

Residuos de pesticidas organoclorados en leche pasteurizada distribuida en Montería, Colombia

Organochlorine insecticide residues in pasteurized milk distributed in Monteria Colombia

Edineldo Lans-Ceballos, Mauro Lombana-Gómez y José Pinedo-Hernández

Recibido 13 junio 2015 / Enviado para modificación 10 febrero 2017 / Aceptado 12 febrero 2018

RESUMEN

EL: Lic. Química y Biología. Esp. Química de Aguas. M. Sc. Ciencias Químicas. Docente Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Química. Grupo de Investigaciones en Aguas Pesticidas y Metales Pesados. Montería, Colombia.

edilac5201@gmail.com

ML: Químico. M. Sc. Ciencias Químicas. Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Química. Grupo de Investigaciones en Aguas Pesticidas y Metales Pesados. Montería, Colombia.

mauro.norssate@gmail.com

JP: Químico. M. Sc. Ciencias Ambientales, Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Química. Grupo de Aguas, Química Aplicada y Ambiental, Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental. Montería, Colombia. joseph@hotmail.com

Objetivo Determinar y cuantificar residuos de pesticidas organoclorados en leche de vaca pasteurizada distribuida en la ciudad de Montería, Colombia.

Materiales y Métodos Se colectaron y analizaron 144 muestras durante seis meses (junio–diciembre 2013) de ocho marcas comerciales identificadas como A, B, C, D, E, F, G, H. Mensualmente se realizó un muestreo simple por atributo. Los POCs (puntos de contacto) fueron determinados usando un cromatógrafo de gas con detector captura de electrones, columna capilar RTX-5 (30.0 m longitud x 0.25 mm diámetro interno, 0.25 µm espesor de película).

Resultados En las muestras analizadas se observó la presencia de pesticidas organoclorados, excediendo el Límite Máximo Residual establecido por el Codex Alimentarius. Las concentraciones encontradas fueron: 0.53; 0.15; 0.57; 0.40; 0.22; 0.20; 0.014; 0.002 y 0.028 mg/Kg de $\Sigma\alpha$ -HCH/ β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, Σ Aldrin/Dieldrin, Σ Heptachloro/Heptachloro epóxido, Endrin, α -Clordano, γ -Clordano y Endosulfán I, respectivamente. La marca con mayor número de residuos de pesticidas detectados durante el estudio fue la A. La marca G presentó mayor concentración de residuos de pesticidas totales con 1.46 mg/Kg. Las marcas C y D presentaron concentraciones menores de 0.72 y 0.0016 mg/Kg, δ -HCH y γ -Clordano respectivamente.

Conclusiones Las muestras de leche pasteurizada bajo estudio, presentan residuales de pesticidas organoclorados por encima del límite máximo residual establecidos por el Codex Alimentarius, indicando un riesgo para la salud pública especialmente para los niños que es un subgrupo de la población más vulnerable.

Palabras Clave: Pesticidas; pasteurización; salud pública (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

Objectives To determine and quantify organochlorine pesticide residues in pasteurized cow's milk distributed in the city of Montería, Colombia.

Materials and Methods 144 samples were collected and analyzed for six months (June–December 2013) from eight commercial brands identified as A, B, C, D, E, F, G, H. Simple sampling by attribute was carried out monthly. The POC (points of contact) were determined using a gas chromatograph with electron capture detector, with a capillary column RTX-5 (30.0 m long x 0.25 mm internal diameter, 0.25 µm film thickness).

Results The samples analyzed showed organochlorine pesticides, exceeding the maximum residue limit established by the Codex Alimentarius. The concentrations found were: 0.53; 0.15; 0.57; 0.40; 0.22; 0.20; 0.014; 0.002 and 0.028 mg/Kg of $\Sigma\alpha$ -HCH/ β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, Σ Aldrin/Dieldrin, Σ Heptachlor/Heptachlor epoxide, Endrin, α -chlordane, γ -chlordane and Endosulfan I, respectively. The brand with the highest number of pesticide residues detected during the study was A. The G brand had the highest concentration of total pesticide residues with 1.46mg/Kg. The C and D brands had lower concentrations with 0.72 and 0.0016mg/Kg, and δ -HCH and γ -chlordane, respectively.

Conclusions The samples of pasteurized milk under study had organochlorine pesticides residue levels above the maximum residue limit established by the Codex Alimentarius, indicating a risk to public health, especially in children, which the most vulnerable sub-group.

