

Exposición a productos fitosanitarios durante la entrada a cultivos tratados. Estudios de campo desarrollados por el INSST

Gema Mira Terrón e Isaac Abril Muñoz

Centro Nacional de Medios de Protección. INSST

En el artículo “Exposición a productos fitosanitarios durante la reentrada a cultivos tratados”, publicado en el número 90 de la revista “Seguridad y Salud en el Trabajo”, se indicaba que tras la aplicación de productos fitosanitarios (PPFF) en un cultivo determinado, se realizan una serie de tareas como recolección, poda o eliminación de malas hierbas, que requieren la entrada de trabajadores/as en los cultivos tratados (reentrada). Esto supone un riesgo por exposición a los residuos de estos productos, que es necesario eliminar o reducir al mínimo posible.

El INSST ha venido realizando durante los últimos años estudios para determinar la exposición a PPFF durante la entrada a cultivos tratados. Los objetivos generales de estos estudios son fundamentalmente dos: fomentar el conocimiento actualizado sobre los riesgos y las medidas de prevención de los trabajadores expuestos; y mejorar la evaluación de los riesgos derivados de la exposición durante el proceso de autorización de PPFF.

En el presente artículo se describen algunos de los estudios realizados, señalando las principales conclusiones obtenidas.

INTRODUCCIÓN

En el artículo “Exposición a productos fitosanitarios durante la reentrada a cultivos tratados” [1] se describe el procedimiento utilizado a nivel europeo (Guía EFSA [2]) para estimar la exposición dé-

mica (principal vía de entrada) durante la reentrada en el proceso de autorización de PPFF, a través de la siguiente fórmula:

$$E = \text{DFR} \times \text{CT} \times T \text{ (a)}$$

Dónde: E (μg): Exposición.

DFR ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$): Residuo foliar desprendible.

CT (cm^2/h): Coeficiente de transferencia.

T (h/día): Tiempo.

El residuo foliar desprendible (DFR) se define como la cantidad de residuo de sustancia activa de un producto fitosanitario que puede ser transferido desde la superficie foliar al trabajador/a durante el contacto con la superficie tratada.

El coeficiente de transferencia (CT) es la relación algebraica, experimentalmente determinada, entre el DFR y la exposición, que, dependiendo de la intensidad del contacto con el follaje del cultivo, estará definida por la actividad desarrollada por el trabajador/a y por el cultivo.

La Guía de la EFSA propone el uso de diferentes CT obtenidos experimentalmente [3,4] para una serie de cultivos y tareas, realizando una extrapolación para aquellos cultivos o tareas no incluidos en dicha guía. Además, es necesario obtener mayor información experimental en determinados cultivos o tareas, ya que tanto los residuos desprendibles como la exposición de los trabajadores/as están afectados por múltiples factores.

Así, en la propia Guía de la EFSA se indica que los datos disponibles no son lo suficientemente fiables para proceder con la evaluación de la exposición aguda (en particular con respecto a los valores de CT y DFR) y recomienda obtener más datos sobre estos valores para posibilitar la realización de evaluaciones de exposición más realistas.

Entre los cultivos y actividades en los que es necesario obtener mayor información experimental de residuo desprendible y exposición de los trabajadores/as, los cultivos hortícolas en invernadero y la vid se consideraron como prioritarios por parte del INSST. Entre las razones en las que se basa esta selección se encuentra el hecho de que el mayor valor de CT incluido en la Guía

de la EFSA se corresponde con el cultivo de viña, lo que pone de manifiesto un posible mayor riesgo por exposición de los trabajadores/as. Además, este valor de CT proviene de la Guía de evaluación de la US EPA [4], cuyos datos experimentales, realizados en Estados Unidos, no están disponibles. Por otro lado, en la Guía de la EFSA no se incluyen diferentes valores de CT para cultivos en invernadero o al aire libre, por lo que se consideró necesario desarrollar estudios en cultivos hortícolas en invernadero, teniendo en cuenta adicionalmente que el valor de CT incluido en la Guía EFSA para estos cultivos proviene de un solo estudio.

