

NOTA TÉCNICA

RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN FRESA (*Fragraria x ananassa*) COSECHADA EN UNA REGIÓN AGRÍCOLA DEL ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA

Pedro Benítez-Díaz^{1,2}, Leticia Miranda-Contreras¹, Alirio Balza-Quintero¹,
Beluardi Sánchez-Gil¹ y Yuri Molina-Morales¹

RESUMEN

Debido a la utilización intensiva de plaguicidas en la agricultura, la presencia de residuos de estas sustancias en los productos alimenticios, así como el riesgo para la salud humana que ello conlleva, parece inevitable. El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de residuos de plaguicidas en fresa (*Fragraria x ananassa*), cultivada en el municipio Rivas Dávila del estado Mérida, Venezuela. Para el análisis se utilizó el método SPE-HPLC-DAD. Se detectaron siete plaguicidas: clorpirifos 8 mg·kg⁻¹, diazinon 12 mg·kg⁻¹, etil paration 0,036 mg·kg⁻¹, metamidofos 2,7 mg·kg⁻¹, mancozeb 23 mg·kg⁻¹, metomilo 1,2 mg·kg⁻¹ y metribuzin 0,10 mg·kg⁻¹. A excepción de etil paration y metribuzin, todos estuvieron por encima de los límites máximos de residuos (LMR) establecidos por el Codex Alimentarius y la Unión Europea. Metamidofos, clorpirifos y diazinon se encontraron 270, 230 y 120 veces por encima del LMR, con frecuencias de detección de 70 %, 90 % y 70 %, respectivamente; mancozeb estuvo 2,3 veces por encima del LMR, pero fue detectado en todas las muestras. Los resultados indican que el consumo de fresa producida en el municipio Rivas Dávila podría constituir una vía importante de exposición a plaguicidas a través de la dieta, debido a que el consumidor del producto fresco está expuesto a una mezcla de plaguicidas nocivos que pueden actuar de manera aditiva o sinérgica sobre el organismo.

Palabras clave adicionales: Agroquímicos, frutas, seguridad alimentaria, SPE-HPLC-DAD

ABSTRACT

Pesticide residues in strawberry (*Fragraria x ananassa*) harvested from an agricultural region of Mérida State, Venezuela

Due to the intensive use of pesticides in agriculture, the presence of residues of these substances in food products, as well as the human health risk that they involve, seem to be inevitable. The objective of the present study was to determine the presence of pesticide residues in strawberry (*Fragraria x ananassa*), cultured in the Municipality of Rivas Dávila of Mérida State, Venezuela. For the analysis, the SPE-HPLC-DAD method was used. Seven pesticides were detected: chlorpyrifos 8 mg·kg⁻¹, diazinon 12 mg·kg⁻¹, ethyl parathion 0.036 mg·kg⁻¹, methamidophos 2.7 mg·kg⁻¹, mancozeb 23 mg·kg⁻¹, methomyl 1.2 mg·kg⁻¹ and metribuzin 0.10 mg·kg⁻¹; with the exception of ethyl parathion and metribuzin, all were above the maximum residue limit (MRL) established by the Alimentary Code and European Union. Methamidophos, chlorpyrifos and diazinon were found 270, 230 and 120 times above the MRL, with frequencies of detection of 70 %, 90 % and 70 %, respectively; mancozeb was 2.3 times above the MRL, but it was detected in all the samples. The results indicate that the consumption of strawberry, produced in the Municipality of Rivas Dávila, could constitute an important way of pesticide exposure through diet, because the fresh product consumer is exposed to a mixture of pesticides that are noxious to human health, can act additively or synergistically on the organism.

Additional key words: Alimentary security, agrochemicals, fruits, SPE-HPLC-DAD

INTRODUCCIÓN

En su mayoría, la práctica agrícola que se realiza en Latinoamérica se caracteriza por

emplear grandes cantidades de agroquímicos, lo cual permite mantener sus altos niveles de producción y rentabilidad económica (Benítez y Miranda, 2013). Entre los compuestos químicos

Recibido: Mayo 25, 2015

Aceptado: Octubre 20, 2015

¹ Centro de Microscopía Electrónica “Dr. Ernesto Palacios Priú”, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

² Dpto. de Botánica y Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. e-mail: lmiranda@ula.ve

más utilizados y de mayor relevancia, desde el punto de vista de su actividad biológica e influencia sobre la salud humana, se encuentran los plaguicidas sintéticos. La utilización de estos compuestos contribuye a la reducción de daños y pérdidas producidas por malezas, insectos y enfermedades infecciosas, redundando además en la calidad y durabilidad de los productos agrícolas. En este contexto, la presencia residual de plaguicidas en los productos alimenticios parece ser inevitable, así como el riesgo para la salud pública que ello conlleva (Vicente et al., 2004; Pérez, 2013).

