

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DÉRMICA Y RESPIRATORIA A ENDOSULFÁN Y CAPTÁN EN INVERNADEROS

Pedro Delgado Cobos / Cintya Vázquez Prieto / M^a Jesús Ledesma Díaz
Centro Nacional de Medios de Protección - Sevilla - I.N.S.H.T.

INTRODUCCIÓN

Los aplicadores de plaguicidas en invernaderos constituyen uno de los grupos con mayor riesgo de exposición a estos productos. Una gran cantidad de plaguicidas se absorben por vía dérmica y esta ruta de entrada se considera la más importante durante la mayoría de las situaciones de aplicación en el campo. Asimismo, la exposición por vía respiratoria puede ser importante en los invernaderos y otros espacios cerrados. Por tanto, en los estudios de exposición a plaguicidas en invernaderos debe evaluarse la exposición por ambas vías.

En el presente trabajo, llevado a cabo durante una serie de tratamientos con endosulfán y captán en invernaderos de claveles, se ha valorado la exposición potencial dérmica y respiratoria, es decir, la máxima cantidad de sustancia disponible para la absorción por las distintas zonas corporales y la vía respiratoria, cuando no están protegidas.

La medida directa de la exposición dérmica ha permitido definir las partes del cuerpo más expuestas, así como observar la influencia de la altura del cultivo tratado sobre la exposición del aplicador.

ANTECEDENTES

Los principales componentes de una valoración cuantitativa del riesgo para los trabajadores expuestos a plaguicidas son una evaluación detallada de la toxicidad del producto y la probabilidad de que se produzca algún efecto toxicológico en el hombre, y una estimación o medida de la exposición y/o cantidad absorbida por el hombre como consecuencia de su uso (1).

La evaluación de la toxicidad de nuevos plaguicidas se lleva a cabo utilizando métodos y protocolos armonizados, aceptados internacionalmente. Para realizar una mejor valoración del riesgo, la evaluación de la exposición debería estar igualmente estandarizada, usando métodos y protocolos armonizados; sin embargo, aún no se ha llegado a un acuerdo internacional.

Se han publicado varios protocolos sobre evaluación de la exposición a plaguicidas (2) y los dos más utilizados son el de la Organización Mundial de la Salud (3) y el de la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (4). En ambos protocolos se perfila la metodología para la medida de la cantidad de plaguicida en contacto con un individuo (exposición dérmica y respiratoria) y de la cantidad de sustancia absorbida por todas las vías de entrada (control biológico).

Tras la publicación de estos protocolos se han intensificado los estudios sobre exposición laboral a plaguicidas realizados,

no sólo durante la práctica de la higiene laboral, sino también como requisito necesario cada vez en más países para solicitar la autorización de los productos. Así, La Directiva 91/414/CEE sobre comercialización de productos fitosanitarios (5) establece la necesidad de presentar una documentación técnica referente a estudios sobre la exposición probable del aplicador en condiciones de campo, incluido, si procede, el análisis cuantitativo de dicha exposición del operario. En relación con el desarrollo de esta directiva, se ha constituido un grupo de trabajo ad hoc sobre exposición laboral a productos fitosanitarios que tiene como uno de sus objetivos la elaboración de un protocolo europeo para la medida de la exposición, con objeto de que se aplique la misma metodología en todos los Estados miembros. Los requisitos para la autorización de productos fitosanitarios contenidos en la directiva han sido publicados en el B.O.E. mediante una Orden del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (6).

En una publicación anterior (7) hemos realizado una revisión de los procedimientos utilizados con más frecuencia en la valoración directa de la exposición dérmica a plaguicidas. A falta de un protocolo armonizado, utilizamos habitualmente la metodología de la EPA (4). A causa de la importante contribución de las manos a la exposición total, éstas se consideran por separado.

El método de los parches absorbentes que utilizamos para evaluar la exposición corporal es el más empleado en la actualidad y consiste en utilizar un número variable de parches de un material adecuado para retener el plaguicida, fijados a la piel o la ropa del sujeto en zonas definidas del cuerpo. Después de un tiempo de exposición medido, se quitan los parches y se determina la cantidad de plaguicida en un área conocida de ellos. Posteriormente se extrapola la cantidad de producto a las zonas corporales representadas por los parches, teniendo en cuenta las áreas de cada zona especificadas en el protocolo. El principal inconveniente de este método es la deposición no uniforme de plaguicida en las regiones corporales individuales, lo cual puede dar lugar a que el parche no sea representativo de la exposición de esa zona.

