



Protección individual en la manipulación de plaguicidas

Eva Cohen Gómez
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
Centro Nacional de Medios de Protección

1. Vías de entrada

Las vías de entrada fundamentales de los plaguicidas en el organismo son:

- la vía dérmica
- las vías respiratorias

De ellas, la más importante es la vía dérmica, especialmente en operaciones de manejo directo de los productos para la preparación del caldo de aplicación y la aplicación del mismo. Esta importancia se debe a la gran tendencia que tienen los plaguicidas, por su naturaleza generalmente lipofílica, a absorberse a través de la piel, y al tamaño que la piel, como órgano, tiene frente a los demás órganos expuestos. La piel de un organismo adulto tiene una superficie de 1,8 m² aproximadamente, de la cual, toda aquella parte que no esté protegida adecuadamente será potencialmente susceptible de ser una vía de entrada para los plaguicidas que entren en contacto con ella.

La exposición por vía respiratoria representa en la mayoría de los casos menos del 1% de la exposición por vía dérmica y su importancia, como vía de entrada, sólo aumenta en condiciones de aplicaciones en lugares cerrados, como invernaderos. Estamos excluyendo en esta afirmación el caso de tratar con plaguicidas gaseosos.

Otra posible vía de entrada, aunque menos importante que las anteriores, es la vía oral siendo normalmente consecuencia de malos hábitos de trabajo, como fumar o comer a la vez que se está en contacto con plaguicidas, tocarse la cara y boca con manos o guantes contaminados o simplemente consecuencia de un accidente o salpicadura que pudiera llegar a la boca. Esto podría evitarse con el uso de una pantalla facial, en aquellas operaciones donde pudieran darse.

La entrada de plaguicidas a través de la piel sigue dos posibles rutas:

1. la difusión a través del estrato córneo (capa más externa de la epidermis)
2. la penetración a través de los poros que dejan los conductos de las glándulas sebáceas y sudoríparas.

La elección de una ruta u otra por los compuestos dependerá de:

- Naturaleza del ingrediente activo y vehículo donde se encuentra

Los plaguicidas de carácter muy apolar tendrán mayor tendencia a difundirse a través del estrato córneo, siguiendo los intersticios lipídicos intercelulares. Esta tendencia se ve afectada por la afinidad del plaguicida o ingrediente activo por el vehículo donde se encuentre. Así, si siendo de carácter apolar, se encuentra en medio acuoso, formando emulsiones, aumentará su tendencia a pasar a la piel y difundirse a través del estrato córneo, ya que este medio será más afín a él que el agua donde se encuentra.

En caso de ingredientes activos de carácter polar, la difusión a través del estrato córneo disminuye en importancia dado el hecho de su tendencia a formar esferas hidratadas de gran PM y volumen que hace más difícil su difusión. En estos casos cobra importancia la penetración vía poros, pero el hecho que el

área que representa esta ruta sea la milésima parte de la del estrato córneo, hace que sea la penetración vía poros menos importante que la difusión vía estrato córneo.

Una vez considerada la importancia de la naturaleza del ingrediente activo, veamos cómo influyen otros parámetros.

- Temperatura ambiental

El hecho de que sea elevada implica un aumento de la temperatura de la piel, factor que favorece la rapidez o velocidad de difusión de sustancias a través de ella. Este factor será a considerar en trabajos en invernaderos, donde la temperatura ambiental es elevada, y en general en épocas de calor y exista una carga de trabajo importante y mucha actividad física. Por otra parte, la temperatura ambiental, contribuye a aumentar la irrigación de las capas internas de la piel y por tanto favorece la retirada del contaminante para su incorporación al torrente sanguíneo.

- Factores anatómicos

El contenido en lípidos de la piel favorecerá la difusión, como se ha dicho antes, de sustancias o ingredientes activos de carácter apolar. Por otra parte, una hidratación excesiva tras una exposición a sustancias muy liposolubles, podría llegar a ser un factor negativo y podría acelerar la difusión de las sustancias que estén ya adsorbidas en la piel.

Las pieles dañadas, con alergias, enfermedades como dermatitis seborreica o psoriasis, son de la misma forma pieles más susceptibles y más desprotegidas frente a la entrada de plaguicidas.

2. Operaciones de riesgo

Las operaciones de riesgo de exposición dérmica en los trabajos que implican manipulación de plaguicidas son:

- Preparación del caldo de aplicación
- Aplicación del caldo
- Limpieza, mantenimiento de equipos
- Reentradas

De todas ellas, la operación que más riesgo implica es la preparación del caldo, porque supone manejar el producto de forma concentrada, tal y como se presenta en el envase comercial.