Key Words: Pesticides; pasteurization; public health (*source: MeSH, NLM*).

En el intento de controlar y erradicar las plagas en los cultivos, producir calidad y excelentes cosechas para alimentar a la creciente población, la aplicación de pesticidas es de gran importancia. Con los años, se ha dado la necesidad de buscar alternativas más fuertes y más eficaces para satisfacer la seguridad alimentaria, erradicar insectos y proteger plantaciones. Se estima que hasta un 45% de la cosecha mundial es destruida por enfermedades que son causadas por plagas en el reino vegetal (1), que a su vez son un eslabón importante en la cadena trófica porque a partir de las plantas, se alimentan otros seres vivos como los bovinos, porcinos, caprinos, equinos, aves, entre otros. En Colombia, los méritos de estos pesticidas no pueden ser discutidos, ya que se utilizaron masivamente formando parte esencial de la agricultura y actualmente su uso está restringido y prohibido desde la década de los años ochenta (2). Se ha establecido que la peligrosidad de los pesticidas del grupo de los organoclorados está dada por su toxicidad crónica, la persistencia de sus residuos en productos agrícolas, en animales y el medio ambiente, incrementado por el efecto acumulativo que estos compuestos tienen en tejidos adiposos de seres humanos y animales (3). En el Departamento de Córdoba el desarrollo de la ganadería intensiva favorece la producción y comercialización de leche y sus derivados. Estos alimentos sirven de vehículo a través del cual se pueden entregar cantidades poco predecibles de residuos persistentes de pesticidas, durante el proceso natural de lactancia madre-hijo, animal-cría, o mediante el consumo de leche cruda o pasteurizada, fórmulas lácteas modificadas o de sus derivados (4). Por tanto, las causas fundamentales de la presencia de residuos de pesticidas organoclorados en la leche son entre otras las inadecuadas prácticas agropecuarias (5) y la ganadería intensiva que contribuye con la producción y distribución de leche y sus derivados, que sirven como vehículo en la dispersión de estos contaminantes (4). Existen evidencias de que los residuos organoclorados son eliminados a través de la leche, transformándose de esta manera en una fuente potencial de aporte de sustancias nocivas para las crías, en una etapa temprana de su desarrollo en la que la leche es la primera y única fuente de nutrientes a partir del momento de su nacimiento, tanto para el caso del hombre como de otros mamíferos (6-7).

La toxicidad de estos compuestos ha sido confirmada en diferentes estudios, especialmente con animales (8-

12), en los que se ha encontrado que inducen actividades enzimáticas mediante radicales libres, alteran la respuesta inmunológica, afectan los procesos reproductivos, alteran el metabolismo lipídico, el transporte de vitaminas y glucosa. Algunos son considerados mutagénicos, teratogénicos o carcinogénicos (13), no sólo en la especie humana sino en las comunidades bióticas con diferentes niveles de sensibilidad. Además, se han reportado estudios realizados en Argentina y Cartagena - Colombia que muestran la presencia de pesticidas organoclorados en leche cruda (14) y leche pasteurizada respectivamente (15), así como también, en leche cruda comercializada en el Departamento de Córdoba, Colombia (16), encontrándose concentraciones que superan los Límites Máximos Residuales (LMR) establecidos por el Codex Alimentarius de 2013, (17). Debido a que la economía del Departamento de Córdoba se basa en la agricultura y ganadería, con un enfoque en la producción de carne y leche, la investigación sobre el contenido de contaminantes orgánicos persistentes en los productos de origen animal de producción local es importante. A pesar de que este estudio se realiza en la ciudad de Montería y no da cuenta de toda la región, los resultados son significativos porque es el primero que se realiza en leche de vaca pasteurizada comercializada en la ciudad. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación es monitorear los niveles de residuos de pesticidas organoclorados en leche pasteurizada comercializada en la ciudad de Montería, y dar a conocer los riesgos a que está expuesta la población por el consumo de este producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área y tipo de estudio

La ciudad de Montería, capital del Departamento de Córdoba, es el centro ganadero, agroindustrial y cultural más importante de la región Caribe Colombiana (18). Se encuentra ubicada al noroccidente de Colombia (8044'52"N-75°52'53"O), sobre un área aproximada de 3 141 km² y 18 m por encima del nivel del mar. Este estudio es de carácter descriptivo.

