

# PREDICCIÓN DE LA EXPOSICIÓN A PRODUCTOS FITOSANITARIOS

M<sup>º</sup> Jesús Ledesma Díaz / Pedro Delgado Cobos

Centro Nacional de Medios de Protección Sevilla · I.N.S.H.T.

## INTRODUCCIÓN

La Directiva 91/414/CEE sobre comercialización de productos fitosanitarios (1) establece en su anexo III que para solicitar la autorización de un producto fitosanitario es necesario, entre otros requisitos, 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. Estos requisitos han sido publicados en el B.O.E. mediante una Orden del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2).

Debe evaluarse la exposición a la sustancia activa o a los componentes del producto fitosanitario que resulten importantes desde el punto de vista toxicológico, para cada tipo de método y equipo de aplicación declarados para la utilización del producto fitosanitario y para los distintos tipos y tamaños de envase que vayan a usarse, teniendo en cuenta las operaciones de mezcla, carga y aplicación del producto y la limpieza del equipo de aplicación.

Los estudios toxicológicos sobre las sustancias activas deben permitir el establecimiento de un nivel de exposición admisible para el operario (NEAO), que es la cantidad máxima de sustancia activa a la que el operario puede estar expuesto sin sufrir efectos nocivos para su salud. Este nivel se expresa en miligramos de sustancia química por kilogramo de peso corporal del operario y debe ser tenido en cuenta al realizar la evaluación de la exposición.

A partir de bases de datos de exposición a plaguicidas, tales como la "Pesticide Handlers Exposure Database" (3), se realizan predicciones de exposición que indican si existe un margen de seguridad aceptable y, en caso afirmativo, no es necesario realizar estudios posteriores. En caso negativo, pueden utilizarse datos específicos del producto sobre absorción dérmica y efectividad de medios de protección, para mejorar la estimación realizada mediante los modelos de cálculo. Si el margen de seguridad obtenido mediante las estimaciones indicadas anteriormente es inadecuado, o no se dispone de modelo de cálculo o de datos genéricos de exposición aceptables, será necesario realizar estudios de campo para medir la exposición y/o la dosis absorbida.

Con objeto de asegurarse de que todos los Estados miembros, al adoptar decisiones sobre la autorización de productos fitosanitarios, apliquen los requisitos establecidos de forma equivalente, se adoptan unos principios uniformes de evaluación. Sin embargo, hasta el momento no se dispone de un modelo predictivo armonizado en toda la Comunidad, habiéndose constituido un grupo de trabajo ad hoc sobre exposición laboral a productos fitosanitarios, que está elaborando protocolos para la estimación y medida de la exposición. Uno de los objetivos del grupo es establecer un banco de datos de exposición europeos, que permita establecer valores genéricos fiables para los parámetros que se deben incluir en los modelos de cálculo.

En el presente trabajo, se ha realizado una revisión de los modelos predictivos existentes en varios países comunitarios, que están sirviendo de base para el modelo armonizado europeo, del cual se esbozan algunas posibles características.

## MODELO INGLÉS

Este modelo ha sido desarrollado por el Joint Medical Panel of the Scientific Subcommittee on Pesticides (JMP) (4). Asimismo existe una versión actualizada como borrador no publicado (Hamey, 1992).

Los cálculos están divididos en dos partes: exposición durante la manipulación del producto concentrado (operaciones de mezcla y carga) y exposición durante la aplicación del producto diluido. La primera depende fundamentalmente del tipo de formulación y del tamaño y diseño del envase que contiene el formulado y la segunda, de la técnica de aplicación.

La información necesaria para estimar la exposición es la siguiente:

- Nombre del producto.
- Ingrediente activo y concentración.
- Tipo de formulación.
- Principal disolvente y concentración.
- Tamaño y diseño del envase que contiene el formulado.
- Métodos de aplicación.
- Ropa de protección recomendada.
- Cantidad máxima aplicada por hectárea.
- Volumen mínimo de aplicación.

Durante las operaciones de mezcla y carga, el modelo inglés considera que únicamente se va a producir exposición dérmica en las manos del trabajador. Mientras que durante la aplicación, tiene en cuenta tanto la exposición respiratoria como la dérmica en manos, tronco y piernas. La exposición dérmica considerada es la potencial, es decir, la cantidad total de producto en contacto con la ropa y la piel (cuerpo entero).