Con respecto a las tareas de reentrada a realizar, se seleccionaron aquellas que pueden suponer un mayor contacto con el cultivo y, por tanto, mayor CT.

Los estudios desarrollados por el INSST a través de contratos suscritos con laboratorios especializados fueron:

- Medición de la exposición del trabajador/a (combinado con la determinación del residuo foliar desprendible) durante las tareas de destallado y entutorado en cultivo tratado de tomate en invernadero con una formulación SC (suspensión concentrada) que contiene espiromesifeno como sustancia activa, en una concentración de 240 g/l.
- Medición de la exposición del trabajador/a (combinado con la determinación del residuo foliar desprendible) durante el entutorado y recolección de berenjena en invernadero, con una formulación WG (Granulado dispersable en agua) con clorantraniliprol (350 g/kg).
- Medición de la exposición del trabajador/a (combinado con la de-

terminación del residuo foliar desprendible) durante la recolección de pepino en invernadero, con una formulación WP (polvo mojable) que contiene piridaben (200 g/kg).

- Medición de la exposición del trabajador/a (combinado con la determinación del residuo foliar desprendible) durante la poda en verde y guiado de viña en espaldera con una formulación SL (concentrado soluble) que contiene imidacloprid (200 g/l).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios realizados en invernadero se desarrollaron en el municipio de El Ejido, provincia de Almería, durante los meses de octubre y noviembre, mientras que el estudio llevado a cabo en el cultivo de viña se desarrolló durante el mes de julio en dos localizaciones diferentes (Gibalbín y Jerez de la Frontera) de la provincia de Cádiz.

Tanto la medición de la exposición de los trabajadores como del residuo foliar desprendible se realizaron de forma simultánea, a lo largo de varios días consecutivos tras la aplicación del producto, completando tres días en el caso de los estudios realizados en invernadero y dos días en el caso del estudio de viña. Sin embargo, en cada uno de los estudios en invernadero, los tres ensayos consecutivos se llevaron a cabo en el mismo invernadero, midiendo la exposición de 10 trabajadores/as en cada uno de ellos, mientras que en el estudio de viña los ensayos se realizaron en dos viñedos diferentes durante dos días consecutivos, y midiendo la exposición de cinco trabajadores/as en cada uno de los ensayos.

En el estudio para la determinación del CT en el cultivo de tomate en inver-

nadero, los trabajadores/as realizaron tareas de destallado¹ durante el primer día y de entutorado² durante el segundo y tercer día.

En el estudio para la determinación del CT en el cultivo de pepino en invernadero, los trabajadores/as efectuaron la actividad de recolección, cortando el fruto con tijeras en lugar de arrancarlo.

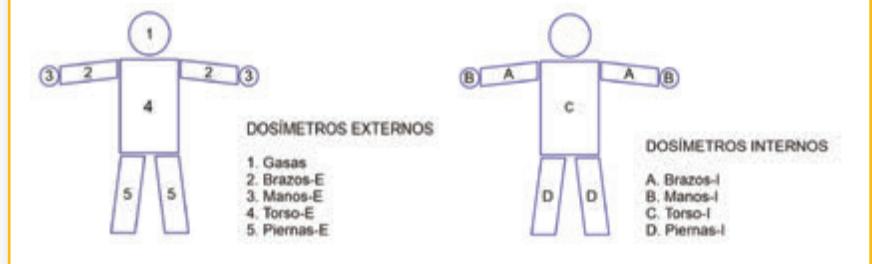
En el estudio para la determinación del CT en el cultivo de berenjena en invernadero, los trabajadores/as efectuaron actividades de entutorado (el día 1 tras la aplicación) y de recolección (los días 2 y 3 tras la aplicación), cortando el fruto con tijeras y colocándolo directamente en la caja de campo.