En Venezuela se han reportado evidencias del uso inadecuado de plaguicidas en zonas de intensa actividad agrícola, como es el caso del municipio Rivas Dávila del estado Mérida, lo que ha traído como consecuencia la contaminación de aguas superficiales y de consumo humano así como riesgos para la salud de los trabajadores agrícolas (Benítez y Miranda, 2013; Miranda et al., 2013). Se ha estudiado también la presencia de residuos de plaguicidas en rubros agrícolas de alto consumo producidos en la zona, como es el caso de la papa (*Solanum tuberosum* L.), en la cual se encontraron cantidades alarmantemente altas de residuos de plaguicidas organofosforados y carbamatos, algunos de ellos considerados disruptores endocrinos (Benítez et al., 2015).

Otro rubro que llama particularmente la atención para su estudio es la fresa (*Fragraria x ananassa*). Aunque esta fruta no se encuentra entre las de mayor producción en Venezuela (FAO, 2015), se destaca entre los principales rubros agrícolas cultivados en las zonas altas de la región andina, debido a que requiere de bajas temperaturas para su adecuado desarrollo (Pérez de Camacaro et al., 2013). Según cifras oficiales, en 2011 el estado Mérida aportó el 10 % de la producción nacional y la producción del municipio Rivas Dávila alcanzó el 21 % del total del estado con una superficie cosechada de 22,60 ha (CORPOANDES, 2011). Adicionalmente, el cultivo de la fresa requiere de la frecuente aplicación de plaguicidas para combatir el ataque de hongos e insectos (Aular y Casares, 2011), por esta razón la fresa ha sido considerada en varios países, como uno de los productos agrícolas más contaminados por residuos de plaguicidas y se ha indicado que su consumo puede constituir una importante ruta de exposición a una variedad de

principios activos, incluyendo compuestos organoclorados (Fernandes et al., 2011; Vogt et al., 2012; Muñoz et al., 2014).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de residuos de plaguicidas en fresas (*Fragraria x ananassa*) cosechadas en municipio Rivas Dávila del estado Mérida, Venezuela. Específicamente, se determinó la presencia de los plaguicidas organofosforados (OF): malation, etil paration, metil paration, metamidofos, dimetoato, clorpirifos y diazinon; ditiocarbamatos (DT): mancozeb; carbamatos (CB): carbofuran y metomilo; triazinas (TA): atrazina y metribuzin; y el derivados de urea (DU): linuron.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales. Los estándares de plaguicidas fueron obtenidos de la casa comercial AccuStandard: metil paration (99 %), paration etílico ($100,1 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), metamidofós ($100,4 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), dimetoato ($98,9 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), diazinon ($100,2 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), clorpirifos ($100,1 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), malation ($100,4 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), carbofuran (98,5 %), metomilo ($100,1 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), mancozeb (99 %), atrazina (99%), metribuzin (99 %) y linuron ($100,7 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$). Los solventes orgánicos utilizados fueron grado HPLC (High-Performance Liquid Chromatography): acetonitrilo (Mallinckrodt), metanol (J.T. Baker), dicloroetano (Merck) y acetona (Merck). El agua ultra pura fue obtenida de un sistema de purificación Millipore MilliQ. Para la extracción en fase sólida y preconcentración de las muestras se emplearon cartuchos C₁₈ Waters (Sep-Pak C₁₈ VAC RC, 500 mg, 3 mL).