Recolección y conservación de muestras

Durante los meses de junio a diciembre de 2013 en supermercados de la ciudad de Montería, fueron colectadas tres muestras por marca comercial de leche pasteurizada.

Las muestras en bolsas (500 mL), tomadas en condiciones asépticas, se identificaron como A, B, C, D, E, F, G y conservadas a temperatura de 40°C, para su posterior tratamiento y análisis. Para la recolección de las muestras se utilizó un muestreo simple por atributos siguiendo las directrices generales sobre muestreo, CAC/GL 50-2004 del Codex Alimentarius (19).

Equipos y materiales T4

Se utilizó un cromatógrafo de gases (GC) marca Perkin Elmer Autosystem XL, detector de captura de electrones (^{63}Ni) y columna capilar RTX-5 (30 m x 0,25 mm i.d., 0,25 μm , Supelco Inc., Co., Bellefonte, PA). Cromatógrafo de gas acoplado a masas GC/MS, Thermo Trace Ultra con ionización: impacto electrónico y rastreo de modo ion selectivo, para la confirmación de los compuestos. Para las determinaciones se utilizó el método 8081^a de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) previamente validado (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de control analítico

Pesticida	%R	% DER	LD (mg Kg ⁻¹)	LC (mg Kg ⁻¹)
α -HCH	91,7	2,75	2,83E-04	2,83E-03
β -HCH	93,7	1,22	1,02E-04	1,02E-03
γ -HCH	94,9	4,75	1,00E-04	1,00E-03
δ -HCH	89,6	2,91	1,05E-04	1,05E-03
Heptacloro	95,7	1,68	9,10E-05	9,10E-04
Heptacloro Epóxido	92,1	1,35	1,83E-04	1,83E-03
α -Clordano	92,9	1,95	1,23E-04	1,23E-03
γ -Clordano	91,8	4,93	8,70E-05	8,70E-04
Aldrin	94,2	4,90	9,30E-05	9,30E-04
Dieldrin	94,8	4,96	9,60E-05	9,60E-04
Endrin	88,4	5,66	1,03E-04	1,03E-03
Endrin Aldehído	89,7	2,63	1,19E-04	1,19E-03
Endosulfán I	94,0	3,42	1,32E-04	1,32E-03
Endosulfán Sulfato	90,2	3,40	1,03E-04	1,03E-03
4,4-DDT	96,0	2,56	9,20E-05	9,20E-04
4,4-DDD	95,2	3,38	1,95E-04	1,95E-03

%R: recuperación; DER: desviación estándar relativa; LD: Límite de detección; LC: Límite de Cuantificación

Extracción, limpieza y procedimiento analítico

La técnica de extracción y limpieza utilizada fue la reportada por Díaz (16). Brevemente: 1.0 gramo de tierra silíceo (G.5-40 μm Merck) fue empacado en columna de vidrio 1.3 cm i.d. Un mL de leche pasteurizada fue vertido en la columna y eluída con 25.0 mL n-hexano-acetona-acetato de etilo (4:2:1) + 30 mL de metanol/hexano (5%v/v). El eluato se evaporó a sequedad usando un rota evaporador a 70°C y 60 r.p.m y se adicionó 1.0 mL de n-hexano. Se utilizó la técnica de extracción en fase sólida (SPE), empleando cartucho C-18; acondicionado eluyendo 6.0 mL $\text{MeOH}/\text{H}_2\text{O}$ (1:1 v/v) + 6.0 mL acetonitrilo/acetato de etilo (3:2). El extracto se eluyó con 6.0 mL de n-hexano. El

eluato se evaporó a sequedad empleando las condiciones anteriormente mencionadas. El residuo se llevó hasta 1.0 mL con n-hexano. Se inyectaron 2.0 μL del extracto en un cromatógrafo de gases, conectado a un PC con un software Turbochrom Navigator para la adquisición de datos y control de las condiciones instrumentales. Como gas de arrastre se utilizó N_2 , con flujo de 60 mL/min, presión (12 psi), inyección splitless, temperatura del inyector (2000°C) y temperatura del detector de 3000°C. La temperatura programada del horno fue: inicial (1000°C/2min), incrementos 15°C/min hasta 160 °C/6min, 30°C/min hasta 250°C, sostenida por 10 min, temperatura final del análisis.

