

EVALUACIÓN DE RIESGO EN HUMANOS POR PLAGUICIDAS EN TOMATE CULTIVADO CON SISTEMAS TRADICIONAL Y BPA (BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS)

Martha Isabel Páez
Universidad del Valle

Marcela Varona Uribe
Instituto Nacional de Salud

Sonia Mireya Díaz
Instituto Nacional de Salud

René A. Castro
Instituto Colombiano Agropecuario ICA

Edwin Barbosa
Instituto Colombiano Agropecuario ICA

Natalia Carvajal
Universidad del Quindío

Alfonso Londoño
Universidad del Quindío

Recibido: junio 29, 2011

Aceptado: octubre 10, 2011

Pág. 153-166

Resumen

Se evaluó el riesgo en la salud humana a partir de los datos de residualidad de plaguicidas en tomates cultivados con sistemas tradicionales y BPA. La evaluación de riesgo fue calculada para cada contaminante y el acumulado a partir de una simulación Monte Carlo de 100.000 iteraciones con el modelo probabilístico USEPA Crystal Ball. El cálculo del riesgo por sustancia de efectos tóxicos no-carcinogénicos (ENC) se estimó considerando la ingesta de tomate como la única ruta de contaminación. Se determinó que las mujeres son receptoras más vulnerables a los riesgos asociados con la ingesta de alimentos que contengan residuos químicos. En general, se aprecia que para ambos sistemas de cultivo los valores máximos de las distribuciones probabilísticas no superan los valores límites para el riesgo no-cancerígeno (límite =1), siendo de 2 y 3 órdenes de magnitud menores al nivel de peligrosidad, pero si existe una diferencia significativa entre los dos sistemas de cultivos (p menores de 0,05), mostrando la bondad de las BPA.

Palabras claves: BPA, Evaluación de riesgo en humanos, plaguicidas, tomate.

Abstract

Assessment was made of human health risk from residual pesticides on tomatoes grown with traditional systems and Good Agricultural Practices (GAP). Risk assessment was calculated for each pollutant and accumulated from a Monte Carlo simulation software package of 100,000 iterations with the built in Crystal Ball probabilistic model (Reference US-EPA practices). The calculation of risk for non-carcinogenic substance toxic effects (HR) was estimated considering the intake of tomatoes as the only route of contamination. They found that women are more susceptible to risks associated with the intake of food containing chemical residues. In general, we see that for both farming systems the maximum of the probability distributions do not exceed the limit values for non-cancer risk (limit = 1), with 2 and 3 orders of magnitude lower than the level of danger, but the difference between the two farming systems (p less than 0.05) indicates that GAP yields improved results.

Keywords: Good agricultural practices, GAP, health risk analysis.

1 Introducción

En Colombia la exposición a plaguicidas se ha convertido en un problema de Salud Pública [1]. En el año 2007 se notificó al Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública -SIVIGILA- un total de 6266 casos de intoxicación por plaguicidas, 2008 (6.650 casos), 2009 (7.405), 2010 (8.016) y hasta la semana epidemiológica 40 del 2011 se llevan reportados 7.101[2]. El aumento progresivo en la cantidad de casos es atribuido al incremento en el consumo de plaguicidas en la actividad agroindustrial, al aumento en la cantidad de sustancias disponibles en el mercado para uso industrial y doméstico y a la mejora en la calidad de la vigilancia del evento. Las estadísticas presentadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el periodo comprendido entre 1998 y 2002 notificaron en el mundo 252, 256, 315, 344 y 342 casos de intoxicaciones por mil habitantes, respectivamente [3]. Chile reporta una tasa de 4,8 por 100 mil habitantes en el 2009, donde el 52% de los casos de intoxicaciones agudas por plaguicidas (IAP) ocurren por ingredientes activos entre los que se cuentan los 10 principales de mayor frecuencia; Metamidofos, Clorpirifos, Diazinon, Cipermetrina, Lambdacihalotrina, Glifosato, Metomilo, Tetrametrina, Dimetoato, Azinfosmetil[4]. Gomes da Cruz [5] indica que de los brotes de intoxicación alimentaria, las frutas y hortalizas fueron responsables del 23% más que cualquier otro alimento.

En la agricultura tradicional los plaguicidas constituyen el método habitual de lucha contra las plagas. Por desgracia, los beneficios aportados por estos compuestos han sido acompañados de una serie de perjuicios, algunos de ellos tan graves que ahora representan una amenaza para la supervivencia a largo plazo de importantes ecosistemas, con importantes consecuencias en la salud humana [6]. Se ha demostrado que se puede reducir el uso de plaguicidas mediante la implementación adecuada de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), dado que son una estrategia de producción agrícola que garantiza sostenibilidad y competitividad, que buscan producir bienes agrícolas en forma amigable con el medio ambiente teniendo consideración tanto con la salud de los trabajadores como de las personas que los consumen, por lo que productores y demás actores de la cadena agroalimentaria deben comprender la importancia de adoptarlas en los cultivos, a fin de ampliar las oportunidades de comercio en el ámbito internacional. Países como el Reino Unido, Israel, Chile, Brasil han puesto en marcha protocolos para promover la producción de frutas, verduras y ensaladas con un desarrollo seguro y ambientalmente responsable, a través del uso reducido de productos agroquímicos [7].

