Rev Chil Salud Pública 2012;
Vol 16 (2): 96 -106

Artículo original

Impacto en la salud y el medio ambiente por exposición a plaguicidas e implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate, Colombia, 2011

MARCELA VARONA URIBE[1], RENÉ A. CASTRO[2], MARTHA ISABEL PÁEZ[3], NATALIA CARVAJAL[4], EDWIN BARBOSA[2], LINA MARÍA LEÓN[4] y SONIA MIREYA DÍAZ[1].

[1]Grupo Salud Ambiental y Laboral, Subdirección de Investigación, Instituto Nacional de Salud, Calle 26 Nº. 51 – 20 Bloque 1 Piso 2 Can. Bogotá,Colombia. mvarona@ins.gov.co
[2]Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas. Subgerencia de Protección Agrícola y Subgerencia de Análisis y Diagnóstico. Instituto Colombiano Agropecuario. Mosquera, Colombia.
[3]Grupo de Investigación Ambiental por Metales y Plaguicidas (Gicamp). Departamento de Química. Universidad del Valle. Colombia.
[4]Laboratorio de Plaguicidas y Salud. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad del Quindío. Colombia.

Este proyecto de investigación fue financiado por Colciencias, contrato Nº. 1113-459-21577, el Instituto Nacional de Salud, Instituto Colombiano Agropecuario, Universidad del Valle, Universidad del Quindío y la Dirección Territorial de Salud de Caldas.

RESUMEN

Objetivo*: describir los posibles efectos adversos en salud y medio ambiente por el uso de plaguicidas en zonas productoras de Colombia e implementar las buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de tomate.* **Material y método***: se realizó un estudio descriptivo en el municipio de La Merced-Caldas con tres fases: una de diagnóstico, donde se seleccionaron 132 trabajadores del sector agrícola y se recolectaron muestras biológicas y ambientales. Una segunda fase de intervención en la cual se incluyeron 5 parcelas, en estas se implementaron las (BPA) y una fase de evaluación de estas parcelas. Se llevó a cabo análisis simple de las variables y se exploraron posibles asociaciones.* **Resultados***: el tiempo de exposición a plaguicidas en promedio fue de nueve años. Con mayor frecuencia el sistema nervioso central (95,5%) fue el más afectado; seguido por órganos de los sentidos (46,2%); sistema digestivo (33,3%); piel (21,2%) y otros (19,7%). Se encontraron niveles de organoclorados en el 97,0% (128), inhibición de la enzima acetilcolinesterasa en el 34,1% (45) de los participantes y ningún nivel del metabolito etilentiourea. En las muestras ambientales se hallaron niveles de organofosforados en tomate y suelo. En el agua y lodo se detectaron niveles de organoclorados. La producción de tomate, mostró una diferencia estadísticamente significativa entre las parcelas con BPA y las tradicionales (p=0,020).* **Conclusiones***: se evidenciaron los riesgos por uso de plaguicidas y la necesidad de fortalecer la vigilancia sobre los potenciales efectos para la salud que pueden producir los plaguicidas y mediante el empleo de las BPA.*

Palabras clave: *Plaguicidas, tomate, exposición ocupacional, exposición ambiental, biomarcadores.*

IMPACT ON HEALTH AND ENVIRONMENT OF EXPOSURE TO PESTICIDES AND IMPLEMENTATION OF BEST AGRICULTURAL PRACTICES IN TOMATO PRODUCTION, COLOMBIA, 2011

ABSTRACT

Objective: *Describe the possible adverse effects on population health and environment due to pesticide use in agricultural zones in Colombia, and implement the best agricultural practices (BAP) in tomato production.* **Materials and methods:** *A descrip-*

tive study was carried out in the municipality of Merced-Caldas, consisting in three phases: a diagnostic phase, in which environmental and biological samples were collected, using a sample of 132 agricultural workers. In a second phase, BAP were implemented, and in the third phase, the results were evaluated. A univariate analysis was completed and posible associations were explored. **Results:** *Average length of exposure to pesticides was 9 years. The central nervous system was the most affected (95.5%), followed by sensory organs (46.2%), the digestive system (33.3%), skin (21.2%) and others (19.7%). Organoclorides were found in 97.0% (128), inhibition of acetylcholinesterase enzyme was found in 43.1% (45); no metabolite ethylenethiourea was found. In the environmental samples, presence of organophosphates was found in tomatoes and soil. In water and mud samples, organochlorides were found. There was a statistically significant difference between BPA farms and traditional farms. (p=0,020).* **Conclusions:** *Risks due to pesticide use were demonstrated, and the need to strengthen vigilance on the potential effects of pesticide use.*

Key words: *Pesticides, tomatoes, occupational exposure, environmental exposure, biomarkers*

INTRODUCCIÓN

El 24% de la carga mundial de morbilidad y el 23% de las defunciones pueden atribuirse a factores relacionados con el ambiente. En países subdesarrollados el porcentaje de mortalidad atribuible a causas ambientales es 25% y en los desarrollados 17%[1].

Entre las 70.000 sustancias químicas que se venden, los plaguicidas son muy importantes para el control de plagas, representando costos sociales, ya que ocasionan efectos agudos y crónicos en las personas y daños al ambiente, animales y alimentos[1-3].

