

EFICIENCIA DE UN EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA APLICACIONES FITOSANITARIAS EN HUERTOS FRUTALES¹

Efficiency of a personal protection equipment for pesticide applications in orchards

Behmer, S.N.²; Di Prinzio, A.P.²; Magdalena J.C.³ y Striebeck, G.L.²

A B S T R A C T

Since pesticide application in orchards presents a high degree of exposure, the operator must wear protective clothing to reduce contamination hazard. Conventional overalls are inadequate for prolonged wear because they are not breathable. However, the utilization of clothing with differential protection zones is a possibility for body parts with less contamination risk. The objective of this study was to determine the efficiency of sectorial protective clothing during pesticide application in orchards. The operator was protected with a waterproof jacket containing permeable materials along both sides of the body and the internal arm zone. The front of the legs was protected with a waterproof apron. A dose of 40 g ha⁻¹ of natrium fluorescein solution was applied with a pulverized air sprayer. The application rate was 2,700 L ha⁻¹ with three repetitions of 25 minutes. The global protection was 87.7% and in the zones made of permeable material the protection was 50% of the exposure. Differential protective clothing offers security and comfort to the operator and presents a high reduction of pesticide exposure, mainly in the body parts with most contamination risk during application in the orchard.

Key words: pesticide, personal protection equipment, exposure, agrochemical spraying.

R E S U M E N

La aplicación de agroquímicos en fruticultura presenta un alto grado de exposición, y para reducir el riesgo de contaminación el operario debe vestir ropa protectora. Los impermeables tradicionales de cuerpo entero resultan inapropiados para un uso prolongado porque resultan calurosos. Sin embargo, al existir partes del cuerpo con menor riesgo de contaminación, es posible la utilización de indumentaria con zonas de protección diferenciada. El objetivo del trabajo fue determinar, durante la pulverización en un huerto frutal, la eficiencia de una prenda de protección sectorizada. Al operario se le colocó una chaqueta impermeable, con ambos laterales del tronco y la parte interior de los brazos confeccionada con material permeable; las piernas se protegieron con un delantal impermeable. Se realizó una aplicación de natrium fluorescein a razón de 40 g ha⁻¹ con una pulverizadora hidroneumática calibrada para 2.700 L ha⁻¹, con tres repeticiones de 25 min de

¹Recepción de originales: 28 de junio de 2000 (reenviado).

Proyecto "La Mecanización Agrícola como Aporte a la Sustentabilidad de la Producción". Universidad Nacional del Comahue, Argentina, 1998-2000.

²Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Producción, C.C. 85 (8303), Cinco Saltos, Río Negro, Argentina. E-mail: mecagri@uncoma.edu.ar

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle, C.C. 782 Gral. Roca, Río Negro, Argentina. E-mail: cmagdalen@inta.gov.ar

exposición. La protección global fue del 87,7%. En las zonas confeccionadas con material permeable la protección alcanzó al 50% de la exposición presente en dichos sectores. Una indumentaria de protección diferenciada brinda seguridad y confort a la operación y presenta una alta reducción de la exposición al plaguicida, principalmente en los sectores del cuerpo más expuestos durante la aplicación en el huerto frutal.

Palabras claves: pesticida, equipo de protección personal, exposición, aplicación de agroquímicos.

INTRODUCCIÓN

En la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina, se utiliza gran cantidad de agroquímicos para el control de carpocapsa (*Cydia pomonella* L.), principal plaga regional. El tratamiento utilizado incluye alrededor de diez aplicaciones de alto volumen ($> 2.000 \text{ L ha}^{-1}$) con una dosis superior a los 2 kg ha^{-1} de productos órgano fosforados. De acuerdo con los informes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 1993), las repetidas exposiciones del operario a estos productos pueden causar síntomas de intoxicación, a pesar de su baja retención, debido a que resultan fácilmente absorbidos por la piel, los pulmones y el tracto digestivo.

La absorción de los plaguicidas a través de la piel varía en intensidad de acuerdo con la zona del cuerpo considerada; en este sentido Leiva (1997) indicó que en la cabeza (cuero cabelludo, frente y ojos) se absorbe el 40%, y en los brazos el 60% de la dosis que reciben, mientras que en el bajo vientre se absorbe el 100%.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1982) define el porcentaje horario de dosis tóxica, indicador del riesgo de intoxicación con un plaguicida, como la relación entre la exposición dérmica total (mg h^{-1}) y la dosis teórica letal del principio activo. Behmer *et al.* (1998) determinaron este índice en aplicaciones de agroquímicos en huerto frutal, y encontraron que el mismo alcanzaba al 2,69% para tratamientos con metil-azinfos PM35; estos autores afirmaron que dicho valor resulta de un alto

riesgo para la salud del operario, a pesar de la baja toxicidad del principio activo, por lo que toda medida de seguridad contribuiría a disminuir la exposición, principalmente en aquellas zonas del cuerpo de mayor incidencia.