La presencia de residuos químicos hace necesario realizar una estimación de la probabilidad en la que un individuo o población esté expuesto a un peligro a través de un medio (alimento, agua, aire, et). Un peligro es una fuente de riesgo, pero no un riesgo en sí mismo [2]. Lo primero que debe establecerse al momento de evaluar el riesgo es la descripción del escenario de exposición y las concentraciones de los contaminantes. Posteriormente, la caracterización del peligro, o sea la relación entre exposición o dosis y efectos adversos para la salud (cancerígenos y no-cancerígeno) teniendo en cuenta los valores de referencia del contaminante. La caracterización del riesgo es la última etapa de la evaluación, en la cual se integran la información sobre la toxicidad obtenida de la evaluación dosis-respuesta y los datos resultantes de la exposición a la sustancia tóxica. Ésta es una tarea que permite obtener una base de discusión sobre la naturaleza y alcance del riesgo. La caracterización del riesgo es, en general, una de las primeras herramientas

a través de las cuales los resultados de una evaluación de riesgo se comunican a las personas encargadas de su manejo así como a los tomadores de decisiones, periodistas y al público en general [8].

2 Materiales y métodos

2.1 Ubicación de la zona de trabajo

El área de estudio seleccionada se caracteriza por el uso y manejo intensivo de plaguicidas en el cultivo de tomate. Se seleccionaron 10 parcelas de aproximadamente 2.000 m² ubicadas en el municipio La Merced, departamento de Caldas (Colombia) (figura 1). El Municipio de la Merced está ubicado al noroccidente del departamento de Caldas sobre la cordillera central; limita al norte con el municipio de Pácora, al oriente con Salamina, al sur con Filadelfia y Aranzazu y al occidente con Supía y Marmato (separado de estos dos por el Río Cauca) con una temperatura de 22°C. De las parcelas participantes cinco realizaron el manejo del cultivo aplicando el sistema BPA (B) y las otras cinco aplicaron el manejo tradicional (T) de cultivo.

2.2 Muestreo

Se tomaron 13 muestras por parcela, las cuales fueron recolectadas al inicio, en el pico máximo y al final de la etapa de producción del tomate. Después de someter las muestras a cuarteo se tomó 1 kg y se empacaron en bolsas plásticas perforadas identificadas (T ó B) para ser analizadas (norma ISO IEC 17025: 2005) en el Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas LANIA-ICA.

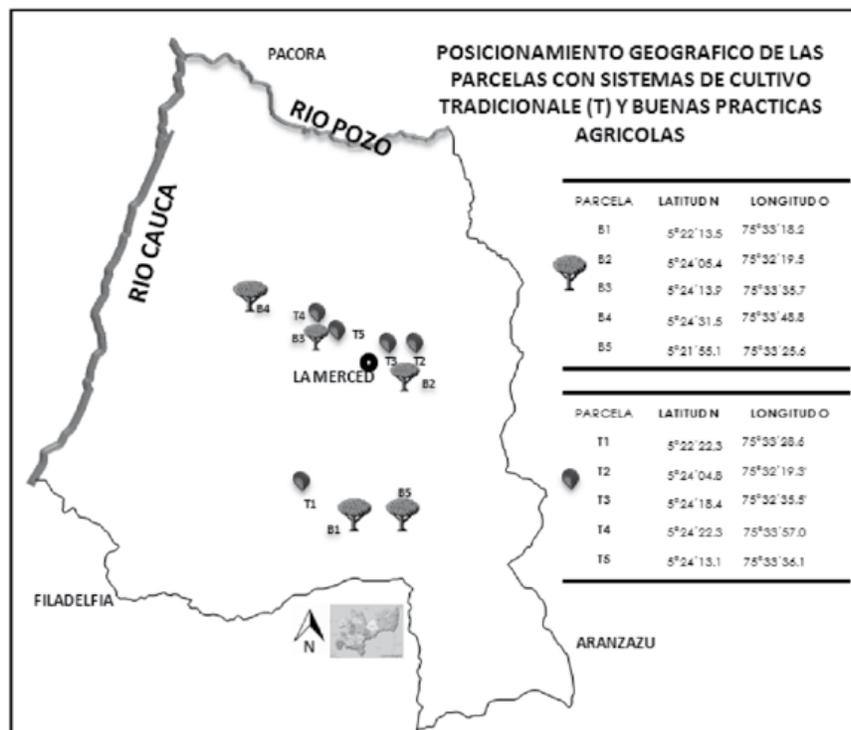


Figura 1. Mapa de posicionamiento geográfico de los cultivos tradicionales (T), y BPA (B) en el municipio La Merced-Caldas. Mapa modificado [9]

2.3 Análisis de los plaguicidas

A cada una de las muestras se le realizó el análisis de residuos de plaguicidas: Organofosforados (OF) (16 moléculas), Organoclorados (OC) (21 moléculas), piretroides (PT) (8 moléculas) y N-metilcarbamatos (NC) (10 moléculas) para un total de 56 principios activos.

2.4 Escenario para la evaluación de riesgo ambiental a la salud humana

Para propósito de este estudio, los tomates cosechados que presentaron una cantidad residual de plaguicidas son considerados como la fuente de contaminación. La ruta de exposición se basa en la ingesta del tomate, siendo la vía de exposición el sistema gastrointestinal.