Para evaluar la exposición de las manos usamos, por su mayor comodidad, el método de los guantes absorbentes. Se trata de guantes convencionales, generalmente de algodón, que el trabajador usa durante todo el tiempo que dura la operación. Finalizada ésta, los guantes se extraen con un disolvente y se analiza el plaguicida que contienen. La principal limitación es que los guantes pueden absorber más plaguicida del que retendría la piel en las mismas circunstancias, por lo que es posible una sobreestimación de la exposición.

La evaluación de la exposición respiratoria suele realizarse por el procedimiento habitual de determinar la concentración de plaguicida en el aire de la proximidad de la zona respiratoria del individuo, utilizando bombas de toma de muestras personales para pasar un volumen de aire conocido a través de un sistema de captación del contaminante. El medio de captación depende de la naturaleza del plaguicida, utilizándose generalmente un filtro para retener las partículas y un sólido adsorbente para los vapores. En la mayoría de los casos se utiliza un filtro en serie con un adsorbente sólido, ya que el plaguicida suele encontrarse en el aire en forma de aerosol y vapor simultáneamente. Este sistema permite recoger en el adsorbente cualquier vapor procedente del filtro. El principal problema de este método surge cuando es necesario estimar la ventilación del individuo según la actividad física, para determinar la cantidad de plaguicida disponible para la absorción por vía respiratoria.

A causa de los niveles de plaguicida que pueden incidir sobre las zonas de la piel expuestas, en comparación con la cantidad recibida por vía respiratoria, la vía dérmica se considera la más importante durante la mayoría de las situaciones de aplicación en el campo (8,9). Las diferentes partes de la piel son penetradas a distinta velocidad según el disolvente o materia activa de que se trate. La penetración es más fácil si la piel está caliente o dañada, así como con las formulaciones líquidas o concentradas.

Los factores que determinan la importancia de la absorción por vía respiratoria en una exposición en particular son las características físicas del ingrediente activo, la formulación y la técnica de aplicación. Los plaguicidas pueden ser inhalados como gases, vapores o aerosoles de pequeño diámetro. En general la exposición inhalatoria es inferior al 1% de la dérmica a causa de que pocos ingredientes activos son suficientemente volátiles, y la mayoría de las técnicas de aplicación generan tamaños de gota superiores a 50 micras, que no son inhalables (10). La evaluación de la exposición a plaguicidas por esta vía está recomendada cuando se utilizan fumigantes gaseosos o técnicas de aplicación que generan partículas

inhalables, así como en los espacios cerrados (invernaderos, formuladoras, etc.).

Los aplicadores de plaguicidas en invernaderos, sobre todo en países como el nuestro donde se alcanzan elevadas temperaturas, constituyen uno de los grupos con mayor riesgo de exposición a estos productos. Debe evaluarse no sólo la exposición dérmica y respiratoria durante la aplicación, sino también la exposición dérmica durante las operaciones de mezcla y carga, en las cuales se maneja el producto concentrado, que en muchas ocasiones presentan incluso mayor riesgo.

En el estudio realizado todos los parches se han colocado exteriormente y, por tanto, se ha calculado la exposición dérmica potencial que es la cantidad total de plaguicida en contacto con las prendas de protección, la ropa de trabajo y la piel, es decir, la máxima cantidad de sustancia disponible para la absorción por las distintas zonas corporales cuando no están protegidas. Este tipo de datos, independientes de la ropa llevada por el trabajador, son los que se recogen habitualmente en las bases de datos de exposición a plaguicidas y permiten definir claramente las partes del cuerpo más expuestas y, por tanto, determinar los medios de protección y métodos de trabajo más adecuados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Datos del tratamiento

El estudio se ha realizado durante cuatro tratamientos efectuados en unos invernaderos de claveles, con una mezcla de endosulfán y captán. Los invernaderos estaban distribuidos en unas 60 filas de claveles de 1 m de anchura, con una separación entre ellas de 0,5 m y una superficie total de 2500 m² aprox. La altura del cultivo era, aproximadamente, 30 cm durante las dos primeras aplicaciones y 70 cm en las dos últimas.