Gilbert y Bell (1990) afirmaron que la indumentaria debe proveer cobertura a todas las partes del cuerpo con riesgo de exposición, las cuales involucran generalmente al cuerpo entero. Sin embargo, destacaron que además deben ser cómodas y permanecer confortables durante el tiempo que dure la operación, sin disminuir la habilidad del operario para realizar la tarea.

Airey (1990) indicó que los mamelucos de material impermeable ofrecen protección a todas las regiones del cuerpo, son livianos y permiten gran movilidad al operario, pero son muy calurosos para un uso prolongado. Por otro lado, mencionan que los conjuntos de chaqueta y pantalón impermeables resultan adecuados desde el punto de vista de la protección, y presentan la posibilidad de intercambio calórico en la separación entre la prenda superior y la inferior. Sin embargo, son rechazados por los aplicadores por considerarlos calurosos cuando se los emplea durante un tiempo prolongado.

Hinz (1997) afirmó que los equipos de seguridad deben ser adecuados a la tarea para la cual serán empleados, evitando el exceso de protección para el operario, de manera tal que las prendas provistas no sean rechazadas por los usuarios. En este sentido, Gilbert y Bell (1990) indicaron que es posible el empleo de equipos de menor eficiencia de protección y permeables al aire,

para brindarle mayor comodidad al operario cuando se utilizan productos de baja toxicidad en forma diluida. Sin embargo, Airey (1990) aseguró que los materiales permeables al aire impregnados con productos hidrófugos ofrecen protección provisoria frente a los agroquímicos, pero una vez que el producto penetra dicha barrera se transforma en una vía de contaminación.

Durante la aplicación de plaguicidas con mochilas en cultivos tutorados de tomate (*Lycopersicon* sp. L.), Machado Neto (1990) halló que las zonas del cuerpo más afectadas fueron las piernas y los muslos, siendo los delantales impermeables la prenda más adecuada para su protección. Por otro lado, durante la aplicación en el huerto frutal y con pulverizadoras hidroneumáticas, Behmer *et al.* (1998) observaron un mayor aporte del producto en las áreas más expuestas del cuerpo del operario sentado en el puesto de manejo (brazos, antebrazos, hombros, frente de piernas y antepiernas). Ambos autores coincidieron en que la exposición al plaguicida es dependiente de las características propias de la operación utilizada para realizar la aplicación del plaguicida en el cultivo.

Machado Neto (1990) evaluó la eficiencia de protección de indumentarias que sólo protegían las zonas del cuerpo de mayor exposición, y determinó una eficiencia del 73% utilizando guardapolvos, y un 94% al utilizar delantales impermeables, indicando la conveniencia de emplear ropa protectora acorde con la técnica de aplicación empleada por el operario. No obstante, de acuerdo con Gilbert y Bell (1990), el equipo de protección para cara, manos y pies debe ser empleado en todas las tareas, particularmente cuando se manipulan productos concentrados.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar, durante la pulverización en un huerto frutal, la eficiencia de una prenda de protección con algunos sectores impermeables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Equipo de protección personal

Se evaluó una prenda de protección sectorizada, compuesta por una chaqueta impermeable, con ambos laterales del tronco y parte interna de los brazos desde la axila hasta el puño, de algodón. En la Figura 1 se presenta un esquema de la chaqueta, indicando con trazo grueso los sectores permeables. Un delantal impermeable, cubriendo el frente de las piernas, asegurado a las mismas por lazos atados por detrás cuando el operario se ubica sentado en su posición de trabajo. La superficie cubierta por el equipo de protección personal propuesto fue de 1,433 m². El material impermeable utilizado fue un film acrílico de PVC.

Condiciones climáticas

Se realizó la aplicación en horas de la tarde presentando una temperatura media del aire de 20,46°C, una humedad relativa ambiente de 45% y en ausencia de viento.