La población receptora considerada incluía los pobladores adultos (hombres y mujeres entre 20 y 60 años) de la zona de estudio, expuestos por el consumo del producto alimenticio cultivado. Si bien es posible que un sólo mecanismo de exposición no refleje el potencial real de la exposición, por lo menos provee una evaluación cautelosa que lo cuantifica, permitiendo establecer la diferencia del riesgo de la salud humana para un individuo que consuma el producto de la cosecha de parcelas tratadas con sistemas BPA y sistemas tradicionales. Para la estimación de la Evaluación de Riesgo Ambiental a la Salud Humana (ERA ó HHR por sus siglas en inglés) se utilizaron modelos de USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU). Según éstos, el riesgo es una función de la toxicidad de la sustancia peligrosa y la magnitud de la exposición a la misma, siendo esta última una medida de la calidad y cantidad del contacto entre la sustancia y el organismo expuesto [10].

2.5 Ruta de exposición por ingestión

La exposición por ingestión (I), se calculó como exposición promedio por unidad de tiempo, expresada con base en el peso corporal (unidades de miligramos por kilogramo de peso corporal por día [mg/kg-día]). La ecuación genérica usada para calcular la ingestión de compuestos químicos es la siguiente [11]:

$$I = \frac{CF \cdot IR \cdot FI \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT}$$

Dónde:

I= Ingestión (mg/kg-día); CF= concentración del contaminante en alimentos (mg kg⁻¹); IR = Tasa de ingestión (dependiente del medio de exposición); FI: Fracción ingerida de la fuente de contaminación (sin unidades); EF = Frecuencia de exposición (días/año); ED = Duración de la exposición (años); BW = Peso corporal (kg); AT = Tiempo de cálculo del promedio (días).

2.6 La caracterización del riesgo

El cálculo del riesgo por sustancia de efectos tóxicos no carcinógenos (REN) se realizó por el cociente (REN= I/RfD) del valor de la ingesta calculada (I) con una dosis referencial específica para esa ruta, si $REN \geq 1$ se considera que existe un riesgo para la salud inaceptable y habrá que tomar medidas paliativas [12, 13].

2.7 Obtención de los parámetros del modelo

a. Concentración de las sustancias peligrosas en las muestras de tomate

Los agroquímicos presentes en los tomates analizados según este estudio fueron Carbofuran, 3.hidroxi-Carbofuran, Clorpirifos, Cipermetrina, Lambda Cialotrina, Deltametrina y Fentoato. En la Tabla 1 se presentan las sustancias con su código de identificación (CAS), la técnica analítica empleada para su determinación así como su límite de detección y en la Tabla 2 los límites Máximos de residuos (LMR) establecidos por el Codex Alimentarius y por la Unión Europea.

Tabla 1 Identificación de los analitos encontrados y método de medición

| No CAS | PLAGUICIDA | TÉCNICA ANALÍTICA | LÍMITE DE DETECCIÓN mg/Kg |
|-------------|----------------------|-------------------|---------------------------|
| 1563-66-2 | Carbofuran | HPLC | 0,001 |
| 16655-82-6 | Carbofuran-3-hidroxy | HPLC | 0,001 |
| 2921-88-2 | Clorpirifos | GC-FPD | 0,002 |
| 52315-07-8 | Cipermetrina | GC-ECD | 0,019 |
| 052918-63-5 | Deltametrina | GC-ECD | 0,019 |
| 91465-08-6 | Lambda cihalotrina | GC-ECD | 0,019 |
| 2597-03-7 | Fentoato | GC-FPD | 0,007 |
| 60-51-5 | Dimetoato | GC-FPD | 0,007 |

Tabla 2 Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas [14] [15]

| LMR | CODEX ALIMENTARIUS(ppm) | UNION EUROPEA(ppm) |
|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Carbofuran | *** | 0,02 |
| 3,OH-Carbofuran | *** | *** |
| Clorpirifos | 0,5 | 0,5 |
| Cipermetrina | 0,2 | 0,5 |
| Lambda cihalotrina | *** | 0,1 |
| Deltametrina | 0,3 | 0,3 |
| Fentoato | *** | *** |
| Dimetoato | *** | 0,02 |

b. Valores de la tasa de ingesta, frecuencia, duración de la exposición y peso corporal

Se consideró como individuo expuesto a un miembro de la comunidad del municipio de la Merced hombre o mujer que en su alimentación diaria consume tomate una vez cosechado. El consumo de tomate promedio reportado es de 8,8 Kg/año con valores máximo de 10,2 y mínimo de 6,5 con una desviación estándar de 1,6 [16][17], generando un consumo diario promedio de 24 233 mg/ día, (unidades requeridas en el modelo EPA) con valores máximos de 27 945 y mínimos de 17 808, con una desviación estándar de 4 424. La frecuencia de exposición sugerida fue de 260 días/año, tiempo aproximado del cultivo y una duración de la exposición promedio de 72,4 años, según la esperanza de vida típica en Colombia [19]. Los promedios de pesos considerados para los individuos colombianos por grupos de edades y género, oscilando para los hombres entre 66,2 y 71,8 Kg con un promedio de 70,4 Kg y para las mujeres entre 65,5 y 57,9 Kg con un promedio de 63,0 Kg [20].