El caldo de aplicación fue una mezcla de dos formulaciones plaguicidas: endosulfán al 35% p/v en forma de líquido emulsionable y captán al 47,5% p/v como líquido autoemulsionable. Se añadió un tensoactivo no iónico como mojante. El endosulfán es un insecticida organoclorado y se encuentra como una mezcla de dos estereoisómeros, β -endosulfán (64-67% aprox.) y β -endosulfán (29-32% aprox.) (11). El captán es un fungicida perteneciente al grupo de las ftalimidas.

La preparación del caldo de aplicación se realizó mezclando distintas cantidades de las dos formulaciones plaguicidas y el mojante en un recipiente. Posteriormente se añade agua y se vierte el contenido del recipiente en el tanque de mezcla, enjuagando el recipiente con más cantidad de agua que se añade también al tanque. Se completa el tanque con agua hasta un volumen final de 400 litros.

En los dos primeros tratamientos, la concentración de los ingredientes activos en el caldo de aplicación fue de 375 mg/l de endosulfán y 1187 mg/l de captán. En los otros dos tratamientos las concentraciones fueron de 700 mg/l y 950 mg/l, respectivamente. Se observó la producción de una lenta decantación en el caldo, probablemente a causa de la formulación de captán. Debido a la diferente proporción de los ingredientes activos, se consideran por separado los datos de las dos primeras aplicaciones y de las dos últimas.

El tanque de mezcla y el sistema de bombeo se encuentran en una instalación externa al invernadero. El caldo circula por una red de tuberías distribuidas por todo el invernadero, sobre las que se localizan unos puntos de enganche a los que se conecta la manguera, de unos 60 m de longitud, que conduce la mezcla hasta una pistola manual de alta presión, mediante la que se realiza el tratamiento a un flujo de 5 l/min.

Durante la aplicación la manguera era arrastrada por el operario con su mano izquierda mientras caminaba hacia adelante entre las filas. Con su mano derecha, situada a la altura del pecho, dirigía la pistola hacia la hilera situada a su izquierda realizando cortos movimientos horizontales. Al finalizar una calle, el trabajador bajaba la pistola dirigiendo el chorro hacia el suelo y quedando ésta a la altura del muslo derecho, dando media vuelta para iniciar el recorrido por la misma calle pero en sentido opuesto aplicando esta vez en la fila contigua que queda de nuevo a su izquierda.

La duración del tratamiento completo de un invernadero fue de 50 min. aproximadamente y la de la operación de mezcla de unos 10 min. Habitualmente se trataban dos invernaderos en una jornada de trabajo. La temperatura media en el interior de los invernaderos era de 22°C, la humedad relativa del 80% y la velocidad del aire despreciable.

El aplicador llevaba como ropa de trabajo pantalones largos, camisa y jersey de mangas largas. La protección individual utilizada consistía en una máscara que cubría su cara con dos filtros en serie, uno para la retención de vapores orgánicos y otro para materia particulada, un delantal impermeable, botas de agua y guantes. Las únicas zonas del cuerpo descubiertas eran el cuello, por su parte delantera y trasera, y la cabeza.

Evaluación de la exposición dérmica potencial

La estimación de la exposición dérmica potencial se realizó mediante parches de papel absorbente recubierto de polietileno por un lado (3). Se confirmó previamente la ausencia de interferencias mediante extracción con acetronitrilo y análisis posterior.

Los parches se recortaron con unas dimensiones de 8,5 cm x 9,5 cm y se introdujeron en sobres de plástico a los que se les practicó una ventana de 7 cm x 7 cm dejando al descubierto la cara absorbente del papel sobre la que se recoge el plaguicida que alcanza al aplicador (7). Todos los parches se colocaron sobre la ropa de trabajo y de protección, fijándolos con imperdibles.

El número de parches colocados fue superior al mínimo de diez recomendados por la EPA (4). Se colocaron dieciséis parches en los siguientes puntos: hombros (dos), pecho (uno), espalda (uno), brazos (dos), antebrazos (dos), muslos delante (dos), muslos detrás (dos), piernas delante (dos), piernas detrás (dos). Los seis parches adicionales se colocaron en las zonas que se sospechaba podían estar muy expuestas.