### Mezcla y carga

Para el cálculo de la exposición dérmica durante la mezcla y carga es necesario conocer la exposición de las manos para cada una de las operaciones de mezcla y carga y el número de veces que se tiene que realizar esta operación.

La exposición de las manos para cada operación es función, en el caso de productos líquidos, del tamaño y diámetro de boca del envase. En el caso de manipulación de formulaciones sólidas (polvo mojable, gránulos dispersables en agua, tabletas, etc.) no se cuenta con datos suficientes para estimar la exposición por lo que se considera que para envases pequeños (aproximadamente de 100 g) el trabajador sufre una exposición de 0,001 g/operación y para envases grandes (aproximadamente de 1 kg) de 0,1 g/operación.

En la *Tabla 1* se indican los valores de exposición durante el vaciado de productos líquidos contenidos en envases de diferentes tamaños.

Si comparamos el nivel de exposición en función del tamaño de envase, se observa, como es lógico, que la exposi-

TABLA 1

### EXPOSICIÓN DURANTE EL VACIADO DE LÍQUIDOS EN ENVASES DE DIFERENTES TAMAÑOS\*

TAMAÑO DEL ENVASE (litros)	EXPOSICIÓN (ml/operación)
1	0,01
5	0,20
10	0,50
20	1,00

\* Cuando no se especifica el diseño

ción crece al aumentar el tamaño y va desde 0,01 ml de producto por operación para envases pequeños, de 1 ó 2 litros, hasta valores de 0,5 litros de producto por operación para envases de 10 y 20 litros.

Teniendo en cuenta el diseño del envase, fundamentalmente el tamaño de boca, se observa que para envases de boca ancha los niveles de exposición son mucho más bajos.

El tratamiento estadístico utilizado para la obtención de estos datos de exposición ha sido el percentil 75.

Conociendo la cantidad de producto que recibe el trabajador en cada una de las operaciones de mezcla y carga y el número de operaciones que tiene que realizar, podemos determinar la exposición potencial del operario durante la mezcla y carga. Para determinar la exposición real debemos saber la cantidad de producto que atraviesa los guantes de protección y llega a las manos. Esta permeación va a de-



penden básicamente del disolvente fundamental de la formulación y de la concentración, ya que es el disolvente el que permea a través del guante y lleva consigo el ingrediente activo.

En la *Tabla 2* se indican los valores de permeación, para guantes de protección, en función del tipo de formulación.

**TABLA 2**  
**PORCENTAJE DE PERMEACIÓN**  
**SEGÚN TIPO DE FORMULACIÓN**

Tipo de formulación	Permeación
Formulaciones que contienen disolventes orgánicos	10%
Formulaciones acuosas	5%
Formulaciones sólidas	1%

## Aplicación

Los principales factores que influyen en los niveles de exposición, tanto dérmica como respiratoria, durante la aplicación son: volumen de aplicación, tamaño de gota y equipo de aplicación utilizado.

Para los diferentes métodos de aplicación se dan valores de exposición dérmica durante la aplicación, así como su distribución entre las diferentes partes del cuerpo. De igual forma se dan valores de exposición respiratoria en función del método de aplicación.

Los datos de exposición dérmica y respiratoria disponibles actualmente por el modelo inglés se circunscriben a la aplicación de formulaciones líquidas y son los siguientes (*Tabla 3*):

**TABLA 3**  
**EXPOSICIÓN DÉRMICA Y RESPIRATORIA**  
**DURANTE LA APLICACIÓN**

Equipos de aplicación	Exp. Dérmica (ml/h)	Ex. Respiratoria (ml/h)
Pulverizador hidráulico por tractor con cabina (hacia abajo)	10	0,01
Pulverizador centrífugo transportado por tractor con cabina (hacia abajo)	2	0,005
Nebulizador transportado por tractor sin cabina (hacia arriba)		
- Volumen de aplicación 500 l/Ha	400	0,05
100 l/Ha	50	0,02
50 l/Ha	20	0,02
Pulverizador hidráulico manual (exteriores) (hacia abajo)	50	0,02
Pulverizador centrífugo manual (exteriores)		
- Hacia abajo	20	0,01
- Hacia arriba y de lado	50	0,01

Se observa que los niveles de exposición respiratoria son siempre inferiores a los de exposición dérmica. Por otra parte, dentro de los equipos de aplicación transportados por vehículo, los valores de exposición son mayores en el caso de no utilizar cabina que con cabina.