Recolección de muestras. Se colectaron muestras de fresas en diez fincas ubicadas en el municipio Rivas Dávila del estado Mérida, específicamente en las cercanías de la población de Bailadores. Para obtener una muestra representativa, se recolectaron alrededor de 100 g de fresas en 10 puntos diferentes de lotes de media hectárea, obteniéndose muestras compuestas de 1 kg por lote de terreno, para un total de 10 muestras, las cuales fueron lavadas con abundante agua corriente. La fruta fue recolectada manualmente al momento de la cosecha utilizando guantes de látex y tijeras para cortar el pedicelo, posteriormente se retiraron las brácteas. Luego, fueron lavadas con abundante agua corriente y empacadas en bolsas

plásticas y transportadas en hielo hasta el laboratorio, donde se mantuvieron congeladas a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento de realizar la extracción de los residuos de plaguicidas.

Extracción de residuos de plaguicidas. Para la extracción de los residuos de plaguicidas se siguió un procedimiento basado en la metodología empleada por Topuz et al. (2005), el cual se describe brevemente a continuación: se homogeneizaron 50 g de muestra en 30 mL de metanol durante 10 min, utilizando un homogeneizador Polytron. Luego se realizó una dilución 1:1 (muestra homogeneizada/ H_2O MilliQ) y posteriormente se tomó una alícuota de 50 mL para la extracción en fase sólida (SPE). Las sustancias retenidas en el cartucho Sep-Pak C_{18} se eluyeron con 3 mL de metanol/acetona (1:1), seguidamente se evaporó el solvente pasando una corriente de nitrógeno. El residuo resultante se resuspendió en 250 μL de fase móvil A (20:80, metanol/ H_2O MilliQ), de esta dilución se tomaron 50 μL para inyectar al HPLC y realizar el análisis de plaguicidas.

Análisis de residuos de plaguicidas. El análisis de residuos de plaguicidas fue realizado en un sistema de HPLC-DAD (HPLC with diode-array detection) Agilent serie 1200, equipado con una bomba binaria, desgasificador, inyector manual Rheodyne de 100 μL y un compartimiento de columna con temperatura controlada. Los parámetros y datos cromatográficos fueron controlados y analizados a través del programa ChemStation. El análisis se realizó utilizando el método desarrollado y validado por Flores et al. (2011), el cual se describe brevemente a continuación: Se utilizó una columna de fase reversa C_{18} , de 5 μm de tamaño de partícula y dimensiones 4,6 mm x 250 mm (Spherisorb), la cual se mantuvo a $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para la separación fue empleado un gradiente lineal de 0-100% de B, en 115 min, a un flujo de $0,7\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. La fase móvil A estaba compuesta por 20 % de metanol en agua, ajustada a pH 4,6 con ácido fosfórico, y la fase móvil B contenía 90 % de metanol en agua a pH 4,6. Los compuestos fueron detectados y cuantificados por su absorbancia a 220, 230 y 300 nm. La cuantificación se llevó a cabo por el método del estándar externo, identificando los picos por su tiempo de retención y confirmando su identidad a través de los espectros contenidos en la librería construida en el ChemStation. Las

muestras fueron analizadas por duplicado y los resultados expresados como el promedio \pm desviación estándar. La comparación entre los grupos químicos se realizó mediante análisis de varianza y prueba de Tukey utilizando el programa GraphPad InStat 3.

RESULTADOS

Se detectaron 7 de los 13 plaguicidas analizados en fresa (*Fragaria x ananassa*), lo que corresponde al 53,8 %. Los plaguicidas atrazina, carbofuran, dimetoato, linuron, malation y metil paration no fueron detectados. Etil paration y mancozeb fueron detectados en todas las muestras (100 % de frecuencia de detección), seguidos por el metamidofos con un 90 % de frecuencia, clorpirifos y diazinon ambos con 70 %, y finalmente, metomilo y metribuzin con 40 % y 30 %, respectivamente (Cuadro 1). Los compuestos detectados en mayor concentración fueron mancozeb ($23 \pm 4\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), diazinon ($12 \pm 6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y clorpirifos ($8 \pm 2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Los principios activos detectados en menor concentración fueron etil paration ($0,036 \pm 0,005\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y metribuzin ($0,10 \pm 0,04\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Cuadro 1. Residuos de plaguicidas y frecuencia de detección en muestras de fresa provenientes del municipio Rivas Dávila, Mérida, Venezuela. Se incluyen los límites máximos de residuos (LMR)