Control de calidad analítica

La Tabla 1 muestra los parámetros de control y aseguramiento de la calidad para el análisis de POCs. El control de calidad incluye la calibración del instrumento usando estándares certificados: se preparó una mezcla estándar de 16 pesticidas organoclorados (Supelco) α -HCH, β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehído, Heptacloro, Heptacloro epóxido, α -Clordano, γ -Clordano, Endosulfán I, Endosulfán Sulfato; 4,4-DDD y 4,4-DDT preparada en metanol y n-hexano grado cromatográfico (20); análisis de muestras dopadas y blancos acorde a los recomendado a la EPA. El coeficiente de determinación, pendiente y intercepto de la curva se evaluaron cada 12 muestras empleando un estándar conocido. La cuantificación se llevó a cabo por el método del estándar externo. El análisis de pesticidas fue confirmado por espectrometría de masas. El coeficiente de correlación (R) fue >0,996.

Análisis estadístico

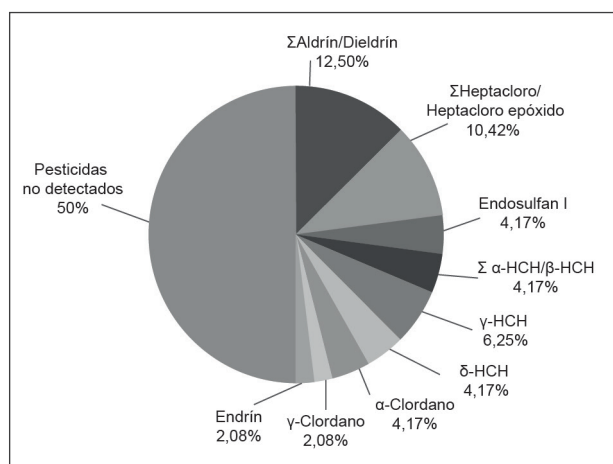
El resultado del análisis de cada muestra se presenta como el promedio ($\pm$) las desviaciones estándar de las muestras analizadas por triplicado. Para evaluar diferencias estadísticamente significativas entre la concentración de un POC encontrado en diferentes marcas de leche pasteurizada se realizó análisis de varianza (ANOVA). El criterio de significancia se estableció $p < 0.05$. El análisis estadístico se realizó con el software Statgraphics Plus 2.0.

RESULTADOS

Los pesticidas organoclorados se encuentran entre los organotoxinas más importantes. Entre las propiedades fisicoquímicas de estas toxinas está especialmente su alta solubilidad en lípidos, que facilitan la absorción y almacenamiento de estas en el cuerpo humano y animales. La existencia de estas toxinas en la leche que es uno de los alimentos más ampliamente usado y característico por contener lípidos, puede ser un índice cualitativo y

cuantitativo de la presencia de estas toxinas en el cuerpo de los animales. La Figura 1 indica el porcentaje de muestras que presentan concentraciones de pesticidas en leche pasteurizada. De las muestras estudiadas ($n=144$) el 50% presento residuos de por lo menos un plaguicida. La relación de porcentaje en función de pesticidas en las diferentes marcas evaluadas fue: Σ Aldrín/Dieldrín (12,5%), Σ Heptacloro/Heptacloro epóxido (10,4%), Endosulfán I (4,2%), $\Sigma\alpha$ -HCH/ β -HCH (4,2%), γ -HCH (6,3%), δ -HCH (4,2%), α -Clordano (4,2%), γ -Clordano (2,1%) y para Endrín (2,1%).

Figura 1. Porcentaje de plaguicidas organoclorados en función del número de marcas comerciales.



La Tabla 2, muestra la razón (X/LMR), donde las concentraciones de cada compuesto (Σ Aldrín/Dieldrín,

α -Clordano; $\Sigma \alpha$ -HCH/ β -HCH, γ -HCH, δ -HCH, Σ Heptacloro/ Heptacloro epóxido, Endosulfán y Endrín), se encuentran por encima de lo establecido por Codex Alimentarius en todas las marcas comerciales excepto la D, donde γ -Clordano < 1.0 . Especial interés muestra la marca G donde la razón (X/LMR) para la Σ Aldrín/Dieldrín > 100 excediendo los LMR establecidos por la FAO/OMS (17). Sin embargo, se observó que la razón (X/LMR) de γ -HCH (Lindano), es 1.0 en la marca comercial H.