Tras la exposición, se recortó la parte central de cada parche de 5 cm x 5 cm y se introdujo en un tubo provisto de tapón roscado con 10 ml de acetronitrilo, conservándose en congelador hasta su análisis.

La exposición de las manos se evaluó mediante guantes de algodón, bajo los cuales se colocaron unos guantes de protec-

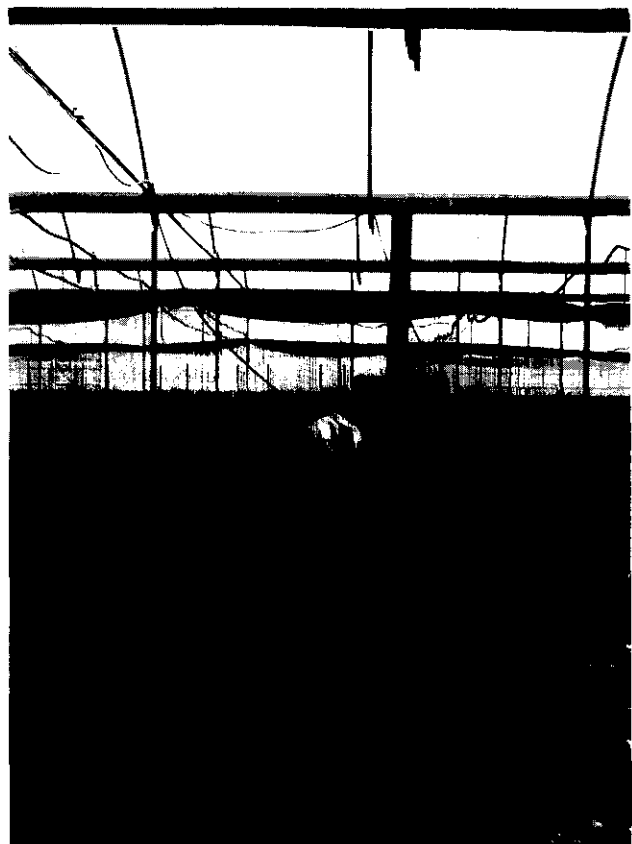
ción para evitar la contaminación del trabajador. Se comprobó previamente la ausencia de interferencias con los productos a analizar, de forma similar a los parches.

Se valoró por separado la exposición de las manos durante las tareas de mezcla/carga y aplicación. Al finalizar cada una de ellas, se retiraron los guantes, se introdujeron en sendos frascos de vidrio y se añadió a cada uno de ellos 100 ml de acetronitrilo, conservándose en congelador hasta su análisis.

Evaluación de la exposición respiratoria

Para valorar la exposición respiratoria durante la tarea de aplicación, se tomaron muestras de aire en la proximidad de la zona respiratoria del trabajador, mediante una bomba personal. La captación de endosulfán y captán se realizó mediante unos tubos especiales diseñados por la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y recomendados para estas sustancias (12). Estos tubos contienen un filtro para retener los aerosoles y dos secciones de un adsorbente para captar los vapores orgánicos.

Los tubos de vidrio miden 11 mm d.i. x 13 mm d.e. x 5 cm de largo y están rellenos con un filtro de fibra de vidrio de 11 mm de diámetro, una sección anterior de 270 mg de resina XAD-2 purificada y otra sección posterior de 140 mg. El filtro de fibra de vidrio se mantiene junto a la sección anterior de resina mediante un anillo de politetrafluoroetileno y las dos secciones de adsorbente están separadas por espuma de poliuretano.



La parte posterior del tubo, cercana a la bomba, se estrecha hasta 6 cm d.e. No debe pasar más del 5% del plaguicida muestreado a la sección posterior.

Las muestras de aire se tomaron a un caudal de 1 l/min, calibrando las bombas antes y después de la exposición. El muestreo se realizó durante todo el tiempo de aplicación (50 min aproximadamente).

Análisis de endosulfán y captán

El análisis de cada plaguicida se realizó de forma similar en los parches, guantes y tubos, realizando la extracción con acetonitrilo en todos los casos.