c. Cálculo del nivel de riesgo y uso del valor de referencia toxicológico

La caracterización de riesgo para efectos no cancerígenos de cada individuo (hombres y mujeres) se calculó individualmente por sustancia teniendo en cuenta si provenía de una parcela con sistema de cultivo BPA o tradicional y posteriormente para todas las sustancias aplicando un modelo aditivo para cada parcela [21]. El cálculo se realizó probabilísticamente con el *software* Crystal Ball 7.1 aplicando Monte Carlo para 100 000 iteraciones, con base a los tipos de distribución de probabilidades de cada variable [22]. En la Tabla 3 se presentan los valores de referencia toxicológicos (RfD) para los efectos no carcinogénicos por ingesta oral de los compuestos de interés. De las distribuciones probabilística de los valores de riesgo en cada caso, se extrajeron como estadísticos representativos los valores máximo y mínimo, la media aritmética, la desviación estándar y un nivel de confianza del 95%.

Tabla 3 Dosis de referencia (RfD) de ingesta diaria de las sustancias para los efectos no-carcinogénicos.

| SUSTANCIA | RfD ING. (mg/Kg-día) | REF |
|----------------------|---------------------------------|------------|
| Carbofuran | 5,00E-03 | [23] |
| Carbofuran-3-hydroxy | 1,00E-03 | [24] |
| Clorpirifos | 3,00E-03 | [23] |
| Cipermetrin | 1,00E-02 | [23] |
| Lambda cihalotrina | 5,00E-03 | [23] |
| Deltametrina | 1,00E-02 | [23] |
| Fentoato | 3,00E-03 | [25] |
| Dimetoato | 2,00E-04 | [23] |

3 Resultados y discusión

La residualidad de los plaguicidas encontrados en los cultivos de las parcelas T se registra en la Tabla 4. Se observa una mayor presencia de plaguicidas piretroides y organofosforados, siendo los primeros los de concentraciones más altas. En la etapa inicial y de máxima producción en tres de las cinco fincas, las concentraciones de lambda cihalotrina, insecticida piretroide encontradas en tomate sobrepasaron los límites máximos residuales (LMR) establecidos por la Unión Europea ($\geq 0,1$ ppm), la cipermetrina y deltametrina presentaron valores menores de los LMR. De los plaguicidas OF el clorpirifos se registró en cuatro de las cinco fincas al iniciar los cultivos sin sobrepasar los LMR. Esto hace suponer que el agricultor aplicó productos que los contenían en épocas del cultivo no adecuados, aplicó cantidades superiores a las recomendadas en las etiquetas del producto o no respetó los tiempos de carencia [26].

Para los cultivos establecidos con BPA (Tabla 5), se muestra que en los cinco cultivos se encontraron residuos de plaguicidas cuyas moléculas activas no fueron recomendados por el asistente técnico para el control de plagas y enfermedades (lambda cihalotrina, cipermetrina y deltametrina). La mayor concentración de residualidad encontrada

Tabla 4 Residuos de plaguicidas en tomates cosechados durante el cultivo en parcelas con sistemas tradicionales

| CONTAMINANTES | Cantidad de plaguicida encontrado en tomate (mg/kg) | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|-------|-------|----|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|----|-----|
| | T1 | | | T2 | | | T3 | | | T4 | | | T5 | | |
| | IN | MX | FIN | IN | MX | FIN | IN | MX | FIN | IN | MX | FIN | IN | MX | FIN |
| Carbofuran (C) | | | | | | 0,002 | | | | | | | | | |
| 3,OH-Carbofuran (C) | | | | | | 0,003 | | | | | | | | | |
| Clorpirifos (OF) | 0,003 | | | | | | | 0,009 | 0,090 | 0,090 | 0,006 | | 0,080 | | |
| Cipermetrina (PT) | 0,140 | | | | 0,040 | | | | | | | | | | |
| Lambda cihalotrina (PT) | | 0,310 | | | 0,080 | | | | | 0,740 | 0,300 | | 1,000 | | |
| Deltametrina (PT) | | | 0,110 | | 0,060 | 0,080 | | | | 0,140 | | | 0,130 | | |
| Fentoato (OF) | | | | | | | | 0,063 | | | | | | | |
| Dimetoato (OF) | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 5 Residuos de plaguicidas en tomates cosechados durante el cultivo en parcelas con sistemas BPA

| CONTAMINANTES | Cantidad de plaguicida encontrado en tomate (mg/kg) | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|-------|-----|-------|----|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-----|
| | B1 | | | B2 | | | B3 | | | B4 | | | B5 | | |
| | IN | MX | FIN | IN | MX | FIN | IN | MX | FIN | IN | MX | FIN | IN | MX | FIN |
| Carbofuran | 0,060 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,OH-Carbofuran | 0,030 | | | | | | | | | | | | | | |
| Clorpirifos | | 0,009 | | 0,011 | | | | 0,030 | | 0,060 | 0,021 | | | 0,070 | |
| Cipermetrina | | | | | | | | 0,110 | | | 0,100 | | | | |
| Lambda cihalotrina | | 0,038 | | 0,470 | | | | 0,120 | 0,390 | | | 0,038 | | | |
| Deltametrina | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fentoato | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dimetoato | | | | 0,018 | | | | | | | | | | 0,018 | |