En el caso de la exposición dérmica durante la aplicación, el modelo inglés también establece la distribución de la misma entre las diferentes partes del cuerpo (*Tabla 4*).

**TABLA 4**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA EXPOSICIÓN DÉRMICA**  
**EN LAS DIFERENTES PARTES DEL CUERPO**  
**SEGÚN EQUIPOS DE APLICACIÓN**

Equipos de aplicación	Manos	Tronco	Piernas
Pulverizador hidráulico transportado por tractor con cabina	65%	10%	25%
Pulverizador centrífugo transportado por tractor con cabina	75%	15%	10%
Nebulizador transportado por tractor sin cabina			
- Volumen de aplicación 500 l/Ha	10%	65%	25%
100 l/Ha	10%	65%	25%
50 l/Ha	10%	65%	25%
Pulverizador hidráulico manual (hacia abajo)	25%	25%	50%
Pulverizador centrífugo manual			
- Hacia abajo	10%	5%	85%
- Hacia arriba y de lado	10%	65%	25%

El tratamiento estadístico utilizado para la obtención de estos datos de exposición es también, en este caso, el percentil 75.

Los valores por defecto asumidos por el modelo inglés en las operaciones de mezcla/carga y aplicación son los siguientes:

- Duración de las operaciones de mezcla/carga: 1 h/día
- Duración de la aplicación: 6 h/día
- Superficie tratada:
  - Cultivo bajo: 50 Ha/día
  - Cultivo alto: 30 Ha/día
  - Aplicación manual: 1 Ha/día

Una vez conocida la exposición dérmica real, es decir, la cantidad de producto que entra en contacto con la piel, la dosis absorbida será la exposición dérmica durante la mezcla, carga y aplicación corregida por la absorción percutánea.

En el caso de la exposición respiratoria, sólo una parte va a ser inhalada y, de ésta, una cantidad llegará a los pulmones. La dosis inhalada dependerá del tamaño de gota, pero debido a la ausencia de datos sobre tamaños de gota en la zona respiratoria del trabajador, se asume que la dosis inhalada es igual a la exposición respiratoria.

La exposición total es, por tanto, la suma de la dosis absorbida por vía dérmica durante la mezcla/carga y aplicación y la dosis inhalada durante la aplicación. Este valor se compara con el NEAO (Nivel de exposición admisible para el operario).

Por último, es importante señalar que este modelo es semi-cuantitativo y tiene limitaciones. Sin embargo, puede ser una herramienta útil cuando se utiliza para seleccionar ropa de protección o para reducir la exposición potencial del operario. El modelo se irá revisando con la entrada de nuevos datos.

## MODELO ALEMÁN

Este modelo ha sido desarrollado por el Biologischen Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft (BBA) (5).

Considera que hay tres vías de entrada: vía dérmica (D), vía respiratoria (I) y vía oral (O). Dentro de la exposición por vía dérmica establece la distinción entre cabeza (C), manos (H) y cuerpo (B).

Asimismo, tiene en cuenta dos tipos de trabajo: mezcla del producto (M) y aplicación del aerosol líquido (A).

Cada una de las tres exposiciones D, I y O viene dada por las siguientes exposiciones parciales:

$$D = D_{M(H)} + D_{M(B)} + D_{M(C)} + D_{A(H)} + D_{A(B)} + D_{A(C)}$$

$$I = I_M + I_A$$

$$O = O_M + O_A$$

La estimación de la exposición dérmica (D), respiratoria (I) y oral (O) depende, en primer lugar, de la cantidad de ingrediente activo manipulado y, para una misma cantidad de producto, de las exposiciones específicas determinadas experimentalmente ( $D^*$ ,  $I^*$ ,  $O^*$ ) dadas en mg/kg (de ingrediente activo) por persona, el área tratada por día (A) en Ha/día y la cantidad usada de ingrediente activo (R) en kg de ingrediente activo/Ha.

$$\text{Por lo tanto: } D = D^* \times R \times A$$

$$I = I^* \times R \times A$$

$$O = O^* \times R \times A$$

Experimentalmente la exposición oral (O) viene normalmente unida a la exposición respiratoria. Únicamente en situaciones en las que exista una contribución significativa de partículas no respirables puede ser viable diferenciar entre exposición respiratoria y oral. También se ha comprobado experimentalmente que durante la mezcla únicamente son significativas la exposición respiratoria y la dérmica en las manos.