Por su uso generalizado, cualquier persona tiene riesgo de entrar en contacto con residuos de plaguicidas, bien sea por dieta, hogar o trabajo[4]. Los trabajadores agrícolas tienen riesgos ocupacionales y los productos químicos que se utilizan en los países subdesarrollados son de bajo costo, facilitando el acceso a estos[5].

Aproximadamente 1.800 millones de personas en el mundo se dedican a la agricultura y se calcula que 25 millones de trabajadores sufren intoxicaciones no intencionales cada año[6]. El 85% de los plaguicidas se utiliza en agricultura y el 15% en hogares, jardines, aplicaciones comerciales, industriales, salud pública y en veterinaria[7-9].

Los agricultores, obreros y exterminadores de plagas, están en mayor riesgo de intoxicación aguda y la población general por las cadenas nutricionales[10,11]. En países subdesarrollados los plaguicidas causan hasta un millón de casos de intoxicación y hasta 20.000 muertes anualmente[12]. En Colombia, según el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila) en 2008 hubo 6.650 intoxicaciones por plaguicidas; en 2009, 7.405 y en 2010, 8.016 casos[13].

Los plaguicidas son un gran problema de salud pública. Leucemias, linfoma no Hodgkin y otros cánceres, síntomas respiratorios, hormonales y reproductivos se asocian con exposición a estas sustancias[14-16]. Se han realizado estudios midiendo la exposición ocupacional y en hogares, que mostraron niveles de plaguicidas organofosforados (OF), carbamatos (C)[17-20], ditiocarbamatos (DC)[21,22], organoclorados (OC)[23,24] y piretroides (PT), evidenciando gran uso de estas, prácticas inadecuadas y efectos en la salud[25-28].

En este estudio se determinaron los biomarcadores de exposición y efecto por uso de plaguicidas OF, C, DC y OC, se establecieron niveles de estos en muestras de suelo, tomate y agua y se implementaron las buenas prácticas agrícolas (BPA) en cultivo del tomate.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio descriptivo transversal, en 2009 y 2010 incluyendo 132 cultivadores de

tomate de La Merced -Caldas, los cuales fueron seleccionados de la totalidad de la población agrícola que labora en este cultivo. Se desarrollo en tres fases: una de diagnóstico para determinar biomarcadores de los plaguicidas seleccionados, análisis de plaguicidas en agua, suelo y tomate y caracterización de los sistemas productivos del cultivo; otra de intervención, para orientar la implementación de parcelas demostrativas que utilizaron BPA comparadas con otras parcelas con producción tradicional; tanto las parcelas como los trabajadores que se incluyeron en esta fase fueron seleccionados por conveniencia. En la última fase se evaluó el proceso de intervención.

Se aplicó una encuesta que incluyó variables sociales, demográficas, ocupacionales, clínicas, toxicológicas, hábitos de consumo de tomate, cantidad de aplicación de plaguicidas por cosecha, número de aplicaciones y producción de tomates en kilogramos. Se realizó un estudio piloto en el 10% del total de la muestra, estos trabajadores no fueron incluidos en el estudio.

Ingresaron al estudio los trabajadores cultivadores de tomate, mayores de edad y residentes de la comunidad que hubieran utilizado al menos durante los últimos seis meses previos al estudio OF, OC, C y DT y que aceptaran participar en el estudio.

Se tomaron muestras de 5 ml de sangre con heparina para determinar acetilcolinesterasa (AChE) y pseudocolinesterasa (PChE) mediante la técnica de Michel y Aldrige[29] y otros 5 ml sin anticoagulante para analizar OC en suero (α-BHC, β-BHC, HCB, heptacloro, oxiclordano, α-clordano, γ-clordano, α-endosulfán, β-endosulfán, 4,4-DDE, 2,4-DDT y endosulfan), por cromatografía gaseosa con microcaptura de electrones, reportándose cualquier nivel encontrado[30]. La etilentiourea (ETU) se analizó por cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en 50 ml de orina, reportando cualquier nivel hallado[31]. La determinación de la enzima acetilcolinesterasa es un biomarcador de efecto, mientras que el resto de plaguicidas analizados son biomarcadores de exposición. Estas muestras fueron analizadas en el Grupo Salud Ambiental y Laboral del Instituto Nacional de Salud.

Para las muestras de agua y lodo se identificaron las fuentes hídricas más cercanas a los cultivos y se tomó una muestra de un litro por cada fuente, para un total de 10 muestras (5 de agua y 5 de lodo) en dos momentos de la etapa de producción (antes del cultivo y después de la producción). La determinación de OF y OC, se hizo por cromatografía de gases con detector de microcaptura de electrones (μECD)[30, 32]. Estas matrices se procesaron en el Grupo de Plaguicidas de la Universidad del Quindío.

Las muestras de suelo se recolectaron por muestreo sistemático, comenzando en un punto seleccionado al azar y continuando con muestreos en sub-áreas contiguas, con la ayuda de un sistema de posicionamiento global, actividad realizada por el Grupo de Investigación Ambiental por Metales y Plaguicidas de la Universidad del Valle. Cada muestra compuesta correspondió a 5 sub-muestras equidistantes a este centro. Se colectaron entre 6 y 9 muestras por parcela. Para la extracción de OC y OF se utilizó el método EPA 3550C - modificado - Extracción por ultrasonido. Los C y DT se analizaron por cromatografía líquida[33, 34].