IN: Cosecha inicial; MX: máximo de cosecha; FIN: Cosecha final

correspondió a plaguicidas PT especialmente la lambda cihalotrina en dos de las cinco fincas, con valores que sobrepasan la norma europea seguidos por los OF, indicando la preferencia de los agricultores de la zona de trabajo por estos insecticidas quizás por ofrecer un control efectivo en los insectos olvidándose que son altamente tóxico para abejas y extremadamente tóxico para peces [27]. Estos residuos se detectaron en la etapa de máxima producción, lo cual indica un uso excesivo e inadecuado de estos plaguicidas [4].

Un cultivo que implementa adecuadamente las BPA, debe garantizar que los alimentos producidos son aptos para el consumo humano. Respecto a la aplicación de plaguicidas y fertilizantes, únicamente deben utilizarse con moderación productos químicos aprobados y autorizado para los usos y cultivos recomendados por las agencias respectivas en el país de producción o en el país a donde se desea exportar [28]. Las estrategias de las BPA evitan el uso de agroquímicos y si es el caso de aplicarlo, se espera que este uso no supere los LMR. Las BPA orientan a los agricultores de tal manera que sólo se aplique cuando se rebasan niveles mínimos de insectos dañinos [29]. Los resultados obtenidos dejan ver que el productor de la zona tuvo “miedo de sufrir pérdidas en la cosecha por plagas” y aplicó en la época de máxima cosecha insecticidas como prevención, no cumpliendo totalmente con las estrategias planeadas pues no se había reportado presencia de plaga.

Los cultivos arrojaron diferencias significativas en los promedios de producción, las parcelas tradicionales presentaron 1,96 kg/planta y las de BPA 2,24 kg/planta, siendo esta última una cantidad similar a la reportada por la FAO [30] en parcelas BPAs a campo abierto. La rentabilidad generada en la prueba piloto desarrollada en el municipio de la Merced aplicando las buenas prácticas agrícolas fue del 14%.

Los resultados probabilísticos obtenidos en la evaluación de riesgo por efectos no carcinogénicos (REN) debidos a la ingesta del tomate cosechado en las parcelas cultivadas con sistemas tradicionales y BPA, se registran en las figuras 2 y 3 respectivamente. En las mismas se consigna también el riesgo acumulado para las etapas de cosecha donde el fruto contenía más de un compuesto. En general, se aprecia que los valores máximos de las distribuciones probabilísticas oscilaron entre 0,012 y 0,12, sin superar los valores límites para el riesgo no-cancerígeno (límite =1). Esto ocurre para ambos sistemas de cultivos, donde la única ruta de exposición asumida es la ingestión en el peor de los escenarios y teniendo en cuenta el riesgo acumulado cuando había presencia de varios plaguicidas. La sustancia que en mayor grado contribuyó al riesgo fue la lambda cihalotrina, debido a sus valores altos en las concentraciones residuales encontradas (0,47 ppm en BPA y 1,00 ppm en tradicional) y a su RfD que se expresa con magnitudes de E^{-3} .