Por último, en el estudio para la determinación del CT en el cultivo de viña, las tareas de reentrada durante el muestreo fueron la poda en verde y el guiado

1 El **destallado** consiste en la eliminación de brotes auxiliares para mejorar el desarrollo del tallo principal, es decir, que la planta solo tenga una guía y se desarrolle solo en esa dirección. Se dejan dos o tres tallos, eliminando el resto de forma que la planta quede equilibrada. Paralelamente, se suprimen los rebrotes jóvenes que por su vigor no fructifican. Durante el mismo proceso se eliminan flores, frutos y hojas. Esta poda se realiza manualmente sin uso de ningún útil ya que, debido al estado de desarrollo de la planta, el tallo está aún muy tierno.

2 El **entutorado** es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores de destallado, recolección, etc. La sujeción se realiza con un hilo de polipropileno (tipo rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta y, del otro, a un alambre situado a una altura de aproximadamente 2 metros del suelo. A medida que la planta va creciendo, el operador guía el tallo principal de la planta mediante giros alrededor de dicho hilo hasta que la planta alcanza el alambre.

■ Figura 1 ■ Secciones de ropa



en espaldera de la vid³. Ambas tareas se realizaron de forma simultánea.

Los estudios se realizaron de conformidad con los requisitos de la guía de la EPA "Series 875 -Group B" [5] y de la guía de la OCDE [6]. Asimismo, los estudios se realizaron de acuerdo con los principios de las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) aplicadas a estudios de campo de exposición del operador y de residuos en laboratorio [7]. Otras guías relacionadas y utilizadas para el desarrollo de los estudios se incluyen en el apartado de referencias [8, 9, 10, 11].

Para el estudio de la exposición del trabajador/a se empleó el método del cuerpo entero y de los guantes absorbentes indicados a continuación:

- Método del cuerpo entero: la exposición dérmica de los trabajadores/as se monitorizó utilizando dosímetros de cuerpo entero, que consistieron en un mono y una capucha confeccionados con una mezcla de algo-

3 El **guiado** de la vid se realiza sobre tutores horizontales ya instalados, en los que el trabajador va guiando y atando la vid, mientras elimina todos los brotes no fértiles (poda en verde), para mantener el rendimiento en las partes fructíferas. Tanto la poda como el atado se realizan con herramientas manuales, mientras que el guiado de la vid en espaldera se hace de forma manual.

dón/poliéster (dosímetros externos) y un pantalón y camiseta de manga larga de algodón para llevar por debajo de los monos (dosímetros internos). En el caso del estudio de viña, en lugar de la medición de la contaminación de la capucha, para la determinación de la exposición de la cabeza se utilizaron dos gasas: una para limpiar la cara del trabajador/a y otra para el cuello, una vez finalizada la jornada laboral.

- Método de los guantes absorbentes: la exposición dérmica de las manos de los trabajadores/as se monitorizó utilizando unos guantes de algodón (dosímetros externos) sobre unos guantes de nitrilo (dosímetros internos). Ambos se analizaron por separado para determinar la exposición potencial y real de las manos.

Tanto la ropa como los guantes se suministraron al inicio de cada jornada de manera que cada trabajador/a realizó las tareas diarias con ella puesta. Tras una media de 4 horas de trabajo para las tareas de reentrada en viña, tomate y pepino y una media de 6,5 horas para las tareas realizadas en el cultivo de la berenjena, se retiraron las capuchas, los guantes interiores y los exteriores por separado. El resto de la ropa (monos, camisetas y pantalones interiores) se extendió verticalmente sobre una cuerda

Figura 2 ■ Sacabocados y aspecto de la hoja tras su perforación



ubicada en la propia parcela para proceder al corte de secciones de 20 x 20 cm² de las distintas zonas que se ilustran en la figura 1.

A continuación, tanto las distintas secciones como el resto de dosímetros se introdujeron por separado en bolsas cerradas herméticas e identificadas, que fueron almacenadas hasta su extracción y análisis.

Posteriormente, se procedió a la extracción y análisis de los residuos contenidos en las secciones de los dosímetros de acuerdo con el método analítico validado previamente establecido.