Las muestras de tomate, las cuales fueron analizadas por el Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas del Instituto Colombiano Agropecuario, se recolectaron al inicio, en el pico máximo y al final de la etapa de producción. Para el muestreo se siguió un recorrido en zig-zag por el cultivo, recolectando 1 kg por parcela. Para el análisis de OF, OC y piretroides (PT) (estos últimos se realizaron solo en muestras de tomate) se utilizó el método interno de extracción AR-NE-03, basado en el método de extracción multiresiduos S–19 de la Convención Alemana[35], luego análisis por cromatografía de gases con detector fotométrico de llama FPD y captura de electrones ECD. Para N-metil carbamatos se utilizó un método basado en W. Blass and C. Philipowsky[36]. Los niveles encontrados de OF, C, PT y OC se consideraron contaminación. Tanto las muestras biológicas como ambientales se analizaron por duplicado y entre entidades se realizó el control de calidad de un número determinado de muestras para verificar resultados.

Se realizó análisis descriptivo y se exploraron relaciones entre variables mediante tablas de contingencia. Se utilizaron las pruebas t de Student y chi cuadrado para la comparación de

variables cuantitativas y categóricas respectivamente. Se hizo análisis bivariado y estratificado. Para comparar los resultados entre los trabajadores que laboraban en las parcelas con BPA y las tradicionales, se utilizaron medidas de asociación (OR). La prueba de Wilcoxon se empleo para las variables cuantitativas y la prueba de MacNemar para las variables cualitativas.

Se tuvo en cuenta la Resolución 8.430 de 1993 del Ministerio de Salud, la cual catalogó esta investigación de riesgo mínimo. Este trabajo fue aprobado por los Comité Técnico de Investigación y Ética del Instituto Nacional de Salud.

RESULTADOS

Análisis de la totalidad de la muestra incluida en el estudio Variables sociales y demográficas: El estudio incluyó 132 trabajadores pertenecientes al área urbana el 12,1% (16) y al área rural el 87,9% (116).

El 90,9% (120) eran hombres y 9,1% (12) mujeres, de los cuales 99,2% (131) tenía algún tipo de seguridad social en salud; 95,4% (126) tenía algún nivel básico de educación; 6 (4,6%) eran analfabetos y el 100,0% estaba dedicados a la agricultura.

Historia ocupacional: El 100,0% (132) de los individuos reportó dedicarse a la agricultura; el tiempo de exposición a los plaguicidas osciló entre tres meses y 35 años con un promedio de nueve años (DE=86,6), para los hombres fue de tres meses a 35 años (media=9,1 años, DE=88,1, I.C=94,8-127,2) y en las mujeres entre cuatro meses y 20 años (media=5,9 años, DE=73,1, I.C=55,0-147,9).

El 78,1% (104) fumiga, al menos, una vez a la semana y el 21,9% (28) cada 15 días o más. El 95,5% (126) de los trabajadores, tenía un área exclusiva para almacenar plaguicidas y el 19,5% (25) los guarda dentro de la casa. Para el destino final de los envases y empaques de plaguicidas el 25,0% (32) de los trabajadores los quema, 15,6% (20) los bota a la basura y 14,8% (19) los entierra.

El 96,2% (127) refirió emplear algún tipo de elemento de protección personal (EPP) y solo el 3,8% (5) no los usaba, siendo la bota caña alta la más utilizada con el 86,3% (114). Al agrupar estos EPP por tipo de protección se encontró que la protección de cuerpo fue más frecuente (120,5%), seguido por la protección de miembros inferiores (93,9%). Asimismo, el 82,3% (105) se cambia de ropa de trabajo al final de la jornada laboral, el 49,2% (65) tomaba alimentos cuando fumiga, el 61,4% (81) se lavaba las manos antes de ingerir alimentos y 124 se duchaban al finalizar la jornada laboral (93,9%). Respecto a capacitación en manejo de plaguicidas el 25,8% (34) de los trabajadores la recibió.

Uso de plaguicidas: Los plaguicidas más empleados fueron OF, de estos el Lorsban fue el más utilizado durante una cosecha de tomate. La categoría toxicológica más usada fue la II (altamente tóxico), seguida por la I (extremadamente tóxico) y la III (moderadamente tóxico)[37] (Tabla 1).

Análisis de los trabajadores agrícolas incluidos en las parcelas demostrativas del proyecto

Se tomaron 10 trabajadores, 5 de los cuales accedieron a participar en la siembra del cultivo de tomate aplicando BPA, sin uso de plaguicidas, utilizando control biológico. Los otros 5 realizaron la siembra empleando plaguicidas. Los resultados que se muestran a continuación pertenecen a estos 10 trabajadores vinculados al proyecto dentro de la fase de intervención.

La edad promedio fue de 39,7 años (DE= 8,3, Máximo=55), se evidenció que el tipo de protección personal no presentó diferencias significativas para ambos grupos.

Respecto a las características que se describen en la Tabla 3, como factores protectores se encontraron el cambio de ropa al finalizar la jornada laboral y haber recibido capacitación en el uso y manejo adecuado de plaguicidas.

Los trabajadores de las parcelas tradicionales reportaron el uso de siete plaguicidas, seis OF y un C, dos (28,6%) categoría toxicológica I, tres (42,8%) categoría II y dos (28,6%) categoría III. Los plaguicidas más empleados fueron Lorsban y Latigo con el 28,6% (4) cada uno de ellos.