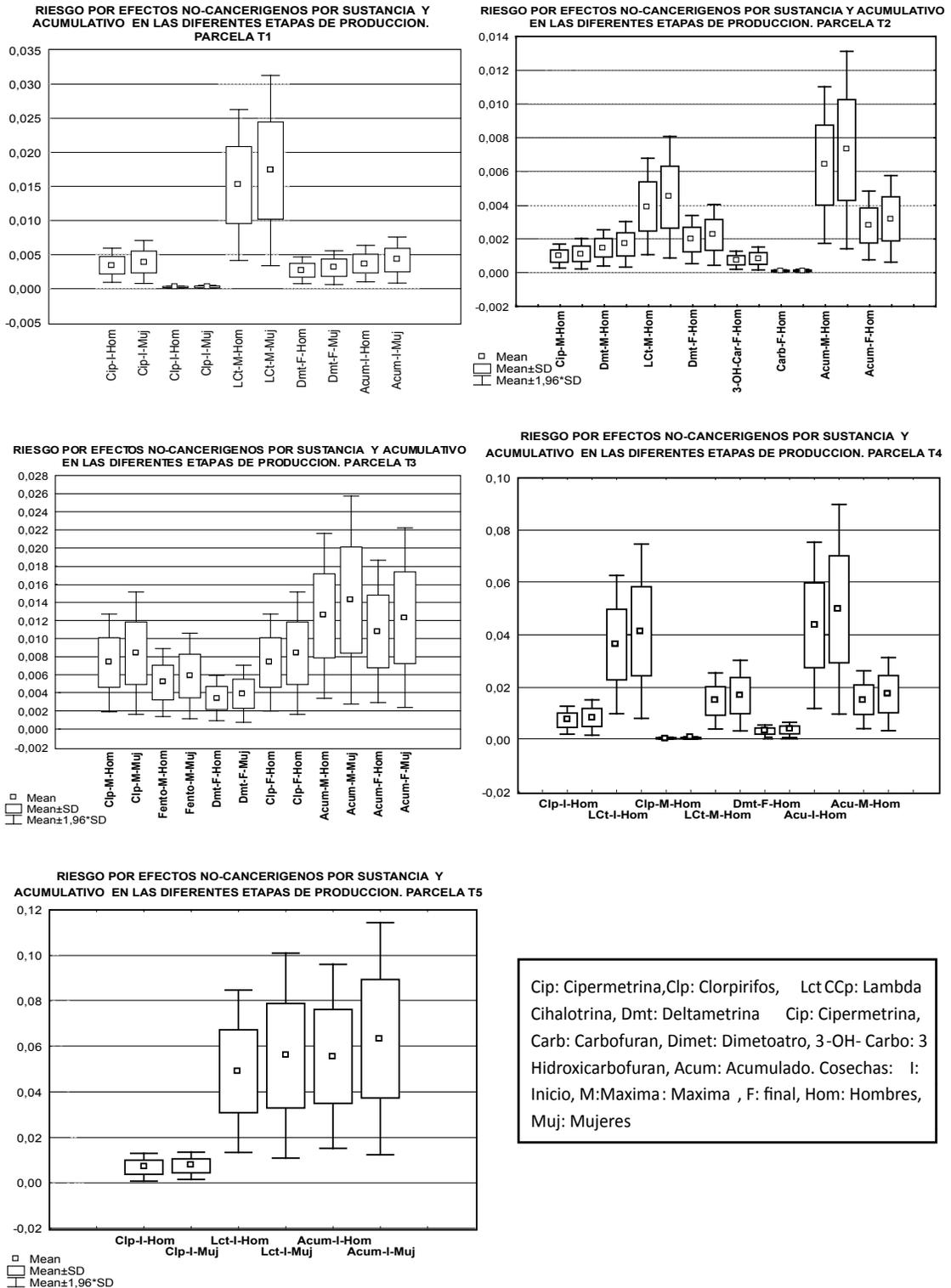


Figura 2 Riesgo por efectos no-carcinogénicos en las diferentes etapas de las cosechas de tomate para cultivos tratados con sistemas tradicionales (T).