La apertura del envase y el volcado de su contenido en el tanque puede ocasionar contacto directo con el producto y el consiguiente riesgo. Este riesgo está normalmente restringido a las manos, siendo la exposición del resto del cuerpo menor en esta operación, aunque existen posibilidades de salpicaduras en cara y torso.

En la aplicación del caldo, el operador está expuesto a una mayor cantidad de líquido, en cuanto a volumen se refiere, pero su concentración estará mucho más diluida. En esta operación, las partes del cuerpo más expuestas dependen de factores como altura del cultivo, forma de aplicación y no está restringida la exposición a las manos como antes. En esta operación, el riesgo puede provenir por exposición a la nube de líquido pulverizado, contacto con zonas mojadas cuando hay mucha proximidad entre las plantas y el roce del operario es inevitable, o fugas de los equipos de aplicación.

Las operaciones de mantenimiento de equipos y limpieza de tanques implican también contacto con superficies contaminadas y recobran de nuevo importancia las manos frente a otras partes del cuerpo. Estas operaciones pueden también suponer exposición por vía oral, debido a malos hábitos como soplar boquillas, etc.

Las reentradas en las zonas tratadas para desempeñar tareas distintas a la aplicación del producto implican igualmente riesgo por contacto con zonas mojadas.

3. Ropa de protección

La elección de los equipos de protección más adecuados para proteger nuestra piel dependerá por una parte de los compuestos presentes en la formulación que determinarán las prestaciones requeridas del material y de las zonas del cuerpo expuestas y forma en que se presente el plaguicida, lo cual determinará el diseño del equipo recomendado.

Los equipos de protección de la piel, incluyen guantes y trajes. Veamos en primer lugar cuáles son los requisitos legales para la comercialización de estos equipos y posteriormente trataremos los guantes y trajes separadamente.

Requisitos Legales

La comercialización de los Equipos de Protección Individual (EPI) está sujeta al R.D. 1407/1992. Según este Real Decreto, los fabricantes deben someter los EPI, antes de ponerlos en el mercado, a un examen CE de Tipo. Este examen CE de tipo será realizado, a petición del fabricante, por un Organismo Notificado u Organismo de Control, que esté autorizado por el Ministerio de Industria para realizar esta función. El Organismo Notificado verificará, mediante el procedimiento llamado Examen CE de Tipo, que el equipo cumple con unos requisitos o exigencias esenciales de seguridad y que, por tanto, puede ser utilizado por el trabajador sin riesgo para su salud, siguiendo adecuadamente las instrucciones de uso. El Organismo Notificado verificará el cumplimiento de las exigencias esenciales aplicables al equipo mediante normas europeas armonizadas (EN xxxx)

Una vez superado el examen CE de Tipo, el fabricante podrá marcar con la **CE** el equipo y ponerlo en el mercado acompañado de un folleto informativo o instrucciones de uso. Este folleto informativo o instrucciones de uso contendrá una información mínima, regulada en el R.D. y según la cual el usuario deberá ser capaz de conocer las prestaciones del material y el equipo, así como datos sobre el fabricante, cómo lavar y cómo mantener el equipo, etc.

Guantes

Los guantes a elegir para proteger nuestras manos frente a plaguicidas serán siempre:

- Impermeables (a ser posible sin soporte textil). Materiales adecuados pueden ser neopreno, látex, nitrilo. Este último material es el más recomendable por la siguiente razón: es un material con una buena resistencia a la permeación de la mayoría de los disolventes que acompañan a los ingredientes activos en sus formulaciones.
- De puño tan largo como sea posible
- Siempre con marcado **CE** y adecuados al riesgo según folleto informativo.

Veamos detenidamente qué significa adecuados al riesgo.

Los plaguicidas y en general los productos químicos, sólo pueden atravesar la barrera que supone un guante impermeable de tres formas:

- **Por penetración** del líquido a través de las posibles imperfecciones del guante. Las imperfecciones serán consecuencia de un bajo control de calidad en la fabricación del guante o debidos al deterioro por el uso.
- **Por permeación**, a través del propio material del guante. La permeación es un proceso a nivel molecular, a través del cual el producto químico, y en este caso el plaguicida, se adsorbe en la parte

externa del material, se difunde a través de él para terminar desorbiéndose en fase vapor en su parte interna. Llegado este punto, el producto químico podría ya entrar en contacto con la piel del trabajador. Todos los guantes impermeables son permeables en un grado mayor o menor a los productos químicos. La rapidez con que se complete el proceso de permeación a través del guante dependerá del material y del producto químico y determinará su eficacia de protección. Esta resistencia relativa del material a la permeación del producto químico se determina en base a un ensayo descrito en la norma de ensayo europea EN 374-3, según la cual, se le asigna al material impermeable una clase en función de su resistencia a la permeación con un producto determinado. Las clases van desde la 1 hasta la 6.