Respecto a las manifestaciones agrupadas por sistemas, los trabajadores que laboraron en parcelas con BPA presentaron mayor sintomatología de órganos de los sentidos y los de parcelas tradicionales de sistema nervioso central.

Tabla 1. Uso y cantidad de plaguicidas empleados por los trabajadores agrícolas, Colombia, 2011.

Tipos y nombres comerciales de plaguicidas usados	Ingrediente activo	Grupo control	Categoría toxicológica	Cantidad de aplicación por cosecha	Nº. de aplicaciones por cosecha	DE	Mediana	Máximo	Mínimo
COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS									
Lorsban	Clorpirifos	Insecticida	III	25.414 L	63	101,55	2	500.000	0,12
Tamaron	Metamidofos	Insecticida	I	2,81 L	36	4,91	2	30	0,5
Monitor	Metamidofos	Insecticida	I	8.334 L	30	45,64	1	250.000	0,12
Roxion	Dimetoato	Insecticida	II	1,54 L	29	1,02	1	4	0,12
Sistemin	Dimetoato	Insecticida	II	9.093 L	22	42,63	1.125	200.000	0,1
Curacron	Profenofos	Insecticida	II	2 L	12	2	1,5	9	0,5
COMPUESTOS CARBAMATOS									
Furadan	Carbofuran	Insecticida	I	17.648 L	51	73,36	2	400.000	0,2
COMPUESTOS DITIOCARBAMATOS									
Manzate	Mancozeb	Fungicida	III	7.635 G	30	15,55	2.5	80.000	50
COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS + PIRETROIDES									
Latigo	Clorpirifos + cipermetrina	Insecticida	II	32.354 L	17	91,75	1	300.000	0,25
COMPUESTO N-FOSFONOMETIL GLICINA									
Roundup	Glifosato	Herbicida	IV	3.850 L	13	13,86	3	50.000	1

DE: Desviación estándar
Manifestaciones clínicas: En manifestaciones clínicas, la cefalea fue más común con el 43,9%, seguida por mareos con 38,6%, debilidad 36,4%, ardor ocular 34,8% y enrojecimiento de ojos con 31,8%. Con mayor frecuencia el sistema nervioso central (95,5%) fue el más afectado, seguido por órganos de los sentidos (46,2%), sistema digestivo (33,3%), piel (21,2%) y otros (19,7%).
Biomarcadores de exposición y efecto: En los 132 trabajadores se encontraron niveles de OC con un promedio de 1,3 µg/L, siendo los más altos el 4,4 DDE (Media= 3,4µg/L, DE=2,8) y Heptacloro (Media= 2,3µg/L, DE=1,0). No se reportó algún nivel de ETU. El 34,1% (45) presentaron inhibición de AChE en eritrocitos (Media=0,84, DS=0,020) y uno (0,8%) en plasma (Media=1,69, DS=0,025). De los que presentaron inhibición en eritrocitos, 14 (10,6%) estuvieron por debajo del 25% con respecto al valor de referencia (Tabla 2).

Tabla 2. Medidas estadísticas de los biomarcadores de exposición y efecto, Colombia 2011.

Biomarcadores	N	Mediana	p25	p75
Eritrocitos	45	0.00	0.00	0.50
a-BHC	3	0.40	0.30	----
HCB (mg/L)	45	0.90	0.40	1.85
b-BHC (mg/L)	83	0.90	0.60	1.70
Heptacloro (mg/L)	119	2.20	1.50	2.80
a-Clordano (mg/L)	9	0.30	0.15	0.40
j-Clordano (mg/L)	75	0.30	0.20	0.40
Oxiclordano (mg/L)	2	0.80	0.80	0.80
a-Endosulfan (mg/L)	29	0.80	0.50	1.85
4,4 DDE (mg/L)	114	2.25	0.80	4.83
B-Endosulfan (mg/L)	28	0.65	0.40	0.88
2,4 DDT (mg/L)	18	0.10	0.00	0.43
Endosulfan (mg/L)	89	2.90	1.80	3.70

No se encontró ningún nivel de ETU en los trabajadores. La determinación de la enzima AChE mostró inhibición pos exposición en un trabajador (20,0%) de las parcelas tradicionales, mientras que con BPA ninguno. Se encontró la presencia de niveles de plaguicidas OC en suero, en los trabajadores de ambas parcelas.

En muestras de agua y lodo se detectaron únicamente trazas de 4,4-DDD y una de las fuentes presentó niveles de α-Endosulfán. En suelo de las parcelas tradicionales se encontraron OF, C y niveles de ETU en cuatro de las cinco parcelas. En las parcelas con BPA cuatro reportaron presencia de plaguicidas antes del cultivo y solo una al finalizar este.

En tomates de las parcelas tradicionales, se encontraron residuos de plaguicidas OF (clorpirifos y fentoato), piretroides (lambda cihalotrina, cipermetrina, deltametrina) y n-metil carbamatos (carbofuran y 3-hidroxicarbofuran). Las concentraciones de lambda cihalotrina sobrepasaron los LMR (Límites Máximos de Residualidad) de la unión europea (U.E). Estos valores fueron encontrados en la etapa inicial y de máxima producción. En tomates de las parcelas con BPA, hubo residuos de OF (clorpirifos y dimetoato), piretroides (lambda cihalotrina, cipermetrina,) y n-metil carbamatos (carbofuran y 3-hidroxicarbofuran). La producción de tomate, mostró una diferencia estadísticamente significativa entre las parcelas con BPA y las tradicionales (p=0,020) (Figura 1).