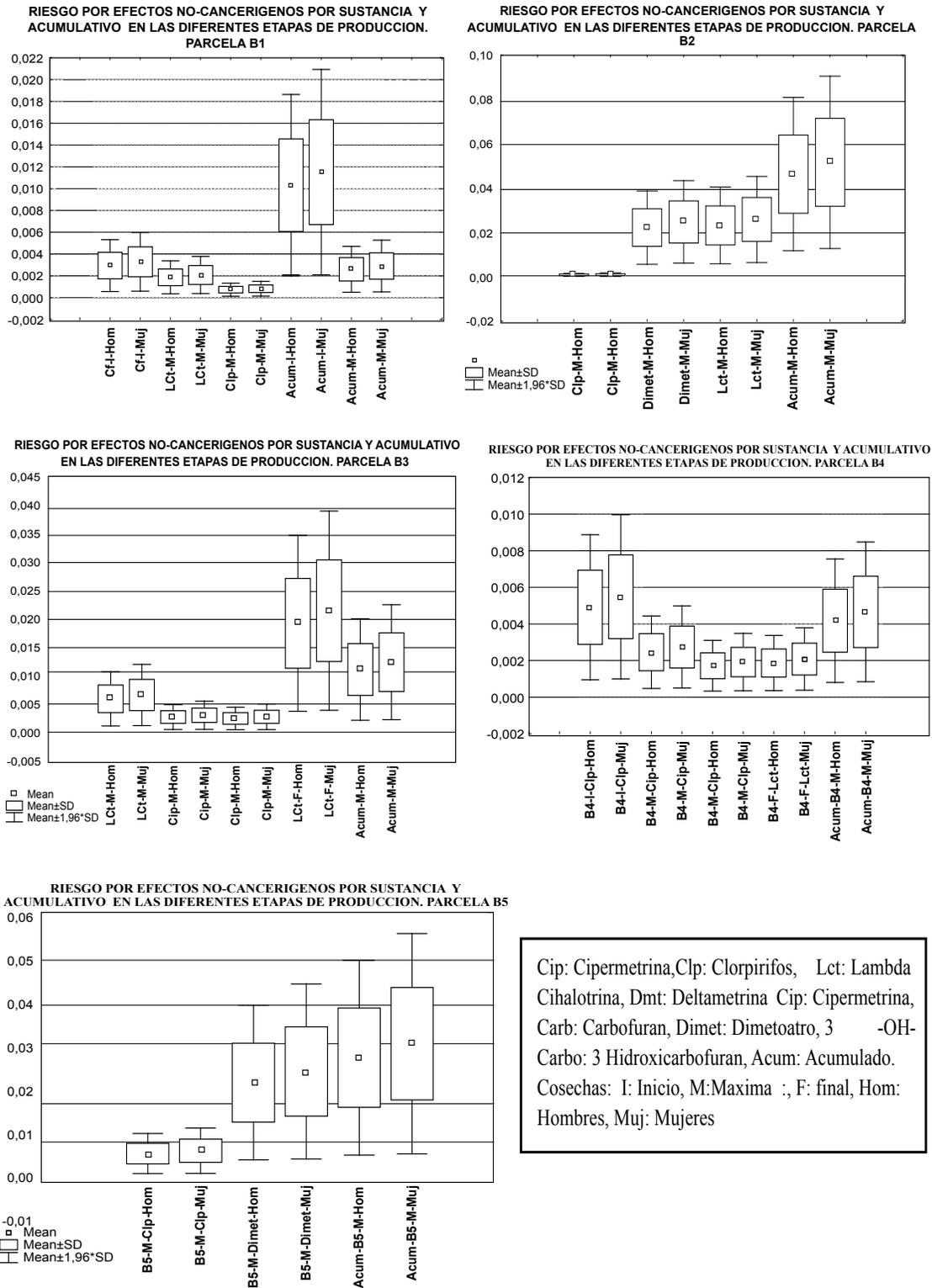


Figura 3 Riesgo por efectos no-carcinogénicos en las diferentes etapas de las cosechas de tomate para cultivos tratados con sistemas BPA (B)

Comparando los riesgos (REN) entre hombres y mujeres de la población expuesta, se aprecia que las mujeres presentan valores de riesgo mayor debido a que su peso corporal es considerado menor respecto al hombre [31, 20]. Por ejemplo en la figura 2 en la parcela B2 los valores de riesgo probabilístico en la Lambda cihalotrina fueron de 0,025 para hombres y de 0,030 para mujeres, igual tendencia para el mismo compuesto se observó en B3 (0,019 para hombres y 0,022 para mujeres) y en las parcelas tradicionales T1 (0,016 para hombres y 0,018 para mujeres), T4 (0,038 para hombres y 0,043 para mujeres) y T5 (0,050 para hombres y 0,057 para mujeres). Las variables que más aportaron al ajuste del cálculo probabilístico fueron la tasa de ingestión y el peso de la persona.

Estadísticamente se compararon los riesgos no cancerígenos entre las parcelas BPA y tradicionales que geográficamente estaban más cercanas (B4 y T4; B2 y T2; T1 y B1; B3 y T5, ver figura 1) suponiendo que los vecinos por zona tenían prácticas agrícolas similares de tal manera que al aplicar las BPA se debería notar significativamente la diferencia. Los resultados obtenidos fueron que B4 y T4, así como B2 y T2 tanto para hombres (15 E-6 y 13 E-6 respectivamente) como para mujeres (5E-6 y 39E-6 respectivamente), tuvieron valores de p menores de 0,05 indicando que sí es significativa la diferencia del riesgo entre los sistemas de cultivos tradicionales y BPA, lo que indica que las parcelas tradicionales están aplicando plaguicidas de manera significativa. La correlación entre T1 y B1 y las de B3 y T5, dieron valores de p mayores de 0,05, tanto para hombres (0,12 y 0,12 respectivamente) como para mujeres (0,21 y 0,06 respectivamente) lo que indica que no se cumplieron plenamente las indicaciones propias del sistema de cultivo BPA [23].

4 Conclusiones

Las mujeres son receptoras más vulnerables a los riesgos asociados con la ingesta de alimentos que contengan residuos químicos.

Del conjunto de sustancias reportadas como residuos contaminantes en los tomates colectados de las parcelas de estudio, la lambda cihalotrina fue la que presentó mayor contribución a los cálculos de riesgo en salud por ingesta del alimento.

La rentabilidad generada en la prueba piloto desarrollada en el municipio de la Merced aplicando las buenas prácticas agrícolas fue del 14%, frente a las parcelas tratadas de forma tradicional.

Es necesario entonces fortalecer a los productores agrícolas en la implementación de las BPA y las ventajas de este sistema de producción.

Agradecimientos

Los autores agradecen al ingeniero Andrés Mauricio Zapata, a COLCIENCIAS y a la Dirección Territorial de Salud de Caldas por su colaboración.

Referencias bibliográficas

- [1] Ministerio de la Protección Social, INS. 2003. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública de las Intoxicaciones Agudas y Crónicas por plaguicidas, Bogotá.
- [2] SIVIGILA, Grupo Factores de Riesgo Ambiental, Subdirección de Vigilancia en Salud Pública, INS. 2011. www.minproteccion-social.gov.co/.../Boletin_epidemiologico_Seman...
- [3] Protocolo de Vigilancia y Control de Intoxicaciones por Plaguicidas. Vigilancia y Control en Salud Pública. PRO-R02.003.0000.014. Elaborado por: Grupo de vigilancia y control de factores de riesgo ambiental. Fecha: 13 de agosto de 2010.
- [4] Intoxicaciones por plaguicidas, región de Coquimbo 2007-2010. Secretaría regional Ministerial de Salud. Coquimbo. Unidad de planificación sanitaria (sub-unidades de epidemiología y estadísticas). Mayo del 2011. Chile.
- [5] Gomes da Cruz A., Agostinho, Cenci S. and Antun, Maia M. 2006. Good agricultural practices in a Brazilian produce plant. Food Control, Vol. 17, Issue 10, Pag. 781-788.
- [6] Ongley E. D. Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55) 1997, M-56, CAPÍTULO 4 - Los plaguicidas, en cuanto contaminantes del agua, ISBN 92-5-303875-6 .
- [7] Kokkinakis, E. Boskou, G., Fragkiadakis G. Kokkinaki, A., Lapidakis, N. Microbiological quality of tomatoes and peppers produced under the good agricultural practices protocol AGRO 2-1 & 2-2 in Crete, Greece, 2007. Food Control 18, pag. 1538-1546.
- [8] <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/400/cap3.html>, Última Actualización: 15/11/2007, Fecha de recuperación (12/06/2011).
- [9] <http://lamerced-caldas.gov.co/apc-aa-files/66646433373236653161383461623931/mapa3.jpg>, Fecha de recuperación (12, 06, 2010).
- [10] USEPA. Guide lines for exposure assessment. Washington (DC): Environmental Protection Agency; Risk Assessment Forum; 1992. EPA/600/Z-92/001.
- [11] Conklin, J., Smith, J., Locey, B. Evaluación de riesgos para la salud humana para la planta de energía renovable localizada en el municipio de Arecibo, Octubre del 2010, ARCADIS G&M of Michigan, LLC, pag. 55.
- [12] USEPA. Proposed guidelines for carcinogen risk assessment. Washington (DC): Environmental Protection Agency; Office of Research and Development; 1996. EPA/600/P-92/003C.
- [13] USEPA. Guidelines for carcinogen risk assessment. Washington (DC): Environmental Protection Agency; Risk Assessment Forum; 2005. EPA/630/P-03/001F.