Parcela de ensayo

Se consideró como parcela de ensayo al operario equipado con la ropa de protección durante la aplicación de un trazante fluorescente a una tasa de 2.700 L ha⁻¹, sobre un huerto frutal de manzanos (*Malus* sp. L.) var. Chañar 28, conducido en espaldera (marco de plantación 3 m entre plantas y 4 m entre calles).

Se utilizó una pulverizadora hidroneumática, cuyo caudal de aplicación fue de 73 L min⁻¹, conducida a una velocidad de avance de 3,9 km h⁻¹. La dosis aplicada fue de 40 g ha⁻¹ de natrium fluorescein. El tratamiento incluyó el vaciado completo de los 1.700 L de capacidad del depósito de la máquina en una superficie de 0,5 ha, alcanzando un tiempo de trabajo promedio de 25 min, considerado como tiempo de exposición. Se realizaron tres repeticiones.

Variable respuesta

Para cuantificar los depósitos se colocaron blancos de tela absorbente en el exterior de la prenda en los siguientes sectores: ① tórax; ② brazos; ③ parte inferior de brazos; ④ laterales del tronco; ⑤ hombros; ⑥ nuca; ⑦ espalda; ⑧ parte delantera y ⑨ parte trasera de piernas (Figura 1).

Los depósitos que penetraron la prenda fueron capturados en un conjunto camisa-pantalón confeccionado de tela absorbente, analizándose los mismos sectores que en el exterior. Al finalizar cada repetición los blancos externos, el conjunto interno y las partes de material permeable de la prenda fueron retirados para la determinación del trazante depositado en las mismas en un fluorímetro (Behmer, 1998). La superficie de los blancos, internos y externos, fue determinada mediante un medidor óptico de superficies, marca LiCor modelo LI 3100.

De ello se pudo obtener el depósito presente en cada sección en términos de $\mu\text{g cm}^{-2}$. La suma de los depósitos tanto del exterior como del interior de la prenda fueron considerados como la exposición total a la que estuvo sometido el operario, valor que se tomó como referencia para determinar las relaciones porcentuales definidas como eficiencia de protección y porcentaje de penetración. Estos resultados fueron analizados con el procedimiento GLM del software estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al pulverizar la totalidad del depósito de la máquina en el huerto, la exposición a la que estuvo sometido el operario fue de 21,08 mg, valor que representa al 0,08% del total de producto aplicado. La distribución de este depósito presenta diferencias significativas entre las zonas consideradas del cuerpo del operario. La zona que mayor cantidad de producto recibió

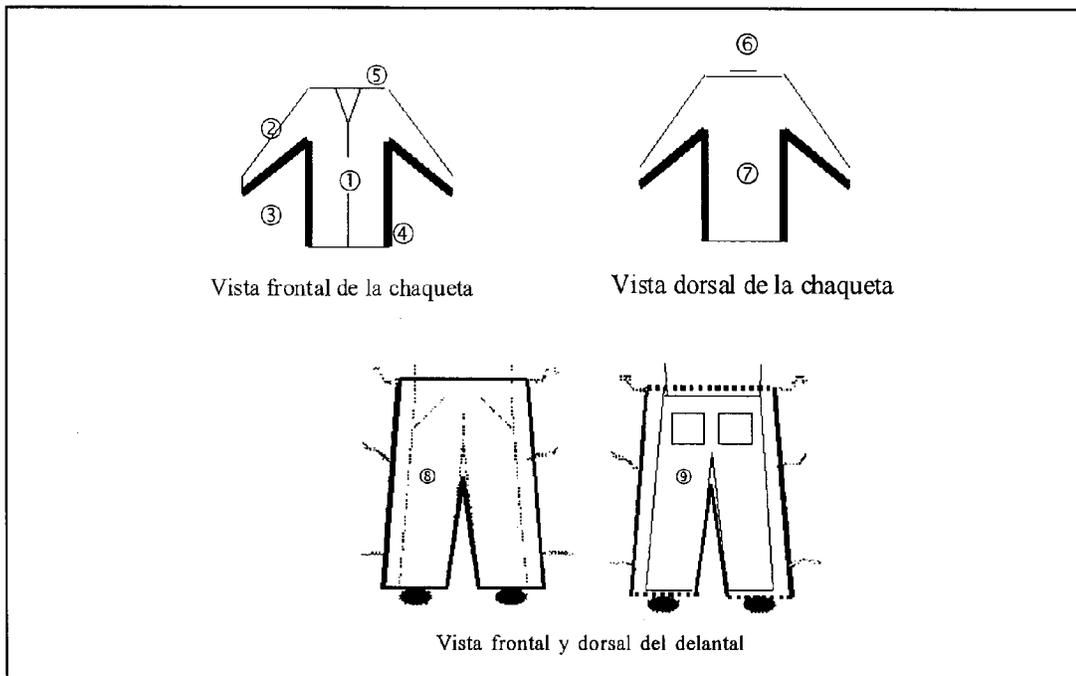


Figura 1. Esquema del equipo de protección personal utilizado.
Figure 1. Design of the personal protection equipment utilized.