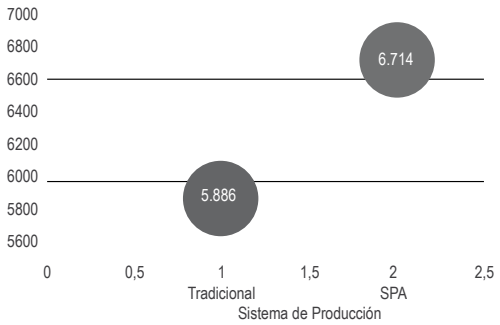

Figura 1. Comparación de la producción (Kg de tomate) entre sistemas de producción, municipio La Merced-Caldas, 2010.

DISCUSIÓN

En Colombia la exposición a plaguicidas se ha convertido en un problema de salud pública[38] debido al incremento de la demanda en el uso de los mismos y al impacto en la salud de la población y en el ambiente.

En este estudio la totalidad de trabajadores laboraban en agricultura, expuestos ocupacionalmente a plaguicidas. La exposición se consideró crónica, con un promedio de 9 años

Tabla 3. Medidas de higiene y hábitos entre los trabajadores pertenecientes a parcelas con BPA y las tradicionales, Colombia, 2011.

Características	BPA		Tradicional	
	Antes*	Después**	Antes*	Después**
¿Se cambia de ropa al finalizar la jornada laboral?	4	5	5	5
¿Cuándo lava su ropa de trabajo?				
- Después de fumigar	4	0	3	5
- Una vez por semana	1	0	1	---
- Dos veces por semana	0	0	1	---
¿Lava la ropa de trabajo en casa?	5	5	5	5
¿Lava la ropa junto con el resto de ropa?	3	0	2	2
¿Dónde guarda la ropa de trabajo?				
- Dentro de la casa	2	4	5	4
- Área exclusiva	1	1	0	0
- Junto con otra ropa	2	0	0	1
¿Consume tomate?	3	2	4	2
¿Se lava las manos antes de ingerir los alimentos?	2	4	2	0
¿Se ducha el cuerpo al finalizar la jornada de trabajo?	4	5	4	5
¿Ha recibido capacitación sobre manejo seguro de plaguicidas?	4	5	4	2

BPA: Buenas Prácticas Agrícolas OR: Odds Ratio *Antes del proceso de capacitación en BPA
**Después del proceso de capacitación en BPA

de exposición, lo cual puede generar efectos a largo plazo. Esto está soportado también por la frecuencia de fumigación, ya que alrededor del 70% de los trabajadores fumiga, por lo menos, una vez a la semana con un promedio de 5 horas al día.

Un aspecto crítico identificado es el destino final de los envases de plaguicidas, ya que refirieron quemarlos, guardarlos, botarlos a la basura y enterrarlos, lo que ocasiona contaminación ambiental. Sobre el almacenamiento de los plaguicidas, un gran porcentaje de trabajadores (95,0%) refirió tener un área exclusiva, lo cual disminuye la exposición tanto para el trabajador como para su familia.

En relación a los EPP, se realizan las labores de aplicación de los plaguicidas con ropa de trabajo; el elemento más empleado es la bota caña alta y el tapabocas desechable; sin embargo, el uso de las botas se debe más a una protección de tipo físico por las condiciones del terreno en donde se labora, que a una protección específica por el empleo de plaguicidas. Los EPP que empleaban los trabajadores no son acorde con el riesgo al cual están expuestos; por ejemplo, el uso de tapabocas no es un elemento de protección adecuado para el manejo de estos productos químicos, ya que permite el ingreso por vía inhalatoria de los plaguicidas, igualmente, se encontró que el uso de guantes se hace en una minoría, permitiendo el ingreso de estas sustancias por vía dérmica.

Se encontró que el 74,2% nunca había sido capacitado en uso de plaguicidas, por lo tanto

no tenía los conocimientos necesarios para manejar este tipo de sustancias.

Por otro lado, dentro de los hábitos indagados a través de la encuesta, los trabajadores informaron tomar alimentos en el cultivo incrementándose también el riesgo de exposición a plaguicidas.

Respecto al consumo de tomate, el 82,6% de los trabajadores que lo cultivaba también lo consumía y el porcentaje restante, teniendo conocimiento de los plaguicidas aplicados, lo vendía.

Los trabajadores informaron haber presentado alguna sintomatología en el momento que estaban empleando los plaguicidas, solo un pequeño porcentaje refirió consultar al médico y el resto tomó remedios caseros o se automedicó, lo que dificulta el correcto diagnóstico y tratamiento del paciente intoxicado, como también la notificación de los casos de intoxicación al sistema de vigilancia en salud pública.

El mayor porcentaje de plaguicidas empleados por la población estudio pertenecía a la categoría toxicológica II, seguido por la categoría toxicológica I. Teniendo en cuenta el grupo químico, los plaguicidas más empleados fueron los compuestos OF, seguido por los C, DT, piretroides y los derivados de la N-fosfonometil glicina en igual proporción. Estos datos concuerdan con los reportados en otros estudios realizados en el país[13, 26, 27]. Esto unido a la cantidad de aplicación y al número de aplicaciones por cosecha que puede llegar a ser entre 12 y 63 aplicaciones, muestra que estos trabajadores tienen una alta probabilidad de desencadenar efectos sobre la salud.