Resumiendo:

$$D = D_{M(H)} + D_{A(H)} + D_{A(B)} + D_{A(C)}$$

$$I = I_M + I_A$$

El modelo establece valores de exposiciones específicas dérmicas y respiratorias durante la mezcla/carga en función del tipo de formulación (Tabla 5), considerando for-

**TABLA 5**  
**EXPOSICIONES ESPECÍFICAS DURANTE LA MEZCLA/CARGA SEGÚN TIPO DE FORMULACIÓN mg/Kg (de ingrediente activo) por persona**

	LÍQUIDO		SÓLIDO			
			Polvo Mojable		Gránulo Dispersable	
	Tractor	Manual	Tractor	Manual	Tractor	Manual
$I_M^*$	0,0006	0,05	0,07	0,83	0,008	0,02
$D_{M(H)}^*$	2,4	205	6,0	50	2,0	21

$I_M^*$ : exposición específica respiratoria.

$D_{M(H)}^*$ : exposición específica dérmica en las manos.

mulaciones líquidas (por ejemplo concentrado emulsionable) y sólidas (gránulo dispersable y polvo mojable).

En cualquier caso, independientemente del tipo de producto y del equipo de aplicación, las exposiciones específicas dérmicas en las manos son superiores a las respiratorias. Por otra parte, se observa claramente que, para un mismo producto, las exposiciones específicas respiratorias y dérmicas en las manos son mayores cuando se aplica de forma manual que cuando se utiliza vehículo.

Asimismo establece los valores de exposiciones dérmicas y respiratorias durante la aplicación en función de las condiciones de uso (Tabla 6).

**TABLA 6**  
**EXPOSICIONES ESPECÍFICAS DURANTE LA APLICACIÓN SEGÚN CONDICIONES DE USO mg/Kg (de ingrediente activo) por persona**

	CULTIVO ALTO		CULTIVO BAJO
	Tractor	Equipo Manual	
$I_A^*$	0,018	0,27	0,001
$D_{A(C)}^*$	1,24	4,8	0,06
$D_{A(H)}^*$	0,66	11	0,38
$D_{A(B)}^*$	9,6	25	1,6

$I_A^*$ : exposición específica respiratoria.

$D_{A(C)}^*$ : exposición específica dérmica en la cabeza.

$D_{A(H)}^*$ : exposición específica dérmica en las manos.

$D_{A(B)}^*$ : exposición específica dérmica en el cuerpo.

Los valores de exposiciones específicas son mayores en el caso de que se realice la aplicación sobre cultivo alto que bajo. Por otra parte, para un mismo tipo de cultivo (cultivo alto), se observa que los niveles de exposición, cuando se aplica de forma manual, son mayores que cuando se utiliza un vehículo.

Algunas veces se ha encontrado una variabilidad considerable entre valores de exposición para el mismo uso. Esta variabilidad se debe principalmente a factores extrínsecos y cambio de algunas condiciones.

La evaluación de la base de datos revela una distribución logarítmica normal de las exposiciones específicas. La media geométrica es la usada para el cálculo de las exposiciones específicas.

Los valores que el modelo alemán asume por defecto en cuanto a superficie tratada son:

- Cultivo alto: 8 Ha/día
- Cultivo bajo: 20 Ha/día
- Aplicación manual: 1 Ha/día

## MODELO HOLANDÉS

El modelo, elaborado por J.J. Van Hemmen en 1992, consiste en una revisión bibliográfica de artículos sobre valores de exposición. Esta revisión ha servido para la elaboración de bases de datos que permiten obtener una primera aproximación a la hora de valorar el riesgo de exposición (6).