La Tabla 3 muestra las concentraciones en $mg.kg^{-1}$ (grasa de leche) de residuos de POCs estudiados. Los pesticidas que se encontraron en mayor concentración fueron $\Sigma\alpha$ -HCH/ β -HCH y δ -HCH con valores de 0,62 y 0,72 mg/kg , en las marcas B y C respectivamente, lo que indica, menor grado de degradación a γ -HCH, que presentó concentración promedio de 0,15 mg/kg . Los diferentes isómeros de HCH son considerados Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs) dado que son, liposolubles (bioacumulación), volátiles (facilitan el transporte a grandes distancias), altamente tóxicos y peligrosos. Estas características afectan la salud del ser humano; e implican una regulación muy restrictiva relacionada con su producción y uso. Las marcas A, G, H y E presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para pesticidas γ -HCH (lindano) y Σ Aldrín/Dieldrín. Los pesticidas α y γ -Clordano, presentaron las menores concentraciones. La concentración promedio de pesticidas organoclorados totales fue mayor en las marcas E y G. Cabe resaltar, no se detectaron residuos de DDT, ni sus metabolitos en las muestras analizadas.

Tabla 2. Porcentaje de plaguicidas organoclorados en leche pasteurizadas superiores al límite permisible

Marca Comercial	Pesticida	LMR	Muestras (+)	% >LMR	X/LMR
A	γ - HCH	0,010	3	0,0	0,0
	Σ Aldrín/ Dieldrín	0,006	3	16,7	44,5
	Σ Heptacloro/ heptacloro epóxido	0,006	9	50,0	20,0
	Endosulfan I	0,010	3	16,7	1,5
	α -Clordano	0,002	3	16,7	4,2
B	$\Sigma \alpha$ HCH/ β -HCH	0,010	3	16,7	62,1
C	δ -HCH	0,010	3	16,7	41,0
	δ -HCH	0,010	3	16,7	72,0
D	γ -Clordano	0,002	3	0,0	0,8
E	$\Sigma \alpha$ HCH/ β -HCH	0,100	3	16,7	4,3
	Σ Aldrín/Dieldrín	0,006	3	16,7	76,7
	Σ Heptacloro/ heptacloro epóxido	0,006	6	33,3	53,3
F	Endosulfan I	0,010	3	16,7	4,0
	α -Clordano	0,002	3	16,7	10,0
G	γ - HCH	0,010	3	16,7	43,0
	Σ Aldrín/ Dieldrín	0,006	6	33,3	138,3
	Endrín	0,050	3	16,7	4,0
H	γ - HCH	0,010	3	0,0	1,0
	Σ Aldrín/Dieldrín	0,006	6	33,3	2,7

LMR: Límite Máximo Residual (mg/Kg de grasa de leche). Codex Alimentarius 2013

Tabla 3. Concentración de plaguicidas organoclorados (mg/kg) en muestras de leche pasteurizadas

Pesticidas	Marca Comercial								Promedio $\pm$ S
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Σ Aldrin/ Dieldrin	0,27	-	-	-	0,46	-	0,83	0,016	0,39 $\pm$ 0,0094
Σ Heptacloro/ Heptacloro epóxido	0,12	-	-	-	0,32	-	-	-	0,22 $\pm$ 0,0053
Endosulfan I	0,015	-	-	-	-	0,04	-	-	0,028 $\pm$ 0,0007
Σ α -HCH/ β -HCH	-	0,62	-	-	0,43	-	-	-	0,53 $\pm$ 0,013
γ -HCH	0,0003	-	-	-	-	-	0,43	0,01	0,147 $\pm$ 0,0035
δ -HCH	-	0,41	0,72	-	-	-	-	-	0,56 $\pm$ 0,013
α -Clordano	0,0083	-	-	-	-	0,02	-	-	0,014 $\pm$ 0,0003
γ -Clordano	-	-	-	0,0016	-	-	-	-	0,0016 $\pm$ 0,0000
Endrin	-	-	-	-	-	-	0,20	-	0,20 $\pm$ 0,0048