La medición de DFR consiste en cuantificar el residuo depositado sobre el cultivo capaz de ser desprendido. Dichas mediciones se llevan a cabo tras la apli-

Tabla 1 ■ Cálculo del coeficiente de transferencia (75 percentil), considerando la exposición potencial, obtenidos en los estudios desarrollados por el INSST para cada día de muestreo

Cultivo	Parcela	Día de muestreo ¹	Tarea de reentrada	Exposición (µg)	DFR (µg/cm ²)	CT (cm ² /h)
Pepino	Parcela única	1 DDA	Recolección	557,6	0,1274	1094
		2 DDA	Recolección	329,1	0,0710	1159
		3 DDA	Recolección	318,7	0,0440	1802
Berenjena	Parcela única	1 DDA	Entutorado	775,4	0,0254	4697
		2 DDA	Recolección	1022	0,0211	7454
		3 DDA	Recolección	932,3	0,0200	7244
Tomate	Parcela única	1 DDA	Destallado	1023	0,0847	3018
		2 DDA	Entutorado	349,2	0,0613	1424
		3 DDA	Entutorado	256,5	0,0340	1870
Viña	Parcela 1	1 DDA	Poda - guiado	15880	0,0965	47018
		2 DDA	Poda - guiado	5956	0,0481	37525
	Parcela 2	1 DDA	Poda - guiado	23248	0,1490	41060
		2 DDA	Poda - guiado	15046	0,0619	62326

¹ DDA: Día después de la aplicación.

cación del PF una vez que el cultivo está seco. Para su determinación se empleó el método lwata [9], que consiste en la obtención de muestras circulares de las hojas del cultivo de un diámetro de 2,5 cm en las zonas de la planta donde es esperable que se produzca el contacto con el trabajador/a; para ello se emplea un sacabocados (figura 2) que se debe limpiar cuidadosamente tras cada uso para evitar la contaminación de las muestras. Se recoge una superficie foliar total de aproximadamente 400 cm² que es introducida en un recipiente para ser lavada con 100 ml de una solución jabonosa que, al entrar en contacto con la muestras de hojas, favorece el desprendimiento de la sustancia activa que posteriormente será analizada. Esta operación se realiza por duplicado. Se tomaron tres réplicas por cada día de muestreo en todos los estudios realizados.

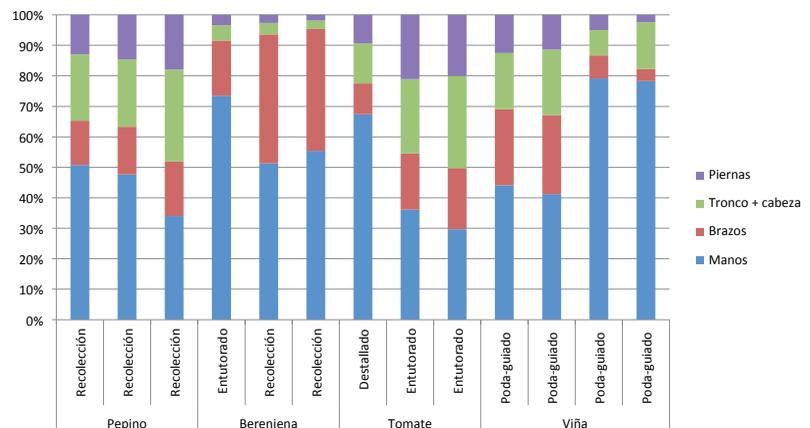
Los residuos de DFR obtenidos mediante este método se analizaron en el laboratorio de acuerdo con el método analítico validado previamente establecido.

Adicionalmente, tanto para la medición de la exposición como del residuo foliar desprendible se emplearon dosímetros dopados con una cantidad conocida de producto que, sometidos a las mismas condiciones de muestreo y transporte, se utilizaron para corregir los resultados obtenidos, siempre que la recuperación de estos dosímetros de control resultara inferior al 95%, de acuerdo con la Guía OCDE [7].

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los cuatro estudios muestran que la exposición de los trabajadores/as durante la poda en verde y guiado de los sarmientos en espaldera es significativamente superior al del resto de actividades muestreadas

Figura 3 Distribución de la exposición dérmica obtenida en cada muestreo realizado



en cultivos hortícolas. De estos últimos cabe destacar la mayor exposición obtenida durante la recolección de berenjenas así como durante el destallado del cultivo de tomate. Con respecto al DFR, se observó una rápida disipación del residuo tras el tratamiento excepto en el cultivo de la berenjena. Los valores de exposición y DFR obtenidos, así como el cálculo del CT, se incluyen en la tabla 1.