Previamente se realizó un estudio para determinar el porcentaje de recuperación en los tres medios. Se prepararon muestras de laboratorio de parches, guantes y tubos, añadiendo la mezcla de aplicación en diferentes cantidades perfectamente conocidas de los dos productos, dentro de un intervalo similar al que normalmente se encuentra en las muestras reales.

A los parches y guantes se les añadió directamente un volumen de mezcla y a los tubos se les inyectó una cantidad en el filtro, con la ayuda de una microjeringa, y posteriormente se les hizo pasar aire durante unas dos horas con un caudal de 1 l/min. Se extrajeron y analizaron igual que las muestras reales, obteniéndose un porcentaje de recuperación de los dos productos en los tres medios comprendido entre un 94,7 y un 101,4%, que se considera satisfactorio.

La extracción de los tubos se realizó colocando en un vial el filtro y la sección anterior del adsorbente y en otro vial la espuma de poliuretano que separa las dos secciones y la sección posterior del adsorbente. A cada vial se añadieron 2 ml de acetonitrilo para la extracción.

Todas las muestras, una vez en acetonitrilo, se introdujeron en un baño de ultrasonido durante media hora y en algunas de ellas hubo necesidad de hacer diluciones para su análisis.

El endosulfán, presente en la formulación como mezcla de dos isómeros, se determinó por cromatografía de gases con detector de captura electrónica. Las condiciones cromatográficas usadas, que permiten una buena separación de los dos isómeros, se describen en la *Tabla 1*. En todos los casos se inyectaron 5 µl de muestra.

El captán se analizó por cromatografía líquida de alta resolución con detector de ultravioleta en las condiciones indicadas en la *Tabla 2*. El volumen de muestra inyectado fue de 25 µl.

TABLA 1
ENDOSULFÁN, CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS

Columna	- 2 m x 2 mm d.i. de vidrio, rellena con OV-17 al 1,5% + QF-1 al 1,95% sobre Chromosorb W-HP 80-100 mallas
Detector	- Captura electrónica
Flujo	- Nitrógeno portador : 55 ml/min
Temperaturas	- Inyector: 325°C - Columna: 205°C - Detector: 275°C

TABLA 2
CAPTÁN, CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS

Columna	- 12,5 cm x 0,4 cm de acero inoxidable, rellena de RP-18, partícula regular de 5 µm
Fluyente	- Acetonitrilo-agua (1:1) con un flujo de 1 ml/min
Detector	- Ultravioleta de longitud de onda variable (254 nm)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez determinada la cantidad de plaguicida en cada uno de los parches (µg/25 cm²) y teniendo en cuenta el tiempo que duró la aplicación en cada caso, se calculó la cantidad de endosulfán y captán por unidad de área y tiempo en cada parche (µg/cm²/h), encontrándose los valores recogidos en las *Tablas 3a y 3b*. En dichas tablas se han considerado por separado las dos primeras aplicaciones y las dos últimas, puesto que fueron diferentes tanto la concentración de los ingredientes activos en el caldo de aplicación como la altura del cultivo.

Se calcularon asimismo las cantidades de endosulfán y captán correspondientes a los guantes, tanto en las operaciones de mezcla/carga como durante las aplicaciones, agrupándolas en la misma forma y expresándolas en las mismas unidades con objeto de poder compararlas con las de las otras zonas (*Tablas 4a y 4b*). Para expresar las cantidades en µg/cm²/h se consideró que el área de cada mano es de 410 cm² (4).

Según se deduce de los valores encontrados en los parches (*Tablas 3a y 3b*) las zonas del cuerpo más expuestas en todas las aplicaciones realizadas son las piernas, sobre todo por su parte delantera. En las dos últimas aplicaciones, en que el cultivo era más alto (70 cm), se observa una exposición de la parte delantera de los muslos mucho más importante que en las aplicaciones sobre el cultivo más bajo (30 cm). En general la cantidad depositada en estas zonas más expuestas suele ser superior



CONDICIONES DE TRABAJO Y SALUD

TABLA 3a
ENDOSUFLÁN EN PARCHES DURANTE LA
APLICACIÓN ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$)