Han sido publicados numerosos datos de exposición dérmica y respiratoria tanto durante las operaciones de mezcla y carga como durante la aplicación existiendo una gran diferencia entre los mismos. Esto se debe a los diferentes criterios de inclusión y a las diferentes condiciones climatológicas y agrícolas existentes durante los estudios de exposición.

A la hora de revisar estos estudios es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Diferencias existentes en mezcla/carga, aplicación y re-entrada.
- Condiciones agrícolas (área tratada por día, cultivo, nivel de mecanización, cantidad aplicada, tipo de formulación y envasado).
- Condiciones climatológicas (temperatura, humedad relativa, velocidad del aire).
- Aspectos de trabajo (equipo de aplicación, prácticas de trabajo, higiene personal).
- Aspectos analíticos (método de muestreo, reproducibilidad, recuperación, tratamiento de las muestras).

La elaboración de estas bases de datos debe realizarse en función de las técnicas utilizadas para la mezcla/carga y aplicación. En algunos casos la persona que realiza la mezcla/carga no es la misma que aplica por lo que se considera necesario elaborar, de forma separada, dos bases de datos (mezcla/carga y aplicación).

Los valores de exposición varían considerablemente y, en algunos casos, se tienen pocos datos, por lo que es imposible calcular medias válidas estadísticamente o percentiles. Se considera el percentil 90 para estimar los niveles de exposición y los valores se expresan en cantidad de formulado por hora de mezcla y carga y en cantidad de aerosol líquido por hora de aplicación.

El percentil 90 provoca valores altos de exposición que no son representativos en situaciones en las que se utilicen buenos métodos de trabajo, adecuada higiene personal o condiciones climatológicas moderadas y, por lo tanto, en estos casos, se obtendrán niveles de exposición superiores a los reales.

## Mezcla/carga

Las operaciones de mezcla y carga son normalmente realizadas de forma manual y en corto espacio de tiempo comparada con la aplicación. Las formulaciones pueden ser líquidas, polvo o gránulos.

Estudios sobre distribución de la exposición en diferentes partes del cuerpo demuestran que durante la mezcla y carga, en general, la mayor parte de la exposición se produce en las manos. Sin embargo, la posibilidad de exposición en otras partes del cuerpo deben ser consideradas.

El grado de exposición depende de las condiciones atmosféricas (viento y ventilación) especialmente en el caso de polvos o líquidos con pequeño tamaño de gota.

Se deberá establecer diferencia entre los distintos tipos de formulación (líquida, polvo y gránulos) así como entre operaciones realizadas en interiores y exteriores. En el caso de operaciones de mezcla y carga realizadas en exteriores no se han obtenido suficientes datos de exposición. La utilización de sistemas cerrados tampoco ha sido valorada ya que el número de datos es pequeño y no son muy relevantes. Los valores se presentan en cantidad de producto por unidad de tiempo (mg/h).

Se debe ser muy cuidadoso a la hora de analizar la base de datos, ya que no son consideradas todas las variables que influyen sobre el nivel de exposición. Esta es la razón fundamental para utilizar el percentil 90 en una primera aproximación. Los valores de exposición, tanto dérmica como respiratoria, en las operaciones de mezcla y carga están presentados en la *Tabla 7*.

**TABLA 7**  
**EXPOSICIÓN DURANTE LA MEZCLA Y CARGA**  
**(Percentil 90)**

EXPOSICIÓN DÉRMICA POTENCIAL (mg formulación/h)		EXPOSICIÓN RESPIRATORIA (mg formulación/h)	
Líquidos	Sólidos	Líquidos	Sólidos
300	2.000	0,02	15

Se observa cómo los niveles de exposición dérmica son superiores a los de exposición respiratoria y, en ambos casos, es superior en las formulaciones sólidas que en las líquidas.

## Aplicación

A la hora de valorar la exposición durante la aplicación la técnica utilizada es fundamental ya que el tamaño de gota va a depender de la misma. Por otra parte existe una clara diferenciación entre aplicación en interiores y exteriores. Las condiciones atmosféricas (velocidad del viento, temperatura y humedad relativa) influyen considerablemente sobre el nivel de exposición sobre todo en el caso de productos volátiles aplicados en exteriores. Por lo tanto, éste es un factor importante a considerar cuando se extrapolan datos

a diferentes países. Las condiciones extremas deben ser excluidas de la base de datos.