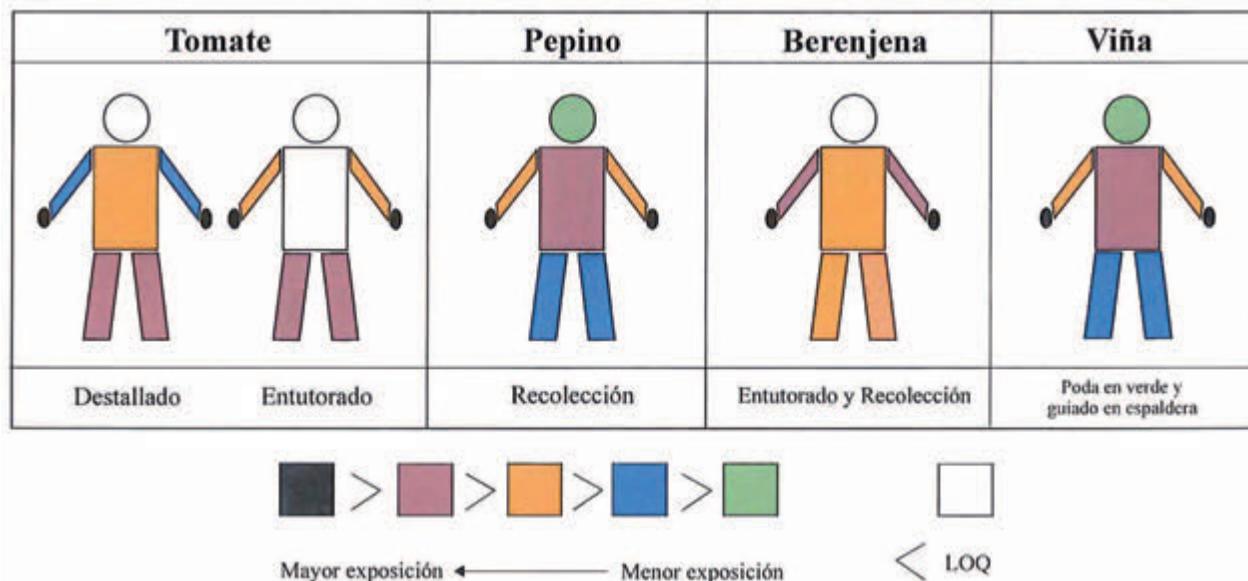
Como se puede observar en la figura 3, la parte del cuerpo más expuesta en todos los estudios llevados a cabo fueron las manos, al ser la parte que estuvo más en contacto con el cultivo. Por el contrario, la cabeza (cara y cuello) fue el área menos expuesta durante las tareas de reentrada. Esta distribución de la exposición es más acusada en viña durante la poda en verde y guiado de la planta en la espaldera, en particular en los muestreos realizados en la segunda parcela, en la que, por diferentes motivos como la edad del viñedo y la formación de las vides, se manipuló una cantidad de masa foliar significativamente mayor, produciéndose un mayor contacto con el cultivo tratado.

Con respecto a la exposición de piernas, brazos y tronco, esta varía en función de la actividad desarrollada y el cultivo que se esté considerando. En la figura 4 puede observarse más claramente esta distribución de la exposición para cada una de las actividades muestreadas. Así, por ejemplo, en el caso del tomate, debido fundamentalmente a la altura del cultivo (inferior a 1 metro), se obtuvo mayor cantidad de residuo en las piernas que en el tronco. En el caso del pepino y la vid, la exposición del tronco fue ligeramente superior a la observada en brazos y piernas; mientras que en el caso del cultivo de berenjena, la exposición fue notablemente mayor en los brazos que en el tronco y las piernas.

Los resultados de CT para cada una de las actividades muestreadas se obtienen combinando la exposición y el DFR obtenidos en las mediciones, de acuerdo con la ecuación (a) mencionada en la introducción.