Localización Parche	Aplicación 1-2	Media	Aplicación 3-4	Media
Hombro drcho.	0,04-0,14	0,09	1,69-2,85	2,27
Hombro izqdo.	0,03-0,23	0,13	1,48-1,79	1,64
Pecho	0,02-0,05	0,04	0,12-0,27	0,20
Espalda	0,04-0,07	0,06	0,64-0,66	0,65
Brazo drcho.	0,02-0,09	0,05	1,07-2,36	1,71
Brazo izqdo.	0,14-0,11	0,13	0,77-0,77	0,77
Antebr. drcho.	0,01-0,04	0,03	0,56-1,95	1,26
Antebr. izqdo.	0,22-0,01	0,11	1,39-3,81	2,60
Muslo drcho.del.	0,46-0,49	0,48	7,16-12,74	9,95
Muslo drcho.tra.	0,03-0,17	0,10	0,07-0,21	0,14
Muslo izqdo.del.	0,48-0,23	0,36	6,39-5,20	5,80
Muslo izqdo.tra.	0,04-0,11	0,08	0,17-0,50	0,34
Pierna drcha.del.	2,09-6,49	4,29	20,33-19,91	20,11
Pierna drcha.tra.	0,35-2,43	1,39	2,52-2,28	2,40
Pierna izqda.del.	2,08-4,62	3,35	14,85-13,24	14,04
Pierna izqda.tra.	0,69-4,05	2,37	1,50-3,10	2,30

TABLA 3b
CAPTÁN EN PARCHES DURANTE LA APLICACIÓN
($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$)(*)

Localización Parche	Aplicación 1-2	Media	Aplicación 3-4	Media
Hombro drcho.	0,97-0,69	0,83	1,36-4,53	2,95
Hombro izqdo.	0,94 0,50	0,72	1,96-2,32	2,14
Pecho	0,50-0,50	0,50	0,50-0,50	0,50
Espalda	0,50-0,50	0,50	0,74-0,76	0,75
Brazo drcho.	0,50-0,50	0,50	0,88-3,58	2,23
Brazo izqdo.	0,50-0,87	0,69	0,59-0,79	0,69
Antebr. drcho.	0,50-0,50	0,50	0,50-2,39	1,44
Antebr. izqdo.	0,50-0,50	0,50	1,40-4,35	2,88
Muslo drcho.del.	1,98-2,36	2,17	8,51-22,00	15,26
Muslo drcho.tra.	0,50-0,59	0,54	0,50-0,50	0,50
Muslo izqdo.del.	1,68-0,55	1,12	12,19-12,86	12,52
Muslo izqdo.tra.	0,50-0,50	0,50	0,50-0,50	0,50
Pierna drcha.del.	9,05-36,60	22,83	21,88-41,05	31,46
Pierna drcha.tra.	3,40-12,96	8,18	2,99-3,48	3,24
Pierna izqda.del.	8,99-27,35	18,17	15,62-33,83	24,72
Pierna izqda.tra.	1,69-9,64	5,67	2,13-3,45	2,79

(*) Para valores por debajo del límite de detección, se da como resultado 0,50 que corresponde a dicho límite (4).

TABLA 4a
ENDOSUFLÁN EN GUANTES
($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$)

Guante	Mezcla/Carga 1ª - 2ª (*)	Mezcla/Carga 3ª - 4ª (*)	Aplic. 1ª - 2ª	Media	Aplic. 3ª - 4ª	Media
Mano drcha.	70,50	325,19	1,40 - 7,61	4,51	12,14 - 0,79	6,47
Mano Izqda.	242,79	849,09	4,98 - 14,95	9,97	15,28 - 16,00	15,64

(*) Estos valores corresponden a la operación de mezcla/carga, que se llevó a cabo una vez para cada dos aplicaciones.

TABLA 4b
CAPTÁN EN GUANTES
($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$)

Guante	Mezcla/Carga 1ª - 2ª (*)	Mezcla/Carga 3ª - 4ª (*)	Aplic. 1ª - 2ª	Media	Aplic. 3ª - 4ª	Media
Mano drcha.	4,39	39,20	5,92 - 12,40	9,16	13,19 - 2,55	7,87
Mano Izqda.	5,49	4,39	13,01 - 25,06	19,04	21,34 - 26,36	23,85

(*) Estos valores corresponden a la operación de mezcla/carga, que se llevó a cabo una vez para cada dos aplicaciones.

en el lado derecho que en el izquierdo. Tal como era de esperar a causa de la altura del cultivo, la exposición es mucho menos importante en la parte superior del cuerpo.