- **Por degradación.** El plaguicida o los demás productos químicos que acompañan al ingrediente activo en su formulación, pueden alterar las propiedades físicas del material, pudiendo llegar a romperlo y por tanto, anular la capacidad de protección del guante.

El guante más adecuado al riesgo de exposición por plaguicidas será aquel guante que por su material sea más resistente a la permeación del ingrediente activo. Sin embargo, actualmente no es fácil encontrar en el mercado guantes que hayan sido ensayados frente a plaguicidas. Los resultados obtenidos para los distintos productos químicos ensayados en los ensayos de resistencia a la permeación y realizados por el Organismo Notificado al realizar el examen CE de tipo, tienen que venir obligatoriamente en el folleto informativo. Es decir, vendrá la clase obtenida en función del tiempo en que se ha completado el proceso de permeación, a través del guante según la norma EN 374-3.

A este tiempo, se le llama "Tiempo de paso". También es frecuente encontrar su denominación en inglés, "Breakthrough time", de siglas BTT. Las diferentes clases son:

BTT	Clase material
>10 min	1
>30 min	2
>60 min	3
>120 min	4
>240 min	5
>480 min	6

Tal y como se ha comentado anteriormente, la situación ideal sería encontrar en el mercado guantes que hayan sido ensayados frente a los plaguicidas que se manejen y con un nivel de resistencia a la permeación o clase adecuada a la magnitud de la exposición. En caso de que ello no fuera posible, hay que tener en cuenta que los ingredientes activos no permean solos a través del guante, sino disueltos en los disolventes que están presentes en las formulaciones, como xilenos, alquilbencenos naftas u otros derivados del petróleo.

Es decir, estos disolventes actúan como vehículos del ingrediente activo en su permeación a través del guante, por tanto, si el guante ofrece resistencia a la permeación frente a dichos disolventes se prevé que lo estará también ofreciendo frente al ingrediente activo.

Por tanto, como recomendación y en caso de no encontrarse guantes en el mercado que hayan sido ensayados frente a los plaguicidas con los que trabajamos, se adquirirán guantes que ofrezcan el nivel adecuado de protección frente a los disolventes presentes en las formulaciones.

En este punto, hay que comentar que las clases obtenidas en el ensayo de permeación, no debe ser considerada como tiempo indicativo de uso del guante.

Las clases obtenidas en el ensayo sólo deben ser indicativas de la eficacia de la barrera ofrecida por el material en función de un ensayo realizado en laboratorio y en condiciones de contacto continuo con el líquido de ensayo. Es decir, debemos interpretar que un material de clase 3 ofrece una barrera más eficaz que un material de clase 1, pero no que sólo pueda usarse durante un tiempo entre 60 y 120 minutos.

De hecho, después de una exposición y tras la descontaminación adecuada o lavado y secado del guante según las instrucciones del fabricante, el guante puede seguir ofreciendo una barrera similar siempre y cuando no haya sufrido una aparente degradación o una rotura.

Trajes

Según las normas armonizadas europeas existentes, los trajes de protección frente a productos químicos quedan clasificados fundamentalmente en 7 tipos, que se definen a continuación. Existen otros tipos de trajes de protección química pero no se consideran de relevancia en el tema que tratamos.

<u>Tipo</u>	<u>Descripción</u>
1 y 2	Con uniones herméticas a productos químicos en forma de gas o vapor (EN 943-1:2002).
3	Con uniones herméticas a productos químicos líquidos en forma de chorro (EN 14605, antes UNE-EN 466).
4	Con uniones herméticas a productos químicos líquidos pulverizados (EN 14605, antes UNE-EN 465).
5	Con uniones herméticas a partículas sólidas (EN 13982-1).
6	Ofrecen protección limitada frente a salpicaduras de productos químicos líquidos (EN 13034).
Parcial	Ofrecen protección frente a productos químicos líquidos a partes concretas del cuerpo. Son llamados equipos de protección parcial (EN 14605 y en 13034, antes UNE-EN 467)

Estos distintos tipos de trajes se distinguen en su hermeticidad, es decir, la capacidad de aislamiento de sus costuras, uniones y cremalleras así como en el material.