La mayoría de las manifestaciones clínicas se relaciona con alteraciones neurológicas y de órganos de los sentidos. Las alteraciones neurológicas, se pueden relacionar con el uso de plaguicidas OF y C, mientras que las de los órganos de los sentidos pueden desencadenarse con el empleo de múltiples sustancias químicas, incluidos los plaguicidas.

Los OC que se encontraron con mayor frecuencia en muestras biológicas fueron el 4,4-DDE y el endosulfan, pero no se reportó el uso de estos en el cultivo de tomate, lo cual se explica por la contaminación ambiental y por la toxicocinética propia de este grupo de plaguicidas. Aunque los OC fueron prohibidos en el país a partir de 1993 por su alta persistencia, su capacidad de biomagnificarse y sus efectos neurotóxicos, fueron usados por aproximadamente 40 años.

No se reportó ningún nivel de ETU aunque informaron el uso del manzate en bajas cantidades.

La determinación de la AChE sigue siendo utilizada para medir la exposición a OF y C, pero, las interpretaciones de los resultados son muy variables, ya que existen causas genéticas, fisiológicas y patologías asociadas, que pueden disminuir los niveles de esta enzima[26]. Este estudio reportó que el 34,1% del total de trabajadores presentó inhibición de esta enzima en eritrocitos; esto confirma el hecho de que los compuestos OF y C son los más usados.

Se llevó a cabo una segunda fase denominada de intervención, en la cual no fue posible incluir más parcelas ni trabajadores debido a que es una población flotante que cambia en forma frecuente de ubicación geográfica. Respecto al uso de EPP, los trabajadores de las parcelas con BPA emplearon mayor protección respiratoria y ocular que los de las parcelas tradicionales como también, tuvieron algunos cambios respecto a sus hábitos en el trabajo como el que dejaron de lavar la ropa de trabajo junto con el resto de ropa de la familia, se incrementó la frecuencia de lavado de las manos y el ducharse, actividades que juegan un papel importante en la disminución de la exposición a plaguicidas.

Con relación al uso de plaguicidas, en las parcelas demostrativas el ingeniero agrónomo no recomendó el empleo de ninguno de ellos, mientras que los de las tradicionales reportaron el uso de OF. Esto explica también el por qué los trabajadores de las parcelas tradicionales presentaron mayores manifestaciones clínicas en todos los sistemas del organismo, pero específicamente las relacionadas con el sistema nervioso central, las cuales ocurren con mayor frecuencia por el uso de plaguicidas OF y C[8, 39, 40].

En cuanto a las muestras biológicas, se presentaron niveles de OC tanto para los de las parcelas tradicionales como para las de BPA y aunque ninguno de los trabajadores reportó el uso de estos en el cultivo de tomate, su alta

persistencia y su capacidad de biomagnificarse hace posible encontrarlos[28].

No se encontró un alto número de trabajadores con inhibición de la AChE aunque en las parcelas tradicionales se reportó el uso de OF y C. Ello debido a que estos grupos de plaguicidas son fácilmente hidrolizados y excretados por vía renal y no presentan bioacumulación ni biomagnificación, pero también porque la toma de la muestra de sangre se debe realizar máximo dentro de las primeras 24 horas después de la exposición.

Respecto a las muestras de agua y lodo, se encontraron residuos de 4,4-DDD y α-Endosulfan esto debido a que su alta insolubilidad hace que al llegar a la fuente de agua, facilite la adsorción en el sedimento depositándose en el lodo[28]. En los análisis de suelo en las parcelas tradicionales se evidenció la presencia de plaguicidas principalmente DT y en las parcelas con BPA después del cultivo, solo una parcela registró la presencia de plaguicidas. Es evidente que el uso de las BPA ayudó a disminuir la residualidad de los plaguicidas en el suelo. Al comparar la producción de tomate obtenida por los dos sistemas de cultivo, se encontró una diferencia estadísticamente significativa, teniendo las parcelas con BPA una mayor producción, debido a que el plan de fertilización cubrió satisfactoriamente las necesidades del suelo.

En cuanto a la residualidad de los plaguicidas en las parcelas tradicionales, se encontraron OF y PT en la etapa inicial de cultivo. Para las parcelas con BPA, se evidenció que en los cinco cultivos, se encontraron residuos de plaguicidas, principalmente PT y OF. Las altas concentraciones hace suponer que el agricultor pudo aplicar productos que los contenían en épocas del cultivo no adecuados, aplicar cantidades superiores a las recomendadas por el agrónomo en las etiquetas del producto o no respetar los tiempos de carencia.

Por último, aunque no se encontró evidencia de compromiso en la salud, se halló una correlación importante respecto a una de las parcelas tradicionales. En esta se reportó que uno de los individuos presentó inhibición de la colinesterasa y es la parcela donde la residualidad en tomate reporta la presencia de OF, en suelos OF, OC y DT y las aguas aledañas reportan presencia de endosulfan. Situación preocupante porque esto significa que los cultivadores de esta zona están aplicando de manera significativa plaguicidas y además posiblemente no están cumpliendo los periodos de carencia.