Grupo químico	Plaguicida	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	Frec. (%)	LMR $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
Organifosforados	Clorpirifos	8 ± 2	70	$0,3^b$
	Diazinon	12 ± 6	70	$0,1^b$
	Etil Paration	$0,036 \pm 0,005$	100	$0,05^a$
	Metamidofos	$2,7 \pm 0,4$	90	$0,01^a$
Ditiocarbamatos	Mancozeb	23 ± 4	100	10^a
Carbamatos	Metomilo	$1,2 \pm 0,6$	40	$0,02^a$
Triazinas	Metribuzin	$0,10 \pm 0,04$	30	$0,1^a$

^a LMR establecidos por la Unión Europea (EU Pesticides Data Base). ^b LMR establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius (FAO/OMS)

En cuanto a la concentración total por grupo químico (Figura 1), los OF y DT tienen la misma concentración ($23 \pm 6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) y los CB ($1,2 \pm 0,6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) estuvieron casi 20 veces por debajo de ellos, con diferencias significativas ($P \leq 0,01$). Es importante resaltar que en el caso del grupo químico DT y CB las concentraciones observadas

se deben sólo a mancozeb y metomilo, respectivamente. Del grupo de las TA, sólo se detectó el metribuzin y en una concentración alrededor de 200 veces menor que los OF y DT, razón por la cual no se encuentran en la Figura 1. Finalmente, la concentración total de los plaguicidas detectados en fresa alcanza los 47 mg·kg⁻¹.

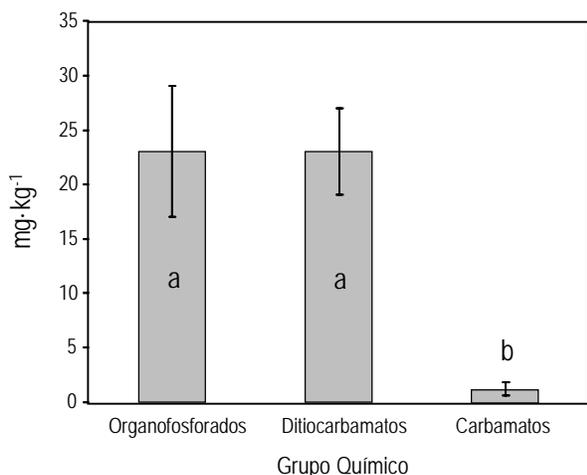


Figura 1. Contenido total de plaguicidas organofosforados, ditiocarbamatos (cuyo único representante en este estudio es mancozeb) y carbamatos detectados en fresa. Se muestran los resultados de la sumatoria de los niveles detectados por plaguicida individual. Las líneas verticales representan el error estándar. Prueba de Tukey ($P \leq 0,01$)

DISCUSIÓN

En la legislación venezolana no se encuentran instrumentos legales que limiten el contenido de residuos de plaguicidas en productos agrícolas de consumo humano (Benítez y Miranda, 2013; Benítez et al., 2015). Por esta razón, para la discusión de los resultados obtenidos se utilizaron los LMR establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius y la Unión Europea para el rubro fresa, los cuales se muestran en el Cuadro 1 (FAO and WHO, 2013; European Commission, 2015).

De los siete plaguicidas detectados, sólo etil paration y metribuzin se encuentran dentro de los límites permitidos. Llamamos la atención los casos de metamidofos y clorpirifos detectados en el 70 y 90 % de las muestras, cuyas concentraciones se encuentran 270 y 233 veces por encima de sus respectivos LMR (Cuadro 1). Los resultados

coinciden con lo reportado en la literatura en cuanto a que estos insecticidas OF son frecuentemente detectados en fresa y otros rubros frutales (Jardim y Caldas, 2012; Muñoz et al., 2014). Algunos autores coinciden en que la ingesta de esta fruta es una de las vías más importantes de exposición humana a metamidofos y clorpirifos, siendo el grupo más afectado el de los niños en edad preescolar y escolar (Gebara et al., 2011; Vogt et al., 2012). Otro principio activo del grupo OF que sobresale debido a que su concentración fue 120 veces mayor a su LMR es el diazinon, el cual también fue detectado en el 70 % de las muestras. En este caso, llama la atención que el diazinon no ha sido reportado como un residuo frecuente para el rubro fresa y que en otros países como Brasil, no está permitido el uso de este plaguicida en este cultivo (Jardim y Caldas, 2012).