- [14] FAO. CODEZ ALIMENTARIUS. Programa Conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Roma 2005.
- [15] REGLAMENTO (CE) N o 396/2005 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo (Texto pertinente a efectos del EEE) (DO L 70 de 16.3.2005, p. 1).2005R0396 — ES — 29.07.2010 — 007.001. Pag.158.
- [16] MONITOREO DE MERCADOS Publicado el 20 de junio de 2008, No. 5. Abril - Junio del 2003 ISSN: 1657-9518.
- [17] Agronomía, Volumen 13, No 2, Julio - Diciembre 2005, pág. 7 – 22
- [18] DANE 2005-2010 Boletín de proyecciones de esperanza de vida en Colombia entre el 2005 y 2010.
- [19] Profamilia 2005, Encuesta Nacional de Salud.
- [20] USEPA, 2003,(Environmental Protection Agency). Frame work for cumulative risk assessment. Washington, DC, USA: United States Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum.
- [21] Crystal Ball software: [computer program]. Version 7.1.Denver (CO): Decisioneering, Inc.; 2007.
- [22] USEPA Integrated Risk Information System (IRIS), 02 de mayo de 2011
- [23] Draft Assessment Report (DAR) November 2009 - public version-InitialInitial risk assessment provided by the rapporteur Member State Germany for the existing active substance ZINC PHOSPHIDE of the fourth stage of the review programme referred to in Article 8(2) of Council Directive 91/414/EEC.
- [24] CHEMICAL PROFILES References for U.S. EPA Risk Assessment Values, OPP-RfD: US EPA, Office of Pesticide Programs. RfD Tracking Report (2/97). OPP.
- [25] Departamento. Acción Sanitaria Subdepto.Prev.de Riesgos y Salud Laboral, Informe vigilancia intoxicaciones agudas por plaguicidas – revrep , región metropolitana 2006.
- [26] HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD (HDS) Fecha de Vigencia: Marzo, 2004
- [27] Manual de Buenas Prácticas Agrícolas, Comisión Mexicana para la Cooperación con Centroamérica, proyecto “Inocuidad de Alimentos”, Programa Mesoamericano de Cooperación 2001-2002.
- [28] Costa Rica Ministerio de Agricultura y Ganadería, Buenas Prácticas Agropecuarias - San José, C.R.: MAG, 2008. Pag.10.

- [29] FAO 2005. Buenas Prácticas Agrícolas –BPA- en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Manual técnico.Pag.17
- [30] Berman T., Hochner-Celnikier D., Bar D., Needham L., Amitai Y., Womser U., Richter E., Pesticide exposure among pregnant women in Jerusalem Israel: Results of a pilot study. Environment International 37 (2011) 198-203.
- [31] Ministerio de Agricultura y Ganadería Servicio Fitosanitario del Estado Servicio de Extensión Agropecuaria, Primera Edición, San José, Costa Rica Abril, 2010, Pag. 18.

Dirección de los autores

Martha Isabel Páez M

Grupo de Investigación GICAMP, Universidad del Valle, Cali - Colombia

martha.paez@correounivalle.edu.co

Marcela Varona Uribe

Coordinadora Grupo Salud Ambiental y Laboral

Instituto Nacional de Salud, Bogotá - Colombia

mvarona@ins.gov.co

Sonia Mireya Díaz

Instituto Nacional de Salud, Bogotá - Colombia

sdiaz21@gmail.com

René A. Castro

Instituto Colombiano Agropecuario ICA,

lania@ica.gov.co

Edwin Barbosa

Instituto Colombiano Agropecuario ICA,

edwin.barbosa@ica.gov.co

Natalia Carvajal

Laboratorio de Plaguidas y Salud, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Quindío, Armenia - Colombia

nataliacm1@yahoo.com

Alfonso Londoño

Laboratorio de Plaguidas y Salud, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Quindío, Armenia - Colombia

alondono@uniquindio.edu.co