En el caso de los estudios llevados a cabo en cultivos de hortalizas, destacan

Figura 4 Distribución de la exposición dérmica obtenida en cada estudio después de la realización de las distintas tareas de reentrada



los valores de CT obtenidos en el estudio para la tarea de recolección de berenjena en invernadero, que son más altos que los publicados en la Guía de la EFSA.

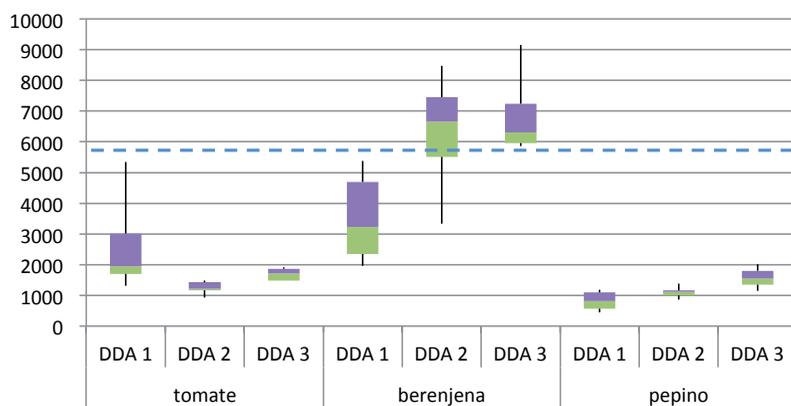
En la figura 5 se realiza una comparación entre los resultados obtenidos en los estudios de hortalizas en invernadero y los valores incluidos en la Guía EFSA para cultivos de hortalizas (línea azul).

y bigotes el valor del CT calculado a partir de los resultados de exposición potencial de los trabajadores (suma de los valores obtenidos en los dosímetros externos e internos) para cada muestreo realizado.

En cuanto a la viña, en la figura 6 se comparan los resultados obtenidos en el estudio para las tareas de poda en verde y guiado y los valores incluidos en la Guía EPA para las actividades de recolección

y guiado y los incluidos en la Guía EFSA para tareas de recolección manual, entutorado y deshojado en viña (línea azul). En esta gráfica el valor del CT representado corresponde al calculado a partir de los resultados de exposición real de los trabajadores (suma de los valores obtenidos en los dosímetros internos del cuerpo y los dosímetros externos de las manos). Se puede observar que los valores CT obtenidos en el estudio del INSST son considerablemente más altos que los publicados por la guía de la EFSA. Sin embargo, si comparamos los valores obtenidos con los expresados en términos de exposición real publicados por la US EPA [12], para la elaboración de la Guía de evaluación [4], podemos comprobar que los resultados son similares a los obtenidos para la actividad de guiado, siendo estos muy superiores a los que se obtuvieron para la actividad de recolección. Se puede concluir que, dentro de las tareas de reentrada que pueden llevarse a cabo en el cultivo de la vid, las tareas contempladas en la Guía de la EFSA no representan el peor de los casos, existiendo tareas tales como la poda en verde y guiado en espaldera con valores de CT más altos que supondrían una exposición mayor.

Figura 5 CT hortalizas. Estudios INSST vs Guía EFSA



NOTA: la línea azul a trazos representa el valor de la Guía de la EFSA: 5800 de la potencial.

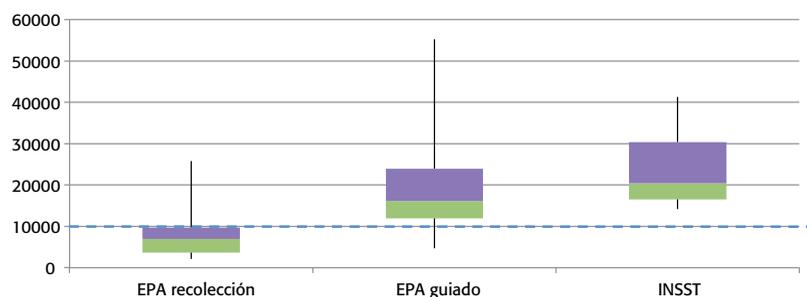
CONCLUSIONES

Tanto la autorización de PPF como su uso sostenible y seguro requieren un conocimiento actualizado del riesgo por exposición de los trabajadores/as.

