuando la máquina esté acoplada al elevador hidráulico delantero. En aplicaciones manuales se aplicará de espaldas al viento. • Avanzar en sentido contrario al de la aplicación. • Interrumpir la pulverización durante los giros o cambios de hilera. • Evitar la aplicación en zonas cercanas a puntos de agua. • En equipos que generen gota gruesa es especialmente importante la protección en las partes bajas del cuerpo. • En equipos que aplican a baja altura, proteger principalmente la parte baja del cuerpo. • En equipos que aplican a alta altura, es importante proteger todo el cuerpo (la parte baja también, por el contacto con las plantas).

Tabla 8. Medidas para reducir la exposición relacionadas con el uso del equipo

MEDIDAS RELACIONADAS CON EL MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA DEL EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> • Someter a la máquina a las inspecciones reglamentarias aplicables. • Someter al equipo a las operaciones de mantenimiento y limpieza según lo previsto por el fabricante y llevar a cabo las reparaciones correspondientes. Se debe mantener registro de todas las operaciones de mantenimiento realizadas. • Realizar las actividades de mantenimiento y limpieza del equipo en zonas seguras para los trabajadores, que permita recoger las aguas de limpieza y alejadas de pozos u otros puntos de agua. • No comer, beber o fumar durante la realización de estas actividades. • El equipo de aplicación se deberá limpiar antes del uso inicial, cuando es nuevo y antes del almacenamiento al final de la temporada. • Diariamente se debe enjuagar el depósito, la bomba y mangueras con agua limpia. El depósito debe dejarse limpio y seco. • Limpiar el equipo tanto interna como externamente. • La parte exterior se debe limpiar mediante equipos a presión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar la limpieza de la máquina lo antes posible tras el tratamiento. • Diluir el sobrante de caldo que haya quedado en el depósito en agua y pulverizar el diluido a la menor altura posible. • No soplar las boquillas en caso de obstrucciones. • Cambiar los filtros periódicamente y siempre que se perciba que en la cabina está entrando producto fitosanitario. Una vez agotados deben ser desechados. • Las boquillas se deben limpiar mediante cepillos de material suave para evitar su desgaste. • Optimizar el lavado interno mediante sucesivos enjuagados utilizando el agua del depósito auxiliar. • Tras finalizar la limpieza del equipo guardarlo en un lugar seguro alejado de las inclemencias del tiempo, especialmente de la lluvia. • Utilizar las protecciones previstas en la etiqueta del producto fitosanitario para la limpieza y mantenimiento del equipo.

Tabla 9. Medidas para reducir la exposición relacionadas con el mantenimiento y limpieza del equipo

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Reglamento (CE) nº 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 (L 309, 24.11.2009) relativo a la Comercialización de Productos Fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo.
- (2) Directiva 2009/127/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 (L310, 25.11.2009) por la que se modifica la Directiva 2006/42/CE en lo que respecta a las Máquinas para la Aplicación de Plaguicidas.
- (3) Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 (L 309, 24.11.2009) por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un Uso Sostenible de los Plaguicidas
- (4) RD 1215/1997 de 18 de julio (BOE número 188 de 07.08.1997), por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- (5) Criterios del INSHT empleados en la Evaluación de la Exposición a Productos Fitosanitarios para su Autorización conforme al RD 2163/1994. (2009). www.insht.es
- (6) Vázquez, Jesús. Aplicación de Productos Fitosanitarios. Técnicas y equipos. (2003). Ediciones Agrotécnicas.
- (7) Aplicación de Plaguicidas. Nivel Cualificado. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2009)
- (8) Isaac Abril Muñoz. Medidas Preventivas específicas para la Aplicación en Invernaderos. 35º Coloquio Internacional sobre la Seguridad y Salud en el Trabajo en la Agricultura. Pamplona. (2007)
- (9) A. Garrido Frenich, P.A. Aguilera, F. Egea González, M.L. Castro Cano, M. Martínez Galera, J.L. Martínez Vidal, M. Soler. Dermal Exposure to Pesticides in Greenhouses Workers: Discrimination and Selection of Variables for the Design of Monitoring Programs. Environmental Monitoring and Assessment. (Vol. 80), pág. 51-63. (2002).
- (10) D. Nuyteens. S. Windey. B. Sonk. Comparison of Operator Exposure for five different Greenhouse Spraying Applications. Journal of Agricultural Safety and Health 10 (3), pág. 187- 195. (2004)
- (11) Buenas Prácticas Fitosanitarias para una Mejor Calidad del Agua. Proyecto TOPPS (Train the Operators to prevent Pollution from Point Sources)