Con respecto a las manos (Tablas 4a y 4b) se observa que la operación de mezcla/carga implica en muchos casos una exposición superior a la de aplicación, debido fundamentalmente a que se maneja el producto comercial concentrado. En general, la mano izquierda está más expuesta que la derecha en ambas operaciones. Durante la preparación del caldo puede ser debido a la

forma de manipular el recipiente para verterlo en el tanque. En la aplicación del producto, la mano izquierda arrastra la manguera y recibe el producto que cae a lo largo de ella.

La exposición dérmica potencial de cada una de las zonas corporales se calcula extrapolando la cantidad de plaguicida depositada en los parches a la zona corporal representada por ella. En las Tablas 5a y 5b se recogen los valores de exposición dérmica, durante la aplicación, para cada una de las zonas corporales. Dichos valores (en $\mu\text{g}/\text{h}$) se obtienen multiplicando el valor

TABLA 5a
EXPOSICIÓN DÉRMICA A ENDOSULFÁN POR ZONA CORPORAL DURANTE LA APLICACIÓN (µg/h)

Zona	Área* (cm ²)	Aplicación 1-2	Aplicación 3-4
Cabeza	(1.300a)	91	1.216
Cuello del.	(150b)	6	30
Cuello tra.)	(110)	7	72
Pecho	(3.550)	142	710
Espalda	(3.550)	213	2.308
Brazos	(2.910)	262	3.608
Antebrazos	(1.210)	85	2.335
Muslos	(3.820)	974	15.500
Piernas	(2.380)	6.783	23.116
Manos	(820)	5.937	9.065
Exposición dérmica total		14.500	57.960

(*) Áreas recomendadas por la EPA en 1987 (4).

(a) El área de la cabeza incluye los 650 cm² de la cara.

TABLA 5b
EXPOSICIÓN DÉRMICA A ENDOSULFÁN POR ZONA CORPORAL DURANTE LA APLICACIÓN (µg/h)

Zona	Área* (cm ²)	Aplicación 1-2	Aplicación 3-4
Cabeza	(1.300a)	769	1.644
Cuello del.	(150b)	75	75
Cuello tra.)	(110)	55	83
Pecho	(3.550)	1.775	1.775
Espalda	(3.550)	1.775	2.663
Brazos	(2.910)	1.731	4.249
Antebrazos	(1.210)	605	2.614
Muslos	(3.820)	4.135	27.485
Piernas	(2.380)	32.636	37.015
Manos	(820)	11562	13.005
Exposición dérmica total		55.118	90.608

(*) Áreas recomendadas por la EPA en 1987 (4).

(a) El área de la cabeza incluye los 650 cm² de la cara.

(b) Incluye la V del pecho.

del parche representativo de la zona (en µg/cm²/h) por el área de la misma (en cm²).

Cuando se colocan varios parches en la misma zona corporal debe calcularse previamente el valor medio. Para calcular la exposición de la cabeza se utiliza la media de los parches de los hombros, el pecho y la espalda; para la parte delantera del cuello, el valor del parche del pecho, y para la parte trasera del cuello, el de la espalda.

A partir de los datos de exposición dérmica potencial durante la aplicación correspondientes a cada una de las zonas corporales, se puede determinar la exposición real de un aplicador en las mismas condiciones, tomando en consideración los valores correspondientes a las zonas descubiertas y siempre que la penetración a través de la ropa no sea significativa.

La concentración media de endosulfán en aire durante las tareas de aplicación fue de 0,04 y 0,3 mg/m³ respecti-

vamente. Estas concentraciones no superan los correspondientes TLVs, que son 0,1 mg/m³ para el endosulfán y 5 mg/m³ para el captán (13).

Para calcular la exposición potencial total habría que sumar los valores de exposición dérmica total y de exposición respiratoria para cada aplicación. La exposición respiratoria debe expresarse en las mismas unidades que la dérmica, en nuestro caso en µg/h, necesitando para ello estimar la ventilación del individuo para la actividad que está realizando. Normalmente se recomienda utilizar un valor de 29 l/min para un hombre desarrollando un trabajo ligero. Para estimar la exposición de un individuo en particular debe considerarse su peso corporal para la expresión de los resultados.