S: desviación estándar

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación, evidencian el grado de contaminación de leche pasteurizada distribuida en la ciudad de Montería. Donde todas las marcas contenían por lo menos alguno de los pesticidas monitoreados. Aunque las concentraciones fueron bajas constituyen un riesgo para la salud de la población Monteriana, dado el lugar que ocupa este alimento en la canasta familiar. Lo anterior indica que el proceso de pasteurización no destruye los pesticidas. En general, los resultados superan los LMR recomendado por el Codex Alimentarius. Además, son similares a los resultados reportados por Ruiz (14), con la presencia de pesticidas organoclorados en leche materna, (Heptacloro y su epóxido, Aldrin, Dieldrin, DDT, HCH, Clordano, Lindano, Endosulfán, y Endrin). Real (4), con niveles altos de $\Sigma\alpha$ -HCH/ β -HCH, Σ Aldrin/Dieldrin y Endrin en leche comercializada en la ciudad de México y $x/\text{LMR} > 1$. Castilla (15) con presencia de γ HCH, α -Clordano, γ -Clordano y Endosulfán I en leche pasteurizada comercializada en Cartagena, Colombia). La frecuencia de aparición y la concentración de Dieldrin y Aldrin son similares con las reportadas por Izquierdo (23) en leche pasteurizada comercializada en Cartagena, pero con valores más altos que los reportados por Avancini (24) en Mato Grosso do Sul-Brasil en el 2010.

Los resultados de este estudio indican la necesidad de monitorear estos contaminantes, con enfoques íntegros capaces de ayudar en las medidas de vigilancia y control de la leche pasteurizada distribuida en la ciudad de Montería. Independientemente de la fuente, estos compuestos no deben estar en la leche destinada al consumo humano, ya que puede afectar negativamente a la salud especialmente a la población infantil que es la más vulnerable.

Las Resoluciones 10255 y 1849 del Ministerio de Salud en Colombia prohíben el uso de α -Clordano y Endrin. El control de los productos alimenticios dispuesto en las resoluciones anteriores constituye una importante tarea de

vigilancia compartida por las instituciones competentes en materia de Agricultura y Sanidad. Pero, desde el punto de vista sanitario, es además muy importante valorar la exposición real a los residuos de pesticidas presentes en el conjunto de la dieta y determinar su relación con los valores toxicológicos de referencia. De acuerdo al estudio de Tsiplakou en el 2010 (26), varios pesticidas se han encontrado como factores que contribuyen a la enfermedad de Alzheimer Parkinson y enfermedades del corazón. La presencia de pesticidas en forrajes y piensos de animales lecheros es indicio que pueden ser asimilados en sus sistemas corporales contaminando la leche y carne (21,27). Además, parece ser que algunos pesticidas organoclorados se encuentran en mayor concentración en las niñas comparado con los niños, así como también una mayor presencia de estos compuestos en niños amamantados que en aquellos alimentados con fórmula (28).

La presencia de Σ Heptacloro/Heptacloro epóxido en las marcas comerciales A y E, con 50% y 33,3%, respectivamente de las muestras analizadas, está relacionada posiblemente con el uso de este pesticida en el cultivo de maíz, granos, sorgo, que luego son empleados en la alimentación animal o en la elaboración de ensilajes, heno o concentrados alimenticios (29). Con este resultado se confirma lo reportado por Díaz en el 2012 (16), que determinaron en leche cruda comercializada en el Departamento de Córdoba, niveles de 4,4-DDT, α -HCH, δ -HCH, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptacloro, Heptacloro epóxido y γ -Clordano, con concentraciones entre 0,0271 y 0,4696 mg/kg, estimando que la población adulta mayor que habita en las subregiones Sinú Medio, San Jorge y Sabanas, se encuentran expuestas a un alto riesgo en la salud, asociado con los niveles de α -HCH, Aldrin y Dieldrin superiores a LMR establecidos por el Codex Alimentarius. Lo anterior muestra la biodisponibilidad de estos compuestos en el Departamento de Córdoba (Colombia) y que es comparable con un estudio similar que se realizó en Jordania por el uso excesivo de HCH durante los pro-

cesos agrícolas (30). Por lo cual, durante décadas se ha producido una gran cantidad de mezclas heterogéneas de diferentes isómeros con residuos de HCH que han sido vertidos sin control al medio ambiente (22). En las ocho marcas de leche pasteurizadas se evidencia la presencia de Σ Aldrín/Dieldrín, $\Sigma\alpha$ -HCH/ β -HCH, α -Clordano, Endosulfán I, Endrín, δ -HCH y Σ Heptacloro/Heptacloro epóxido, con concentraciones promedio $>$ LMR. La marca con mayor número de residuos de POCs durante el estudio fue la A (γ -HCH, Σ Aldrín/Dieldrín, Σ Heptacloro/Heptacloro epóxido, α -Clordano y Endosulfán I) con niveles de concentración total de pesticidas 0,4104 mg/kg. Sin embargo, la marca G presentó mayor concentración de residuos de POCs totales de 1,4600 mg/kg de grasa de leche. Mientras que las marcas C y D presentaron menor número de pesticidas, (δ -HCH y γ -Clordano) con concentraciones de 0,7200 y 0,0016 mg/kg, respectivamente. En general todas las marcas, mostraron presencia de POCs y algunas sobrepasan el LMR para estos compuestos, indicando el poco control que ejercen las autoridades responsables en materia de salud pública a nivel municipal y departamental.