Del grupo de los CB sólo fue detectado metomilo, el cual también es un insecticida. Este principio activo se encontró en una concentración 60 veces mayor a la permitida por la Unión Europea (Cuadro 1) y tiene la frecuencia de detección más baja entre los cinco plaguicidas que estuvieron por encima del LMR. Los resultados coinciden con la baja frecuencia de detección reportada para el grupo químico CB en el rubro fresa (Jardim y Caldas, 2012). Se ha indicado que este insecticida es un fuerte inductor de estrés oxidativo, actuando como cancerígeno y mutágeno y ejerce sus efectos tóxicos sobre el sistema nervioso, hígado, riñones, músculos y ojos (Meng et al., 2014; Djeflal et al., 2015).

El fungicida mancozeb, único DT analizado, fue detectado en todas las muestras y se encontró 2,3 veces por encima del LMR. Se ha reportado que el grupo químico DT es uno de los residuos de mayor frecuencia de detección y el que mayormente se encuentra por encima del LMR en fresa, siendo mancozeb el principio activo más ampliamente utilizado en este rubro (Jardim y Caldas, 2012), lo cual coincide además con la evidencia que apunta a que es uno de los plaguicidas más utilizados en el municipio Rivas Dávila (Molina et al., 2012). La situación planteada con mancozeb puede ser debida a su baja toxicidad aguda; la OMS lo clasifica como “improbable que sea peligroso en uso normal” debido a que tiene un $LD_{50} > 5000$ mg·kg⁻¹ de peso corporal (PAN, 2014; University of

Hertfordshire, 2014), lo cual explica también el hecho de que tiene el LMR más alto entre todos los plaguicidas detectados (Cuadro 1) y que sea uno de los plaguicidas con mayor volumen de importación en América Latina (Bravo et al., 2011; Gómez et al., 2013). La clasificación de la OMS no toma en consideración otras características toxicológicas del mancozeb, como son su efecto sobre el sistema nervioso central y su acción como disruptor endocrino (Harrison et al., 2013). En base a ello organismos como el Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a nivel Internacional (SAICM, 2013), ha solicitado la revisión sobre las previsiones en el manejo de este producto con la finalidad de reducir la exposición y los efectos de ésta. En otras palabras, a pesar que mancozeb sólo se encuentra 2,3 veces por encima de su LMR, debe ser considerado como un plaguicida importante dentro de este estudio.

Es importante destacar que de los cinco plaguicidas que se encontraron por encima del LMR, cuatro son insecticidas, los cuales, además, tienen el mismo mecanismo de acción a través de la inhibición de la acetilcolinesterasa. Esta observación, aunado a las elevadas concentraciones de sus residuos, podría sugerir que en el cultivo de fresa que se realiza en el municipio Rivas Dávila se incurre en redundancia y sobredosificación de principios activos que actúan sobre la misma plaga; esta situación parece ser una constante en la práctica agrícola que se realiza en la zona y otros estados de Venezuela (Benítez y Miranda, 2013). Es necesario señalar que en la papa (*Solanum tuberosum* L.) que se cultiva en la misma zona también se han encontrado residuos de clorpirifos, diazinon, metamidofos y mancozeb por encima del LMR (Benítez et al., 2015). Además, se ha reportado la presencia de residuos de estos y otros plaguicidas en aguas superficiales y de consumo humano de la misma región, lo cual es otro argumento que habla a favor de una práctica agrícola caracterizada por emplear una gran cantidad de plaguicidas (Benítez y Miranda, 2013). Adicionalmente, los resultados también podrían indicar que no se ha esperado el tiempo suficiente, después de la fumigación, para que los principios activos sean degradados en el ambiente o eliminados por el metabolismo de la planta antes de la cosecha, lo cual también ha sido sugerido para el caso de la papa (Pérez, 2013;

Benítez et al., 2015).