Los trajes de tipo 1, 2, 3 y 4 están fabricados con materiales impermeables, y por tanto todas las consideraciones con respecto a la resistencia selectiva a la permeación por productos químicos y clasificación del material de 1 a 6, hechas en el apartado 4.2 para guantes, son válidas aquí. Los trajes de tipo 5 y 6 están fabricados, sin embargo, con materiales permeables al aire y por tanto estos materiales ofrecen una barrera mucho menos eficaz a los productos químicos. En este caso, los materiales, al ser permeables al aire ya no son resistentes a la permeación. La única resistencia ofrecida tanto a líquidos como a partículas sólidas en estos materiales depende del tamaño de poro o hueco existente entre sus fibras y del tratamiento superficial que tengan, que le conferirá una cierta repelencia. El material de la ropa de tipo 6, está sometido por tanto a un ensayo distinto, descrito en la norma EN ISO 6530 (ensayo del canalón) según el cual se determina la resistencia ofrecida a la penetración por cuatro productos líquidos de distinta tensión superficial. Esta resistencia, así como la repelencia ofrecida, medida en tanto por ciento debe estar en los márgenes requeridos en la norma de requisitos aplicable. Los materiales de ropa protección parcial podrán estar formados por ambos tipos de materiales, impermeables y permeables.

Todos estos tipos de trajes descritos, han sido verificados además en cuanto hermeticidad del diseño se refiere según otras normas adecuadas. Además, otras prestaciones de los equipos, como mecánicas y ergonómicas, han sido ensayadas aplicando para ello las normas armonizadas correspondientes.

Mediante la aplicación de todas estas normas por parte de los Organismos Notificados, éstos verifican la conformidad de los equipos con el R.D. 1407/1992 que regula su comercialización.

En las tareas habituales de aplicación de plaguicidas y excluyendo los tratamientos con productos gaseosos, los trajes más recomendables serán los de tipo 4, tipo 6 y la ropa de protección parcial.

Los de tipo 4 ofrecerán sin duda una mayor protección que los de tipo 6, por estar formados por materiales impermeables, pero a su vez serán mucho más incómodos de llevar y ocasionarán mucho más sensación de calor y sudor, ocasionando por ello un posible rechazo por el trabajador que ha de usarlo. Por tanto, su uso es sólo recomendable en caso de que la situación de riesgo y exposición lo merezca, es decir, en caso de contacto con una gran cantidad de líquido. Si éste no es el caso, un traje de tipo 6, cuyo material aunque permeable al vapor de agua tendrá ciertas propiedades de repelencia a líquidos que habrán sido verificadas, podría ser suficiente si no existe posibilidad de contactar con un gran volumen de líquido.

La elección de uno u otro deberá hacerse en función del riesgo evaluado. Otra posibilidad y en muchos casos será la más satisfactoria, será combinar una prenda de tipo 6 con una prenda de protección parcial impermeable, para cubrir aquellas zonas del cuerpo más expuestas, como podrían ser las piernas y torso. Las botas impermeables han de ser asimismo un complemento inseparable de la ropa. En general, añadir que los trajes pueden ser de uso continuado, es decir, pueden lavarse y pueden volverse a usar una vez descontaminados o desechables tras su contaminación. La elección de uno u otro dependerá de las preferencias personales.

En caso de elegir un traje de material impermeable, porque la situación de riesgo lo requiera, elegiremos aquél que ofrezca resistencia a la permeación frente al producto que manejamos o en su defecto al disolvente presente en la formulación y con el nivel requerido (Ver clase obtenida en folleto informativo según EN 374-3).

En caso de materiales permeables, éstos habrán sido ensayados, como se ha dicho antes de forma general para verificar que ofrecen un cierto nivel de repelencia a líquidos (EN ISO 6530) y no producto a producto. Evidentemente estos materiales ofrecen una barrera menos efectiva que los materiales impermeables.

4. Normas de uso

A continuación y finalmente se ofrecen unas normas generales de uso correcto de guantes y trajes:

- Verificar agujeros e imperfecciones antes de cada uso, incluso en los nuevos. Si existen, desecharlos.
- Meter los puños de los guantes por debajo de las mangas y perneras por encima de las botas.
- No tocarse la cara con los guantes puestos.
- Lavar las manos con los guantes puestos antes de quitárselos.
- Quitárselos tirando de las puntas de los dedos, sin volverlos del revés.
- Cambiar los guantes regularmente.

- En caso de usar monos desechables, no reutilizarlos una vez contaminados.
- Quitarse el traje con los guantes puestos.
- Lavar los trajes según instrucciones del fabricante. No mezclar con la ropa doméstica.
- Almacenarlos según instrucciones del fabricante, separados de la ropa doméstica.