La presencia de contaminantes organoclorados en alimentos, matrices biológicas y ambientales es bien conocida. No se conocen estudios sobre residuos de pesticidas organoclorados en leche pasteurizada en Córdoba, siendo esta una región ganadera y agroindustrial. Como se ha mencionado, los pesticidas organoclorados se acumulan en la grasa de los animales dada su liposolubilidad y persistencia, por tanto, es lógico que sea en los alimentos de origen animal (pescados, huevos, leche y productos lácteos) donde se han encontrado residuos con mayor frecuencia. Estos resultados sugieren ejercer un mayor control por parte de las autoridades competentes sobre la calidad de leche pasteurizada distribuida en la ciudad de Montería lo que permite reducir el riesgo que representa para la salud humana consumir productos con altas concentraciones de POCs. Concentraciones altas de POCs encontradas en nuestro estudio, evidencian la posibilidad que se estén utilizando en la actualidad estos pesticidas para el control de plagas y malezas en los cultivos que son empleados en la alimentación animal o en la elaboración de ensilajes, heno o concentrados alimenticios (4,10,31). Por lo tanto, es necesario continuar monitoreando los residuos de POC en leche, en productos de otros animales y vegetales producidos en la región Cordobesa. Esta región, aún requiere estudios adicionales para examinar a fondo la contaminación por pesticidas en otros alimentos y agua para consumo humano, ya que se sabe los tratamientos convencionales del agua no remueven pesticidas, dando más bien unos subproductos más contaminantes cuando

se aplica el proceso de desinfección con cloro. También es importante continuar monitoreando las tendencias de dichos contaminantes en el medio ambiente después que las restricciones y prohibiciones han entrado en vigor en el territorio Colombiano. Otros estudios permitirán una visión general de estos contaminantes en las áreas que contribuyen a los riesgos de exposición desde el punto de vista de la seguridad alimentaria ♦

Conflicto de intereses: Ninguno.

REFERENCIAS

1. Bhandi M, Taneja A. Contamination of vegetables of different seasons with organophosphorus pesticides and related health risk assessment in Northern India. *Chemosphere*. 2007; 69(1):63-68.
2. Nivia E. Prohibición del endosulfán en Colombia. Breve Historia, Boletín de la Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá, Colombia. *Entomología*. 2001; 29(9):1-2-11.
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 4770 Buford Hwy NE, Atlanta, GA 30341. Last updated on March 3, 2011. Accessed 8-12-14.
4. Real M, Ramírez A, Pérez E, Noa M. Residuos de plaguicidas organoclorados en leche cruda y pasteurizada de la zona metropolitana de Guadalajara, México. *Rev. Salud Anim.* 2005; 2:48-54.
5. Ennaceur S, Gandoura N, Driss MR. Organochlorine pesticide residues in human milk of mothers living in northern Tunisia. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2007; 78 (5):325-329.
6. Nag SK, Raikwar MK. Organochlorine pesticide residues in bovine milk. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2008; 80 (1):5-9.
7. Behrooz RD, Sari AE, Bahramifar N, Ghasempouri SM. Organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in human milk from the Southern Coast of Caspian Sea, Iran. *Chemosphere*. 2009; 74(7):931-937.
8. Padilla BV, Díez SF, Ordoñez GS. Tratamiento de Efluentes Acuáticos Contaminados con Compuestos Organoclorados., *Ingeniería del Agua*, 2005; 12(4):361-375.
9. Ardila A, Alba N, Montes de Correa C. Una revisión bibliográfica sobre hidrodechloración catalítica en fase líquida. *Revista de Ingeniería e investigación*. 2007; 27(3):52-64.
10. Alavanja M. Pesticides use and exposure extensive worldwide. *Rev Environ Health* 2009; 24(4):303-9.
11. Castilla Pinedo, Y., Mercado Martínez, I. D., & González Silva, G. (2012). Determination and quantification of the levels of organochlorine compounds on pasteurized milk. *Producción+ Limpia*, 7(1), 19-31.
12. Salcedo A, Díaz S, González J, Rodríguez A, Varona M. Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del río Bogotá (Suesca) y en el pez Capitán. *Rev Cienc Salud*. 2012; 10:29-41.
13. Niell S, Pareja L, Asteggianti LG, Roehrs R, Pizzutti IR, Garca C, Cesio MV. Development of methods for multiresidue analysis of rice post-emergence herbicides in loam soil and their possible applications to soils of different composition. *Journal of AOAC International*. 2010; 93(2):425-431.
14. Ruiz A, Wierna N, Bovi M. Plaguicidas organoclorados en leche cruda comercializada en Jujuy (Argentina). *Rev Toxicol*. 2008; 25(1):61-66.
15. Castilla Y, Alvis L, Alvis N. Exposición a organoclorados por ingesta de leche pasteurizada comercializada en Cartagena, Colombia. *Rev. Salud pública (Bogotá)*. 2010; 12(1):14-26.
16. Díaz B, Lans E, Barrera JL. Residuos de insecticidas organoclorados presentes en leche cruda comercializada en el departamento de Córdoba, Colombia. *Acta Agronómica*. 2012; 61(1):10-15.
17. Codex Alimentarius. Pesticide residues in food. Maximum residue limits. 2 ed. Roma; Codex Alimentarius: 2013. Accessed 8-05-15. <https://goo.gl/PjbjRr>.