Los resultados ponen de manifiesto los riesgos asociados al uso de plaguicidas, por lo que es necesario que se capacite tanto a los trabajadores como a sus familias sobre los posibles efectos que puede desencadenar la exposición a plaguicidas y sobre las prácticas de manejo seguro de estas sustancias, se debe sensibilizar para que hagan un empleo racional de estos productos y reduzcan el uso de plaguicidas de categoría toxicológica I y II. La cantidad y el número de aplicaciones por cosecha, muestra que estos trabajadores tienen una alta probabilidad de desencadenar efectos sobre la salud por la exposición a plaguicidas.

Este estudio evidenció que los suelos tratados con anterioridad con OC guardan residualidad de sus metabolitos. Los valores encontrados de OC en suelos no se correlacionan con los residuos encontrados en tomate lo que indica que no hay transmisión sistémica ni de contacto con los frutos. Es necesario fortalecer a los productores agrícolas en la implementación de las BPA y las ventajas de este sistema de producción.

Agradecimientos

Expresamos nuestros agradecimientos a los doctores Rafael Cervantes, Guido Condarco y Omar Guici de Bolivia, por su colaboración en la elaboración del protocolo. Igualmente a los trabajadores participantes en este estudio. A las Dras. Nelcy Rodríguez y Viviana Rodríguez, por su participación en el análisis estadístico de la información. A la Dirección Territorial de Salud de Caldas, especialmente a Hernán Correa, Jhon Jairo Gonzáles, por su colaboración en la elaboración de la cartilla y en el trabajo de campo y a José Gabriel Muñoz, por su participación en la consecución de los trabajadores de la muestra. A Andrés Monroy, Ligia Morales y Ermel Olarte del Instituto Nacional de Salud, a Anthony Arenas de la Universidad del Valle y a Lina Marcela León de la Universidad del Quindío, por su apoyo en el procesamiento de las muestras y en el trabajo de campo. A la Dra.

Nelsy Loango de la Universidad del Quindío, por su participación en la primera fase del proyecto de investigación. A Campolimpio, por la capacitación dada a los agricultores.

REFERENCIAS

1. Organización Panamericana de la Salud. La salud de las Américas. Publicación científica y técnica 622; 2007.
2. Henao S, Corey G. Plaguicidas inhibidores de las colinesterasas. Serie Vigilancia 11 (OPS - OMS); 1991.
3. Organización Panamericana de la Salud. Vigilancia sanitaria de plaguicidas: experiencia de Plagsalud en Centroamérica. Washington D. C. : OPS; 2004.
4. Barr D, Ananth C, Yan X, et al. Pesticide concentrations in maternal and umbilical cord sera and their relation to birth outcomes in a population of pregnant women and newborns in New Jersey. Sci Total Environ. 2010 Jan 15;408(4):790-5.
5. Issa Y, Sham F, Nijem K, Bjertness E, Kristensen P. Pesticide use and opportunities of exposure among farmers and their families: cross-sectional studies 1998-2006 from Hebron governorate, occupied Palestinian territory. Environ Health. 2010 Oct.19;9:63.
6. Alavanja M. Pesticides use and exposure extensive worldwide. Rev Environ Health 2008;24(4):303-309.
7. Barr D. Biomonitoring of exposure to pesticides. J Chem Health Safety. 2008; 15(6):20-9.
8. Idrovo A. Vigilancia de las intoxicaciones con plaguicidas en Colombia. Rev Salud Pública. 2000;2(1):36-46.
9. Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Curso de autoinstrucción en diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas por plaguicidas. CEPIS/OPS; 2005.
10. Ospina J, Manrique F, Ariza N. Intervención educativa sobre los conocimientos y prácticas referidas a los riesgos laborales en cultivadores de papa en Boyacá, Colombia. Rev Salud Pública. 2009;11(2):182-190.
11. Thundiyil J, Stober J, Besbelli N, Pronczuk J. Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. Bull World Health Organ . 2008;86(3):205-9.
12. Durán-Nah J, Collí-Quintal J. Intoxicación aguda por plaguicidas. Salud Pública Mex. 2000;42: 53-55.
13. Instituto Nacional de Salud, Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública, Grupo Factores de Riesgo Ambiental. Informe de intoxicaciones por plaguicidas. Colombia: SIVIGILA; 2010.
14. Petit C, Chevrier C, Durand G, Monfort C, Rouget F, Garlantezec R, Cordier S. Impact on fetal growth of prenatal exposure to pesticides due to agricultural activities: a prospective cohort study in Brittany, France. Environ Health. 2010 Nov 15;9:71.
15. Bouvier G, Blanchard O, Momas I, Seta N. Pesticide exposure of non-occupationally exposed subjects compared to some occupational exposure: a French pilot study. Sci Total Environ. 2006 Jul 31;366(1):74-91.
16. Orsi L, Delabre L, Monnereau A. Occupational exposure to pesticides and lymphoid neoplasms among men: results of a French case-control study. Occup Environ Med. 2009; 66(5):291-8.
17. Ntow W, Tagoe L, Drechsel P, Kelderman P, Nyarko E, Gijzen H. Occupational exposure to pesticides: blood cholinesterase activity in a farming community in Ghana. Arch Environ Contam Toxicol. 2009 Apr;56(3):623-30.
18. Chakraborty S, Mukherjee S, Roychoudhury S, Siddique S, Lahiri T, Ray M. Chronic exposures to cholinesterase-inhibiting pesticides adversely effect respiratory health of agricultural workers in India. J Occup Health. 2009;51(6):488-97.
19. Ng V, Koh D, Wee A, Chia S. Salivary acetylcholinesterase as a biomarker for organophosphate exposure. Occup Med. 2009;59:120-22.
20. Quandi S, Chen H, Grzywacz J, Vallejos Q, Gal Van L, Arcur T. Cholinesterase depression and its association with pesticide exposure across the agricultural season among Latino farmworkers in North Carolina. Environ Health Perspect. 2010 May;118(5):635-9.
21. Kazos E, Stalikas C, Nanos C, Konidari C. Determination of dithiocarbamate fungicide propineb and its main metabolite propylenethiourea in airborne samples. Chemosphere. 2007; 68:2104–2110.
22. Blasco C, Font G, Picó Y. Determination of dithiocarbamates and metabolites in plants by liquid chromatography–mass spectrometry. J Chromatogr A. 2004 Mar 5;1028(2):267-76.
23. Rivas A, Cerrillo I, Granada A, Mariscal M, Olea F. Pesticide exposure of two age groups of women and its relationship with their diet. Sci Total Environ. 2007 Aug 15;382(1):14-21
24. Toft G, Thulstrup AM, Jönsson BA, Pedersen HS, Ludwicki JK, Zvezday V, Bonde JP. Fetal loss and maternal serum levels of 2,2',4,4',5,5'-hexachlorbiphenyl (CB-153) and 1,1-dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethylene (p,p'-DDE) exposure: a cohort study in Greenland and two European populations. Environ Health. 2010 May 10;9:22.
25. Varona M, Tolosa J, Cárdenas O, Et al. Descripción del uso y manejo de plaguicidas en las empresas de flores afiliadas a Asocolflores. Biomédica. 2005; 25:377-89.
26. Varona M, Henao G, Lancheros A, et al. Factores de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en el departamento de Putumayo. Biomédica. 2007;27:400-9.
27. Varona M, Henao G, Díaz S, et al. Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos. Biomédica. 2009;29(3):456-75.
28. Varona M, Díaz S, Lancheros, Murcia A, Henao G, Idrovo A. Organochlorine pesticide exposure among agricultural workers from Colombian regions with ille-