Por otra parte, se debe señalar que los LMR para alimentos establecidos por los organismos multinacionales están indicados para cada plaguicida de forma individual, pero no hay limitaciones para la concentración total de estas sustancias que pueda estar presente en un alimento, como sí es el caso de las aguas de consumo humano (Benítez y Miranda, 2013; Pérez, 2013). Asumiendo arbitrariamente que el límite máximo para la concentración total de plaguicidas podría establecerse a partir de la sumatoria de los LMR individuales de cada principio activo detectado (aproximadamente $11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; Cuadro 1), la concentración total de plaguicidas ($47 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en fresa estaría más de cuatro veces por encima del límite máximo. Bajo el mismo criterio, la concentración total de OF ($23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) estaría 50 veces por encima del límite ($0,46 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Es importante hacer notar que los cinco plaguicidas que se encontraron por encima del LMR están incluidos dentro de la Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos, publicada por Pesticide Action Network International en 2014, la cual se elaboró incluyendo criterios que van más allá de la toxicidad aguda, como son los efectos a largo plazo sobre la salud, peligrosidad ambiental y las regulaciones o convenciones internacionales sobre plaguicidas (PAN International, 2014).

Considerando que gran parte de la fresa producida en el municipio Rivas Dávila se comercializa en los mercados locales casi inmediatamente después de ser cosechada, se plantea una situación en la cual el consumidor del producto fresco podría estar expuesto a una mezcla de plaguicidas que tienen efectos nocivos. Estos compuestos podrían estar actuando de manera aditiva o sinérgica, ocasionando problemas de salud pública (Vogt et al., 2012). Este es el caso de los principios activos mancozeb, metomilo, diazinon y clorpirifos, los cuales han sido catalogados como compuestos disruptores endocrinos (CDE), este tipo de compuesto actúa en el humano afectando negativamente el sistema endocrino y los procesos controlados por las hormonas (Frye et al., 2011; Mnif et al., 2011). Aunado al efecto negativo de los CDE, se presenta el bien conocido efecto de los plaguicidas OF y CB sobre el sistema nervioso del humano a través de su acción como inhibidores de la

acetilcolinesterasa. Más aún, se ha señalado que los principios activos clorpirifos y metamidofos son potenciales inductores de la neuropatía retardada inducida por OF (OPIDN, por sus siglas en inglés), el cual es un desorden neurodegenerativo que surge como consecuencia de la exposición crónica a estos compuestos químicos (Emerick et al., 2012). Adicionalmente, algunos de estos compuestos, como metomilo y mancozeb, también son capaces de producir estrés oxidativo, cuyos efectos sobre el sistema nervioso central del humano son muy graves, siendo considerado un importante factor de riesgo para la presencia de patologías neurodegenerativas, como la enfermedad de Parkinson (Domico et al., 2007; Djefal et al., 2015).

Para disminuir el riesgo de los consumidores, además de la implementación de programas eficaces de monitoreo de residuos de plaguicidas en alimentos, se hace necesario un cambio en los mecanismos de producción que se practican en el municipio Rivas Dávila. Se ha demostrado que con la implementación de programas de manejo integrado de plagas (MIP) en el cultivo de fresa, incluyendo la utilización de extractos vegetales como plaguicidas naturales, se pueden lograr altos rendimientos en la producción al mismo tiempo que se mantiene la calidad ambiental y disminuyen los niveles de residuos de plaguicidas en la fruta (Fernandes et al., 2011; García et al., 2012).

CONCLUSIONES

Se detectaron residuos de los plaguicidas clorpirifos, diazinon, etil paration, metamidofos, mancozeb, metomilo y metribuzin en fresa (*Fragaria x ananassa*) recién cosechada, cultivada en el municipio Rivas Dávila del estado Mérida, Venezuela. En la mayoría de los casos, con la excepción de etil paration y metribuzin, los niveles de residuos se encontraron por encima del LMR, sobresaliendo clorpirifos, metamidofos y diazinon por sus concentraciones excesivamente altas y mancozeb por su 100% de frecuencia de detección. Los resultados obtenidos confirman, que al igual como ha sido reportado en otros países, el rubro fresa constituye una de las vías más importante de exposición a plaguicidas a través de la dieta, pudiendo repercutir negativamente en la salud del consumidor del

producto fresco.