18. Galvis LA. Geografía económica del Caribe Continental. Documentos de trabajo sobre economía regional No.119. Banco de la Republica: Centros de Estudios Económicos Regionales (CEER) - Cartagena. 2009; ISSN 1692-3715.
19. Codex Alimentarius. Directrices Generales Sobre Muestreo CAC/GL 50-2004. Roma: Codex Alimentarius; 2004.
20. Sandau CD, Sjödin A, Davis MD, Barr JR, Maggio VL, Waterman AL, Preston KE, Preau JL, Barr DB Jr, Needham LL, Patterson DG Jr. Comprehensive solid-phase extraction method for persistent organic pollutants. Validation and application to the analysis of persistent chlorinated pesticides. *Analytical Chemistry*. 2003; 75(1):71-77.
21. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2002. *Reseña Toxicológica del Aldrín/Dieldrín*. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. Revisada Marzo 2010.
22. Calvelo R, Monterroso MC, Macías F. El hexaclorociclohexano (HCH) *Edafología*. 2008; 15(1,2,3):3-24.
23. Izquierdo P, Allara M, Torres G, García A, Piñero M. Residuos de plaguicidas organoclorados en fórmulas infantiles. *Revista Científica*. 2004; 14(2):1-13.
24. Avancini RM, Silva IS, Rosa AC, Simoes AC, de Novaes P, de Mesquita SA. Organochlorine compounds in bovine milk from the state of Mato Grosso do Sul-Brazil. *Chemosphere*. 2013; 90(9):2408-13.
25. Bayat S, Esmaili A, Bahramifar N, Younesi H, Dahmarde R. Survey of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in commercial pasteurized milk in Iran. *Environ Monit Assess*. 2010; 175:469-474.
26. Tsiplakou E, Anagnostopoulos CJ, Liapis K, Haroutounian SA, Zervas G. Pesticides residues in milks and feedstuff of farm animals drawn from Greece. *Chemosphere*. 2010; 80:504-512.
27. Hernández M, Vidal JV, Marrugo JL. Plaguicidas organoclorados en leche de bovinos suplementados con residuos de algodón en San Pedro, Colombia. *Rev. Salud Pública*. (Bogotá). 2010; 12:982-989.
28. Grimalt JO, Carrizo D, Garí M, Font-Ribera L, Ribas-Fito N, Torrent M, Sunyer J. An evaluation of the sexual differences in the accumulation of organochlorine compounds in children at birth and at the age of 4 years. *Environmental Research*. 2010; 110(3):244-50.
29. Sheikh SA, Mirani BN, Panhwar AA, Nizamani SM, Mastoi S. Pesticide residues composition of milk samples of female farm workers. *International Journal of Research*. 2014; 1(10):1627-37.
30. Salem NM, Ahmad R, Estaitieh H. Organochlorine pesticide residues in dairy products in Jordan. *Chemosphere*. 2009; 77: 673-678.
31. Lara DM. Residuos químicos en alimentos de origen animal: problemas y desafíos para la inocuidad alimentaria en Colombia. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 2013; 9(1):124-153.