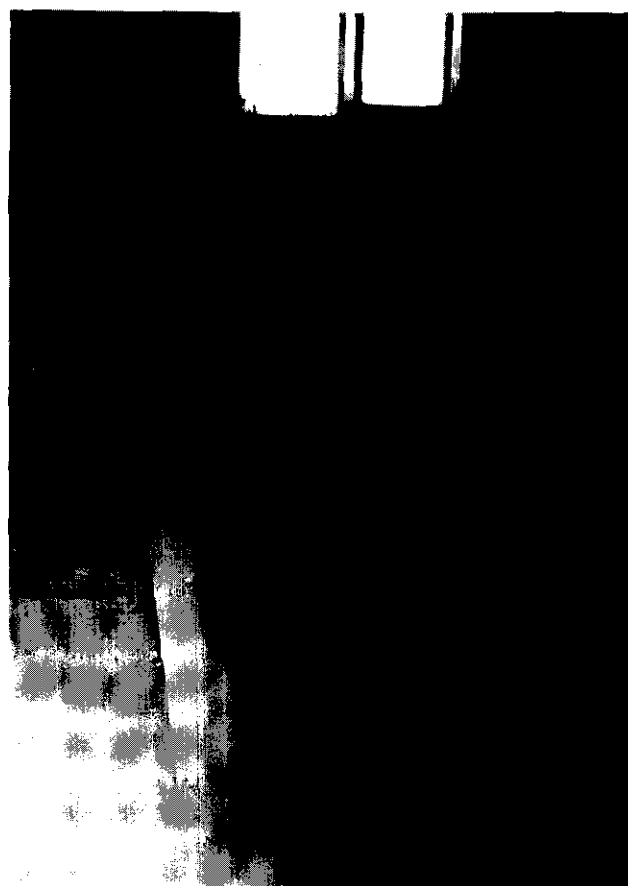
La distribución de la exposición en las diferentes partes del cuerpo depende básicamente del equipo de aplicación, condiciones atmosféricas (dirección del viento) y métodos de trabajo.

Los valores de exposición dérmica y respiratoria dados por Van Hemmen están presentados en la *Tabla 8*.

**TABLA 8**  
**EXPOSICIÓN DURANTE LA APLICACIÓN (ml aerosol/h)**  
**(Percentil 90)**

Pulverización en exteriores hacia abajo (tractor sin cabina)	Exposición respiratoria	0,025
	Exposición dérmica potencial	10
Pulverización en exteriores hacia abajo con equipo aéreo	Exposición respiratoria	0,005
	Exposición dérmica potencial	10
Pulverización en exteriores hacia arriba (tractor sin cabina)	Exposición respiratoria	1
	Exposición dérmica potencial	250
Pulverización manual en exteriores (hacia arriba y abajo)	Exposición respiratoria	0,5
	Exposición dérmica potencial	200
Pulverización en interiores (hacia arriba y abajo)	Exposición respiratoria	0,2*
	Exposición dérmica potencial	200*

\*Estos valores son para aplicación, incluyendo mezcla y carga



En todos los casos los valores de exposición dérmica potencial son mucho mayores que los de exposición respiratoria. Los datos vienen dados en cantidad de aerosol líquido por unidad de tiempo.

## COMPARACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES MODELOS

Todos los modelos de predicción anteriormente descritos se basan en que el nivel de exposición dérmica y respiratoria varía en función de la naturaleza del producto, las técnicas usadas durante la mezcla, carga y aplicación, los métodos de trabajo, las condiciones ambientales, así como en las medidas higiénicas usadas por el trabajador.

La comparación de los diferentes modelos es complicada ya que la estimación de los niveles de exposición se hace sobre bases estadísticas diferentes y los datos que constituyen la base de datos de los modelos también son completamente distintos.

Las principales diferencias entre los modelos aparecen mostradas en la *Tabla 9* (7,8).