Al realizar la valoración de la exposición hay que tener en cuenta, si se conoce, el nivel de exposición admisible para el operario (NEAO), que es la máxima cantidad de sustancia activa a la que el operario puede estar expuesto sin sufrir efectos nocivos para su salud, expresándose en miligramos de sustancia activa por kilogramo de peso corporal del operario.

Agradecimiento

Los autores agradecen la colaboración prestada en la realización de este trabajo a Eva Cohen Gómez, Julián Sánchez-Hermosilla López, Juan M. Viguera Rubio y Francisco J. Lissen Romero, del C.N.M.P. Sevilla y a Hordebrix (Sociedad Cooperativa Andaluza) de Lebrija por su paciente cooperación.

BIBLIOGRAFIA

- CHESTER, G. Evaluation of agricultural worker exposure to, and absorption of, pesticides. *Ann. Occup. Hyg.*, 37(5), 509-523, 1993.
- CURRY, P. y IYENGAR, S. Comparison of exposure assessment guidelines for pesticides. *Rev. of Environ. Contam. and Toxicol.*, 129, 79-93, 1992.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Field surveys of exposure to pesticides. *Standard Protocol. Toxicol. Letters*, 33, 223-236, 1986.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Pesticide assessment guidelines. Subdivision U, Applicator exposure monitoring. U.S.EPA, Washington, 1987.
- DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Directiva del Consejo 91/414/CEE, de 15 de julio de 1991, relativa a la comercialización de productos fitosanitarios. D.O. nº L 230, 19-8-1991.
- BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO. Orden del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, de 4 de agosto de 1993, por la que se establecen los requisitos para solicitudes de autorización de productos fitosanitarios. B.O.E. nº 190, 10-8-1993.
- DELGADO, P.; AMARO, M.M. y VIGUERA, J.M. Valoración de la exposición dérmica a plaguicidas. "Salud y Trabajo", 99, 4-10, 1993.

11. ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. *The agrochemical handbook, 3rd Edition*. RSC, Cambridge, 1991.

12. OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. *Chemical Information Manual*. OSHA, 1991.

13. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. *Threshold limit values and biological exposure indices for 1993-1994*. ACGIH, Cincinnati, 1993.

8. LEE, R.L. (Ed.). *Air pollution from pesticides and agricultural processes*. CRC Press, Cleveland, 1976.

9. TORDOIR, W.F. y VAN HEEMSTRA E.A.H. (Eds). *Field worker exposure during pesticide application*. Elsevier, Amsterdam, 1980.

10. INTERNATIONAL GROUP OF NATIONAL ASSOCIATIONS OF MANUFACTURERS OF AGROCHEMICAL PRODUCTS. *Monitoring studies in the assessment of field worker exposure to pesticides*. Technical Monograph N° 14. GIFAP, Bruxelles, 1990.

DOCUMENTOS TÉCNICOS

- Colección de estudios sobre condiciones de trabajo y prevención de riesgos laborales.
- Escritos por profesionales de reconocida experiencia.
- Editados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Formato: 15 x 21 cm. - Precio: 500 Ptas + IVA

Pedidos a:

INSHT, Ediciones y Publicaciones C/ Torrelaguna, 73 28027 - MADRID Teléf: (91) 403 70 00 Fax: (91) 403 00 50	INSHT - C.N.C.T. C/ Duques, 2-10 08034 - BARCELONA Teléf: (93) 280 01 02 Fax: (93) 280 36 42	LA LIBRERIA DEL B.O.E. C/ Tradador, 29 28071 - MADRID Teléf: (91) 536 22 95 - 21 00 Fax: (91) 536 23 49
--	--	---

Ultimos títulos publicados:

- 71.92. Plomo: criterios toxicológicos actuales para la vigilancia médica de trabajadores expuestos.
- 72.93. Evaluación de riesgos asociados al control ambiental de plagas urbanas.
- 73.93. Campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja.
- 74.93. La vigilancia de la salud en el medio laboral.
- 75.93. La iluminación en los lugares de trabajo.
- 76.94. La sila en el puesto de trabajo terciario.