fue la parte superior de las piernas, mientras que las regiones de menores depósitos de trazante fueron la zona interior de los brazos, desde la axila hasta la muñeca, y el flanco del cuerpo, desde la axila hasta la cintura (Cuadro 1). Esta distribución de la exposición al producto aplicado, es coincidente con la posición que adoptan estas zonas cuando el operario se encuentra sentado en el puesto de manejo del tractor, donde la parte interna de los brazos y los laterales del tronco del cuerpo se encuentran protegidos por los brazos flexionados tomando el volante. El resto de las zonas consideradas reciben significativamente mayor cantidad de producto, destacándose las piernas que, por su posición horizontal, reciben el producto en forma vertical. La relación encontrada entre la posición del operario y la exposición de las distintas zonas del cuerpo es coincidente con las apreciaciones de Machado Neto (1990) y Behmer *et al.* (1998), quienes indicaron que existe una estrecha dependencia entre la exposición al plaguicida y las características propias de la operación utilizada para aplicar el agroquímico.

El equipo de protección personal (EPP) evitó que el 87,8% del producto presente en el ambiente de trabajo alcanzara el cuerpo del opera-

Cuadro 1. Distribución de la exposición total del operario al producto aplicado

Table 1. Total exposure distribution of the operator to the applied pesticide

Zonas	Depósito de trazante (mg cm ⁻²)
Piernas	2,86 x 10 ⁻⁴ a
Brazos	2,05 x 10 ⁻⁴ ab
Hombros	2,04 x 10 ⁻⁴ ab
Nuca	1,85 x 10 ⁻⁴ ab
Tórax	1,40 x 10 ⁻⁴ ab
Laterales del cuerpo	0,30 x 10 ⁻⁴ b
Interior de los brazos	0,21 x 10 ⁻⁴ b

Letras iguales indica que no existen diferencias significativas entre las medias de acuerdo al test de Tukey ($\alpha = 0,01$).

rio. Esta eficiencia de protección guarda estrecha relación con los valores hallados por Machado Neto (1990) luego de equipar a los operarios con la ropa protectora en aquellas zonas del cuerpo más expuestas al producto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Eficiencia de protección del equipo de protección personal

Table 2. Protection efficiency of personal protection equipment

	mg cm ⁻²	%
Total de exposición al producto	12,08	100,00
Producto en la prenda de protección	10,61	87,78
Producto en la prenda interior	1,47	12,22

Al analizar en particular las zonas de ingreso del producto, 12,2% de la exposición total, se observa que los sectores de material permeable del EPP fueron los de mayor penetración relativa, alcanzando al 42% en la parte interna de los brazos, y al 61% en los laterales del cuerpo (Figura 2).

Sin embargo, estas zonas estuvieron expuestas en conjunto a un 5% del total de depósitos que alcanzaron al operario (Figura 3). Por lo tanto, considerando los valores precedentes, la contaminación sufrida por el operario a través de estas vías de penetración representa el 2×10^{-3} % del producto aplicado al cabo de la operación.

Estos resultados permiten afirmar la conveniencia de utilizar prendas con materiales permeables en estas zonas ya que, por la posición adoptada por el operario, resultan de menor riesgo de contaminación con el plaguicida. No obstante, estos sectores deberían ser intercambiables asegurando su correcta limpieza y/o sustitución una vez que se encuentren muy contaminados, ya que la acumulación del producto en estos

materiales se transformaría en una vía indirecta de contaminación de acuerdo con las apreciaciones de Airey (1990).

Con respecto a las zonas protegidas con el material impermeable, se observa una alta eficiencia de protección, presentando una penetración relativa del producto del orden del 10% (Figura 2), lo que indica la aptitud de estos conjuntos chaqueta-delantal para la protección del operario, coincidiendo con las afirmaciones de Airey (1990) respecto a la mayor aptitud de este tipo de indumentaria frente a los mamelucos de cuerpo entero. No obstante, de existir ciertas vías de penetración del producto, que posiblemente se encuentren en los límites de las prendas (cuello, puños y tobillos), deberán ser bloqueadas por capucha, guantes y botas, elementos que siempre deben estar presentes cuando se

manipulan y aplican productos tóxicos, de acuerdo con Gilbert y Bell (1990).