**TABLA 9**  
**DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MODELOS DE PREDICCIÓN**

Modelo	Mezcla/Carga	Aplicación	Valores por defecto
INGLES (JMP 1986)	Exposición expresada en ml o mg de formulado, determinado por el tamaño y diámetro de boca del envase	Exposición expresada en ml de aerosol líquido	Mezcla/carga: 1h/día Aplicación: 6 h/día (Cultivo alto < 30 Ha/día, Cultivo bajo < 50 Ha/día, Manual < 1 Ha/día)
ALEMAN (BBA 1992)	Exposición expresada por cantidad de plaguicida manipulado (mg/Kg)	Exposición expresada por cantidad de plaguicida manipulado (mg/Kg)	Cultivo bajo: 20 Ha/día Cultivo alto: 8 Ha/día Manual: 1 Ha/día
HOLANDES (Van Hemmen 1992)	Exposición expresada en ml o mg de formulado	Exposición expresada en ml o mg de aerosol líquido o polvo	Mezcla/carga: 1h Aplicación: 6 h (Cultivo alto: 5 Ha/día, Cultivo bajo: 10 Ha/día, Manual: 1 Ha/día)

Se han estimado los niveles de exposición durante las actividades en que se manipulan plaguicidas y se ha comprobado que existen diferencias entre los valores obtenidos por los distintos modelos. Esto es debido a que, en primer lugar, las bases de datos son completamente diferentes, lo que da lugar a la utilización de equipos de aplicación y tamaños de superficie tratada diferentes. Por otra parte, el desarrollo estadístico también varía considerablemente y va desde la media geométrica para el modelo alemán hasta el percentil 90 en el modelo holandés pasando por el percentil 75 en el caso del modelo inglés. La estimación del nivel de exposición debe ser usada para una primera aproximación a la valoración del riesgo. Se recomienda utilizar las partes más relevantes de cada uno de los modelos a fin de predecir el nivel de exposición.

## MODELO EUROPEO

Este modelo está siendo desarrollado por un grupo de trabajo ad hoc de la CE. Existe un borrador no publicado del cual se pueden desprender las características del futuro modelo.

Los cálculos de exposición van a ser divididos en dos partes: exposición durante la manipulación del producto concentrado (durante la preparación del caldo para la aplicación) y exposición durante la aplicación. Reconoce que no es posible alcanzar el objetivo de incluir la exposición que se produce durante la limpieza del equipo utilizado. La exposición depende de las propiedades de la formulación y de la técnica de aplicación, respectivamente.

El modelo describirá la exposición dérmica potencial y actual de cabeza, manos, antebrazos, piernas y tronco (brazos, espalda y pecho). La exposición respiratoria potencial también será descrita.

Durante las operaciones de mezcla y carga la exposición potencial estará limitada a la exposición dérmica en las manos y exposición respiratoria, y vendrá dada en términos de número de operaciones [cantidad de producto manipulado].

### Mezcla/carga

La exposición será descrita separadamente para líquidos y sólidos y, dentro de éstos, en polvo mojable y gránulos. También tendrá en cuenta los casos en que la aplicación se realice con vehículo (utilización de envase entero) o cuando ésta sea manual (utilizando sólo parte de un envase).

La información necesaria para estimar la exposición durante las operaciones de mezcla y carga deberá incluir:

- Características físicas del formulado
- Concentración en ingrediente activo
- Tamaño y diseño del envase
- Método de manipulación e instrucciones de preparación
- Cantidad manipulada
- Ropa de protección recomendada

Cuando se incorporan otras medidas para reducir la exposición, por ejemplo polvo mojable o gránulo dispersable en agua envasados en sacos solubles en agua, el modelo las deberá tener en cuenta.

### Aplicación

Se considerará la exposición dérmica potencial en cabeza, manos, antebrazos, piernas y tronco (brazos, espalda y pecho). La exposición respiratoria se describirá también y puede ser significativa para productos donde el método de aplicación genere partículas o gotas de un tamaño igual o menor de 50 µm.

La forma en que vendrá dada la exposición potencial no ha sido aun decidida y será la revisión de los datos la que determinará que sea en función de la cantidad de ingrediente activo o del tiempo.

La exposición será descrita inicialmente para aerosoles líquidos, dividiéndolos en aplicación sobre vehículo, manual y tratamientos de siembra.