Los estudios desarrollados por el INSST proporcionan información muy útil y aplicable en ambos casos. En el ámbito de la autorización de PPF, los estudios realizados en cultivos hortícolas en invernadero fueron aportados para su consideración en el proyecto Europeo BROWSE [13] y los estudios realizados en viña han sido proporcionados a la EFSA para su análisis durante la revisión de su Guía.

Por su parte, los estudios realizados ponen de manifiesto situaciones en las

Figura 6 ■ CT Viña. Estudio INSST vs Guía EPA y Guía EFSA



NOTA: la línea azul a trazos representa el valor de la Guía de la EFSA: 10100 de la potencial.

que es necesario concienciar a los trabajadores/as de los riesgos a los que se exponen durante la realización de actividades en el cultivo tras la aplicación del mismo, informando de la necesidad

de respetar los plazos de reentrada y de la utilización de los equipos de protección individual que se establezcan en función de la evaluación de riesgos realizada. ●

Referencias

- [1] Exposición a productos fitosanitarios durante la reentrada a cultivos tratados. Prevención de riesgos laborales durante la utilización de productos fitosanitarios. Seguridad y Salud en el Trabajo. 2017; (90) 32-37. Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/175942/N%C3%BAmero+90+\(versi%C3%B3n+pdf\)](https://www.insst.es/documents/94886/175942/N%C3%BAmero+90+(versi%C3%B3n+pdf))
- [2] EFSA, 2014. *Guidance on the Assessment of Exposure of Workers, Operators, Residents and Bystanders in risk assessment for plant protection products*. EFSA Journal 2014; 12(10):3874.
- [3] EUROPOEM II, 2002. *Post-Application exposure of workers to pesticides in agriculture. Report of the reentry working group*. Europeem II project. December 2002.
- [4] US Environmental Protection Agency (EPA) Office of Pesticide Programs Science Advisory Council for Exposure (ExpoSAC) Policy 3 Revised January, 2017.
- [5] US EPA Series 875 - Occupational and Residential Exposure Test Guidelines. (Group A – Applicator Exposure Monitoring Test Guidelines) y (Group B – Postapplication Exposure Monitoring Test Guidelines).
- [6] *Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application*. OCDE/GD (97)148. Series on Testing and Assessment No. 9.
- [7] OECD Principles on Good Laboratory Practice. ENV/MC/CHEM(98)17. Series on Principles of Good Laboratory Practice and Compliance Monitoring No.1.
- [8] *GUIDANCE FOR DETERMINATION OF DISLodgeABLE FOLIAR RESIDUE* By Susan Edmiston, Senior Environmental Research Scientist Sally Powell, Senior Environmental Research Scientist Janet Spencer, Associate Environmental Research Scientist Cynthia Curtis, Environmental Research Scientist. November 27, 1990 Revision No. 1 February 20, 2002. California Environmental Protection Agency Department of Pesticide Regulation Sacramento, California 95814.
- [9] Iwata, Y., J.B. Knaak, R.C. Spear and R.J. Foster (1977). *Worker Reentry Into Pesticide Treated Crops. I. Procedures for the Determination of Dislodgeable Pesticide Residues on Foliage*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 18, 649.
- [10] *General recommendations for the design, preparation and realization of Residue trials*. SANCO 7029/VI/95 rev.5.
- [11] *Guidance for generating and reporting methods of analysis in support of pre-registration data requirements for Annex II (part A, Section 4) and Annex III (part A, Section 5) of Directive 91/414*. SANCO/3029/99 rev.4.
- [12] EPA, 2008, US Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs, Exhibit D of Agency Issue Paper - ARTF TC Data Summary, presented to FIFRA SAP, 2-5 December 2008, Document ID EPA-HQ-OPP-2008-0673-0004.
- [13] BROWSE project: *Bystanders, Residents, Operators and Workers Exposure models for plant protection products (PPPs)*.