CONCLUSIONES

La indumentaria de protección sectorizada presenta una alta eficiencia de protección, principalmente en las zonas del cuerpo de mayor exposición durante la aplicación en el huerto frutal.

En las zonas de menor exposición al plaguicida protegidas con materiales permeables al aire, la prenda diferenciada alcanza niveles medios de protección.

Los sectores con telas permeables al aire, de la prenda de protección diferenciada, deberán ser reemplazados o descontaminados periódicamente.

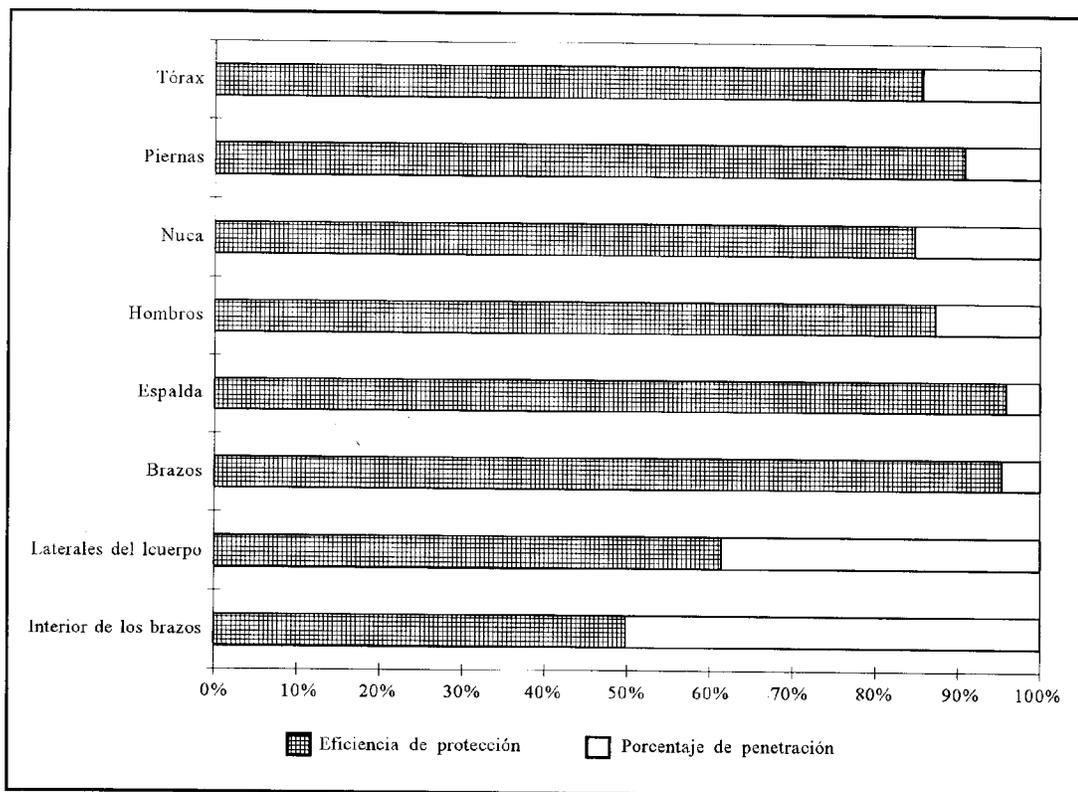


Figura 2. Eficiencia de protección del equipo de protección personal según zonas del cuerpo operario.
Figure 2. Protection efficiency of the personal protection equipment for operator's body parts.