La utilización inadecuada de plaguicidas en el municipio Rivas Dávila podría estar afectando negativamente la calidad de otros rubros que allí se producen y la seguridad alimentaria de los consumidores de estos productos. El cambio de las prácticas agrícolas hacia la implementación de MIP o cultivos orgánicos contribuiría al mejoramiento de la calidad toxicológica de los rubros cosechados en la zona, al incremento de la calidad de vida de los trabajadores y a la sostenibilidad de la actividad agrícola.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Carlos Alberto Contreras Oballos por su valiosa colaboración en la realización del presente trabajo. Esta investigación fue financiada por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) a través del Proyecto S1-2002000281.

LITERATURA CITADA

1. Aular, J. y M. Casares. 2011. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. Rev. Bras. Frutic. 33 (n° espec.): 187-198.
2. Benítez-Díaz, P. y L. Miranda-Contreras. 2013. Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica. Rev. Int. Contam. Ambie. 29 (Número especial sobre plaguicidas): 7-23.
3. Benítez-Díaz, P., L. Miranda-Contreras, Y. Molina-Morales, B. Sánchez-Gil y A. Balza-Quintero. 2015. Residuos de plaguicidas en la cáscara e interior de la papa (*Solanum tuberosum* L.) proveniente de una región agrícola del estado Mérida, Venezuela. Bioagro 27(1): 27-36.
4. Bravo, V., T. Rodríguez, B. van Wendel de Joode, N. Canto, G.R. Calderón, M. Turcios, L.A. Menéndez, W. Mejía, A. Tatis, F.Z. Abrego, E. de la Cruz y C. Wesseling. 2011. Monitoring pesticide use and associated health hazards in Central America. Int. J. Occup. Environ. Health 17(3): 258-269.
5. CORPOANDES. 2011. Dossier Estatal 2011, Mérida / Dossier Municipal 2011, Rivas Dávila. CORPOANDES. Mérida, Venezuela.

6. Djeflal, A., M. Messarah, A. Boumendjel, L. Kadeche y A. Feki. 2015. Protective effects of vitamin C and selenium supplementation on methomyl-induced tissue oxidative stress in adult rats. *Toxicol. Ind. Health* 31(1):31-43.
7. Domico, L., K. Cooper, L. Bernard y G. Zeevalk. 2007. Reactive oxygen species generation by the ethylene-bis-dithiocarbamate (EBDC) fungicide mancozeb and its contribution to neural toxicity in mesencephalic cells. *Neurotoxicology* 28(6): 1079-1091.
8. Emerick, G., G. De Oliveira, A. dos Santos y M. Ehrich. 2012. Mechanisms for consideration for intervention in the development of organophosphorus-induced delayed neuropathy. *Chem. Biol. Interact.* 199(3): 177-184.
9. European Commission. 2015. PLANTS - EU Pesticide database. http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/?event=pesticide.residue.selection&language=EN (consulta de 10/04/2015).
10. FAO. 2015. FAOSTAT. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (consulta del 10/04/2015).
11. FAO y WHO. 2013. Codex Alimentarius-Pesticide Residues in Food and Feed- Pesticide Index. <http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/pesticides/index.html> (consulta del 10/04/2015).
12. Fernandes, V., V. Domingues, N. Mateus y C. Deluere-Matos. 2011. Organochlorine pesticide residues in strawberries from integrated pest management and organic farmin. *J. Agric. Food Chem.* 59(14): 7582-7591.
13. Flores-García, M., Y. Molina-Morales, A. Balza-Quintero, P.R. Benítez-Díaz y L. Miranda-Contreras. 2011. Residuos de plaguicidas en aguas para consumo humano en una comunidad agrícola del estado Mérida, Venezuela. *Invest. Clin.* 52(4): 295-310.
14. Frye, C., E. Bo, G. Calamandrei, L. Calzà, F. Dessì-Fulgheri, M. Fernández, L. Fusani, O. Kah, M. Kajta, Y. Le Page, H.B. Patisaul, A. Venerosi, A.K. Wojtowicz y G.C. Panzica. 2011. Endocrine disruptors: A review of some sources, effects, and mechanisms of actions on behaviour and neuroendocrine system. *J. Neuroendocrinology* 24(1): 144-159.
15. García, C., G. Albendi y J. Molina. 2012. Potencial de uso de extractos vegetales disponibles comercialmente en el manejo integrado de plagas de la fresa. *Bo. San. Veg. Plagas* (35): 223-232.
16. Gebara, A., C. Ciscato, S. Monteiro y G. Souza. 2011. Pesticide residues in some commodities: dietary risk for children. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 86(5): 506-510.
17. Gómez-Arroyo, S., C. Martínez-Valenzuela, Y. Carbajal-López, A. Martínez-Arroyo, M.E. Calderón-Segura, R. Villalobos-Pietrini y S.M. Waliszewski. 2013. Riesgo genotóxico por la exposición ocupacional a plaguicidas en América Latina. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (Número especial sobre plaguicidas): 159-180.
18. Harrison, B.A., E. Chou, J.M. Gray, N.J. Pokyrwka y K.M. Raley-Susman. 2013. Mancozeb-induced behavioral deficits precede structural neural degeneration. *Neurotoxicology* 34: 74-81.
19. Jardim, A. y E. Caldas. 2012. Brazilian monitoring programs for pesticide residues in food - Results from 2001 to 2010. *Food Control* 25(2): 607-616.
20. Meng, S.L., J.Z. Chen, P. Xu, J.H. Qu, L.M. Fan, C. Song y L.P. Qiu. 2014. Hepatic antioxidant enzymes SOD and CAT of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in response to pesticide methomyl and recovery pattern. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 92(4): 388-392.
21. Miranda-Contreras, L., R. Gómez-Pérez, G. Rojas, I. Cruz, L. Berrueta, S. Salmen, M. Colmenares, S. Barreto, A. Balza, L. Zavala, Y. Morales, Y. Molina, L. Valeri, C.A. Contreras y J.A. Osuna. 2013. Occupational exposure to organophosphate and carbamate pesticides affects chromatin integrity and reproductive hormone levels among venezuelan farm workers. *J. Occup. Health* 55(3): 195-203.
22. Mnif, W., A.I. Hassine, A. Bouaziz, A. Bartegi, O. Thomas y B. Roig. 2011. Effect of endocrine disruptor pesticides: a review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 8(6): 2265-2303.
23. Molina-Morales, Y., M. Flores-García, A. Balza-Quintero, P. Benítez-Díaz y L. Miranda-Contreras. 2012. Niveles de plaguicidas en aguas superficiales de una región agrícola del estado Mérida, Venezuela, entre 2008 y 2010. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 28(4): 289-301.