gal crops: an exploration to a hidden and dangerous world. Int J Environ Health Res. 2010 Dec;20(6):407-14.
29. Valcke M, Bouchard M, Bouchard M. Determination of no-observed effect level (NOEL)-biomarker equivalents to interpret biomonitoring data for organophosphorus pesticides in children. Environ Health. 2009;8(5).
30. Environmental Protection Agency. Method EPA 508.1: determination of chlorinated pesticides, herbicides, and organohalides by liquid-solid extraction and electron capture gas chromatography [en línea]. Cincinnati: EPA [Consultado el 9 de marzo de 2010]. Disponible en: http://www.caslab.com/EPA-Methods/PDF/508_1.pdf.
31. Vorhaus L, kark R. Serum Cholinesterase in health and desease. Serum cholinesterase in health and disease. Am J Med. 1953 Jun;14(6):707–719.
32. Jones K, Patel K, Cocker J, Bevan R, Levy L. Determination of ethylenethiourea in urine by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionisation-mass spectrometry for monitoring background levels in the general population. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci. 2010 Oct 1;878(27):2563-6..
33. Environmental Protection Agency. Method EPA 3541: automated soxhlet extraction. Columbia analitical services [en línea] [consultado en marzo de 2010]. Disponible en: http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3541.pdf
34. Sánchez C, Rodríguez A, Tadeo J. Multiresidue analysis of carbamate pesticides in soil by sonicationq assisted extraction in small columns and liquid chromatography. J Chromatogr A. 2003 Jul 25;1007(1-2):85-91.
35. Domínguez M, Penuela G, Flórez M. Analytical method for determining ethylenethiourea (etu) by-product of Mancozeb in Andisol of East Antioquia. Rev Fac Ing Univ Antioquia. 2009;(49):42-49.
36. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Method S-19. En: Manual of pesticide residue analysis. vol. 1. Germany. Weinheim: VCH; 1987. p. 383 -400.
37. Blass W, Philipowsky C. Determination of N-methyl carbamate residues using HPLC and on-line coupling of a post-column reactor in food of plant origin and soil. Pflanzenschutz Nachrichten Bayer. 1992;45:277–318.
38. Decreto 706 de 1986. Ministerio de Salud, Instituto Colombiano Agropecuario. Diario Oficial No. 37.377 (5 de marzo de 1986).
39. Ministerio de la Protección Social, Instituto Nacional de Salud, Organización Panamericana de la Salud. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública de las Intoxicaciones Agudas y Crónicas por Plaguicidas. Bogotá, 2003.
40. Cassaret L, Doull J. Fundamentos de toxicología. 1ª ed. México: McGraw Hill Interamericana; 2005.
41. Goldfrank L, Lewin N, Flomenbaun N. Toxicologic emmergencies. USA-New York: McGraw-Hill; 2006.

Recibido: 18 de julio de 2011
Aprobado: 16 de abril de 2012