Dentro de las aplicaciones manuales se hará la distinción entre aplicación en exteriores e interiores y aplicación hacia arriba y abajo.

La información necesaria para estimar la exposición durante la aplicación deberá incluir:

- Características físicas de la formulación si no se aplica como dilución acuosa
- Concentración del ingrediente activo tal como se aplica
- Métodos de aplicación
- Dosis de aplicación
- Volumen de aplicación
- Cantidad manipulada
- Ropa de protección recomendada

## CONCLUSIONES

La calidad de los modelos predictivos depende de la base de datos correspondiente. Por ello, es fundamental obtener datos de exposición mediante técnicas validadas tanto para la valoración como para el análisis.

Los modelos son fundamentalmente descriptivos y contienen sólo datos de exposición en las operaciones de mezcla/carga y aplicación, situaciones que son las más frecuentes. Sin embargo, no contienen datos de exposición en las operaciones de re-entrada (por ejemplo recolección de frutas y flores).

El tratamiento estadístico utilizado para estimar la exposición potencial también es diferente para cada modelo. Los distintos valores obtenidos en campo así como las diferentes políticas gubernamentales, hacen necesario considerar percentiles altos (por ejemplo percentil 90) para asegurar condiciones de trabajo seguras.

Los valores de exposición respiratoria son generalmente inferiores a los de exposición potencial dérmica. Sin embargo, la exposición respiratoria debe ser tenida en cuenta para valorar el riesgo ya que tiene especial importancia en el caso de compuestos volátiles o con baja absorción dérmica.

## BIBLIOGRAFIA

1. 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. n° L 230, 19-8-91.

## CONDICIONES DE TRABAJO Y SALUD

2. BOLETÍN 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 autorizaciones de productos fitosanitarios. B.O.E. nº 190, 10-8-93.
3. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, HEALTH AND WELFARE CANADA Y NATIONAL AGRICULTURAL CHEMICALS ASSOCIATION. Pesticide Handlers Exposure Database, 1992.
4. JOINT MEDICAL PANEL OF SCIENTIFIC SUBCOMMITTEE ON PESTICIDES OF THE MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD AND THE TOXICOLOGY COMMITTEE OF THE BRITISH AGROCHEMICALS ASSOCIATION. Estimation of exposure and absorption of pesticide by spray operators. MAFF, Pesticides registration department, Harpenden Laboratory. Harpenden, Herts, U.K., 1986.
5. LINDLHM, J.F., WESTPHAL, D., KIEHN, H., KREBS, B., FOCHER-BOLZ, S., MAASFELD, W. and PICK, E-D. Uniform principles for safeguarding the health of applicators of plant protection products. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 227. Berlin, Germany, 1992.
6. VAN HEMMEN, J.J. Agricultural pesticide exposure data bases for risk assessment. Reviews Environ Contam Toxicol, 126, 1-85, 1992.
7. VAN HEMMEN, J.J. Estimating worker exposure for pesticide registration. Reviews Environ Contam Toxicol, 128, 43-54, 1992.
8. VAN HEMMEN, J.J. Predictive exposure modelling for pesticide registration purposes. Ann. occup. Hyg., 37(5), 541-564, 1993.

9ª SERIE  
De reciente aparición

Colección de documentos  
de orden práctico y  
consulta rápida  
sobre condiciones  
de trabajo  
y prevención de  
accidentes de trabajo y  
enfermedades profesionales.

Formato: 21 x 29,7 cm. - Precio: 2.500 Pts. + IVA

Carpeta con 35 notas.

**Pedidos a:**

I.N.S.H.T. Ediciones y Publicaciones C/ Torrelaguna, 73 28027 - MADRID Teléf: (91) 403 70 00 Fax: (91) 403 00 50	I.N.S.H.T. C.N.C.T. C/ Dulcet, 2 - 10 08034 - BARCELONA Teléf: (93) 280 01 02 Fax: (93) 280 36 42	LA LIBRERIA DEL B.O.E. C/ Trafalgar, 29 28071 - MADRID Teléf: (91) 538 22 95 - 538 21 00 Fax: (91) 538 23 49
---	--	--