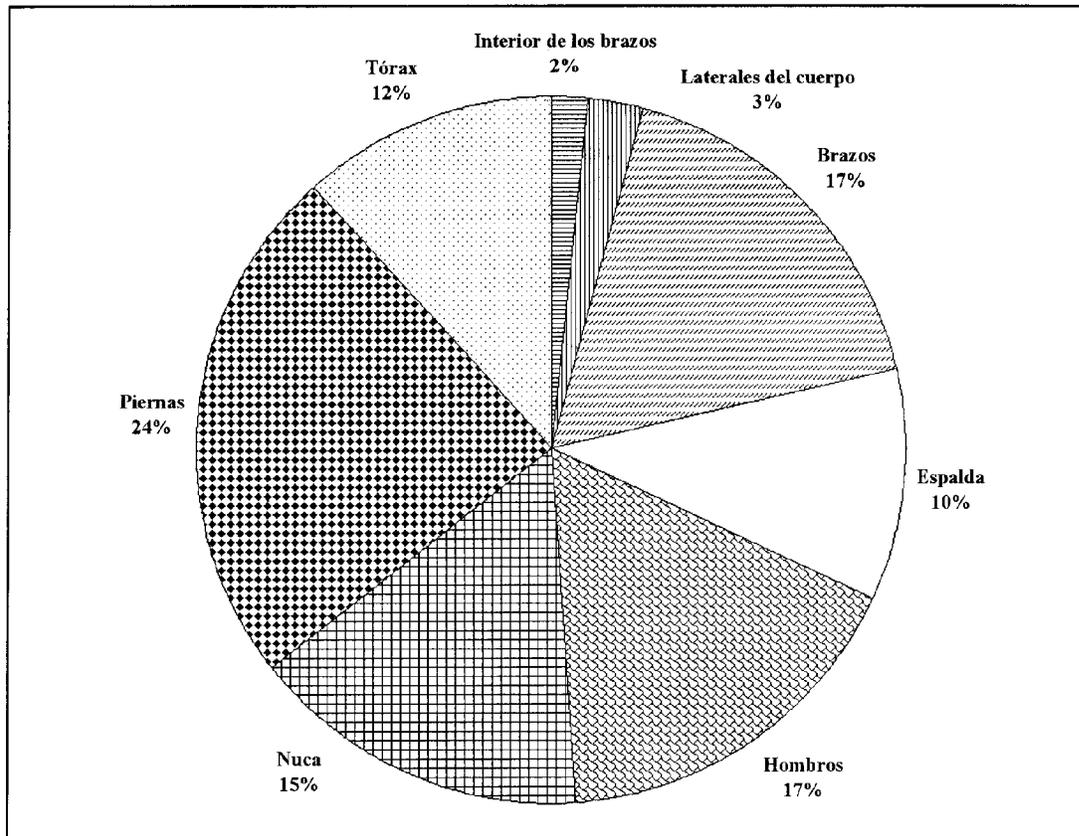


Figura 3. Exposición total al producto de las distintas zonas del cuerpo del operario.
Figure 3. Total exposure to the product of the operator's body parts.

LITERATURA CITADA

- Airey, D.R. 1990. Protective clothing: A manufacturer's viewpoint. *Journal of Occupational Accidents* 11:269-275.
- Behmer, S.N. 1998. Uniformidad de aplicación en pulverizadoras para cultivos bajos. Efecto de la velocidad de avance. 60 p. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, La Plata, Argentina.
- Behmer, S.N., A.P. Di Prinzio, J.C. Magdalena, y C.D. Ayala. 1998. Exposición del operario durante la aplicación de productos fitosanitarios en fruticultura. p. 208-213. *In: Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el Ámbito Latinoamericano*. Ed. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Gilbert, A.J., and J.G. Bell. 1990. Test methods and criteria for selection of types of coveralls suitable for certain operations involving handling or applying pesticides. *Journal of Occupational Accidents* 11:255-268.
- INTA. 1993. Guía de pulverizaciones para frutales de pepita y carozo. 120 p. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria, Alto Valle, Río Negro, Argentina.

- Hinz, T. 1997. Gesundheitsrisiken durch den einsatz von pflanzenschutzmitteeln in der landwirtschaft. Gesundheitsrisiko durch Pflanzenschutzmittel. Zbl. Arbeitsmed 47:61-64.
- Leiva, P. 1997. Productos fitosanitarios su correcto manejo. 73 p. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino-Cámara Industrial Argentina de Fabricantes de Agroquímicos (CIAFA).
- Machado Neto, J. 1990. Quantificação e controle da exposição dérmica de aplicadores de agrotóxicos em cultura estaqueada de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) na região de Cravinhos-SP. 300 p. Tesis doctoral. Universidade Estadual do Sao Paulo, Campus de Jaboticabal, Faculdade de Ciencias Agrarias e Veterinarias, Sao Paulo, Brasil.
- OMS. 1982. Field surveys of exposure to pesticide standard protocol. Organización Mundial de la Salud. Génova, Suiza. Document VBC/82.1.