24. Muñoz-Quezada, M., B. Lucero, V. Iglesias y M. Muñoz. 2014. Vías de exposición a plaguicidas en escolares de la Provincia de Talca, Chile. *Gac. Sanit.* 28(3): 190-195.
25. PAN International. 2014. PAN International List of Highly Hazardous Pesticides, Hamburg, Germany: PAN International c/o PAN Germany.
26. PAN. 2014. PAN Pesticides Database - Chemicals. http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC35080. (consulta del 10/04/2015).
27. Pérez, M. 2013. Residuos de plaguicidas en hortalizas: Problemática y riesgo en México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (Número especial sobre plaguicidas): 45-64.
28. Pérez de Camacaro, M., M. Ojeda, N. Mogollón y A. Giménez. 2013. Efecto de diferentes sustratos y ácido giberélico sobre el crecimiento, producción y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Camarosa. *Bioagro* 25(1): 31-38.
29. SAICM (Strategic Approach to International Chemical Management). 2013. Documento de reflexión inicial sobre los plaguicidas disruptores endocrinos y el enfoque estratégico para la gestión de productos químicos a nivel internacional. México, DF. SAICM/RM/LAC. 4/INF/10/Rev.1
30. Topuz, S., G. Ozhan y B. Alpertunga. 2005. Simultaneous determination of various pesticides in fruit juice by HPLC-DAD. *Food Control* 16(1): 87-92.
31. University of Hertfordshire. 2014. Pesticide Properties DataBase. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/Reports/424.htm>. (consulta de 10/04/2015).
32. Vicente, A., J.F. Arqués, J.R. Villalbí, F. Centrich, E. Serrahima, X. Llebaria y C. Casas. 2004. Plaguicidas en la dieta: aportando piezas al rompecabezas. *Gac. Sanit.* 18(6): 425-430.
33. Vogt, R., D. Bennett, D. Cassady, J. Frost, B. Ritz y I. Hertz-Picciotto. 2012. Cancer and non-cancer health effects from food contaminant exposures for children and adults in California: a risk assessment. *Env. Health* 11(83): 2-14.