

Plaguicidas organoclorados en leche de bovinos suplementados con residuos de algodón en San Pedro, Colombia

Organochlorine pesticides in cows'milk supplemented with cotton waste in San Pedro, Colombia

Mariluz Hernández¹, Jhon V. Vidal¹ y José L. Marrugo²

1 Universidad de Sucre, Facultad de Educación y Ciencias. Departamento de Biología. Sincelejo, Colombia. maryluz282@gmail.com, johnvidavi@yahoo.com

2 Universidad de Córdoba. Montería, Colombia. jlmarrugon@yahoo.com

Recibido 25 Febrero 2010/Enviado para Modificación 12 Noviembre 2010/Aceptado 29 Noviembre 2010

RESUMEN

Objetivo Evaluar la presencia de plaguicidas organoclorados (OCPs) en leche cruda bovina procedente de fincas de tradición algodonera del municipio de San Pedro, Sucre.

Materiales y métodos Se tomaron 48 muestras de leche procedente de tres fincas ganaderas, dos de ellas con tradición en la suplementación alimenticia con semillas y soca de algodón, y se les determinó la concentración de OCPs por cromatografía gaseosa empleando un detector de microcaptura de electrones (μ ECD).

Resultados El 100 % de las muestras presentaron algún tipo de OCPs, y las concentraciones más altas correspondieron a los plaguicidas Endrin, DDT y Aldrin, con 0,62, 0,59 y 0,52 μ g/mL, respectivamente. Las fincas que suplementaron con soca de algodón tuvieron una mayor presencia y concentración de OCPs en leche que las muestras provenientes de la finca que no realizaba esta práctica.

Conclusión A pesar que la mayoría de los plaguicidas organoclorados están prohibidos en el país desde 1986, aún se presentan residuos en las muestras de leche cruda analizadas provenientes de fincas con tradición en el cultivo de algodón, generando un riesgo de salud pública a los consumidores.

Palabras Clave: Insecticidas organoclorados, leche, cromatografía de gases, salud pública (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

Objective Ascertain the presence of organochlorine pesticides (OCPs) in raw milk from cows grazing on traditional cotton farms in San Pedro, Sucre, Colombia. Materials and methods 48 samples were taken from three cattle farms; two of them used cotton seed and soca dietary supplement. OCP concentration was determined by gas chromatography (GC) using an electron captured detector (μ -ECD).

Results 100 % of the samples had some type of OCPs and Endrin, DDT and Aldrin pesticides had the highest concentrations (0.62, 0.59 and 0.52 μ g/mL, respectively). Farms supplementing feed with soca cotton had the greatest OCP presence and

concentration in milk samples compared to samples from farms which did not engage in this practice.

Conclusion Although most OCPs have been banned in Colombia since 1986, residues are still being presented in raw milk samples tested from cottongrowing farms, thereby creating a public health risk for consumers.

Key Words: Insecticide, organochlorine, gas chromatography, public health (*source: MeSH, NLM*).

La Región Caribe Colombiana, sufre de sequías prolongadas que disminuyen drásticamente la disponibilidad de pastos, presentándose problemas de desnutrición en el ganado bovino (1,2). Esto conlleva a que en zonas aldoneras, se emplee la semilla entera y soca¹ de algodón como fuente de alimentación debido a su abundancia, bajo costo y su alta fuente de proteínas, energía y fibra (3-6).

San Pedro, ha sido el municipio de mayor vocación aldonera del Departamento de Sucre, ubicándolo como el séptimo en productividad en el ámbito nacional (7). Hasta finales de la década de los ochenta era común el uso de insecticidas como el DDT, Toxafeno, Endrin y γ -Hexaclorociclohexano para el control de plagas en este cultivo; otros como el Aldrin, Dieldrin, Isodrin y Heptacloro, se emplearon hasta principios de los noventa; mientras que el Endosulfán ha sido el último plaguicida organoclorado utilizado por los aldoneros de la zona, inclusive se aplicó hasta la cosecha 2002-2003 (8-14).

Los plaguicidas organoclorados (OCPs), están relacionados con daños ambientales y efectos tóxicos en humanos, que incluyen teratogénesis, disrupción endocrina, alteraciones en el sistema nervioso central (SNE) (15-20); incluso, algunos como el DDT y Heptacloro están clasificados en el grupo 2B como posibles carcinogénicos en humanos, según la Agencia Internacional para la investigación del Cáncer (IARC) (21). Estos pueden permanecer en el ambiente y en los alimentos debido a sus propiedades fisicoquímicas como alto coeficiente octanol-agua, baja solubilidad en agua, y elevada persistencia (22-24). Existen registros a nivel internacional sobre la presencia de OCPs en leche bovina reportadas en áreas agrícolas (25-29); además, otros estudios como los de Vargas-Melo (30) y Castilla-Pinedo (31), reportados en Colombia, relacionan la presencia de estos contaminantes con la suplementación alimenticia de bovinos con residuos de cultivo o desechos de desmote de floricultura.

¹Nota del Editor: La soca es el brote de la cosecha del algodón.

A pesar que en el municipio de San Pedro, es tradicional la suplementación con soca y semillas de algodón al ganado, no se había evaluado la concentración de plaguicidas organoclorados en un alimento de tanta importancia para la dieta de sus pobladores como lo es la leche bovina; por lo que esta investigación tuvo como objetivo evaluar la presencia y magnitud de la concentración de OCPs en leche cruda bovina, proveniente de fincas de tradición algodонера en el municipio de San Pedro, Departamento de Sucre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio y tipo de estudio

Este estudio es de carácter descriptivo. Se realizó en tres fincas ganaderas en el municipio de San Pedro, Sucre, en el Norte de Colombia. Las fincas Santo Domingo (09°24'09.9" N, 075°04'03.9" O; 159 m.s.n.m) y La Mona (09°22'24.6" N, 075°06'31.1" O; 208 m.s.n.m) han tenido tradición en el cultivo de algodón y suplementación de semilla y soca al ganado vacuno; mientras que la segunda finca seleccionada, denominada Casa Azul (09°20'10" N, 075°05'20" O; 179 m.s.n.m.) que colinda con la propiedad La Mona, ha tenido vocación ganadera y tradicionalmente han suplementado con semillas de algodón, según lo establecido en los archivos de la cooperativa de agrónomos de San Pedro (Coopeagro).

Selección y toma de muestras

En cada una de las fincas se seleccionaron 16 reses (todas de raza Cebú), con una distribución de pesos, edades, número de partos y período de lactancia similar, y se tomó una muestra de 300 mL de leche por res, teniendo en cuenta los protocolos de higiene establecidos por Parra (32) y el decreto 616 de 2006. Una vez homogeneizada la leche, se utilizó 100 mL por muestra, que fue envasada en frascos de vidrio color ámbar previamente esterilizados. Los frascos fueron tapados con tapas metálicas y refrigerados a 4° C para transportarlos al laboratorio en neveras de poliestireno expandido, para posterior extracción y análisis de las muestras.

Extracción y análisis de las muestras

Se tomó 1 mL de leche cruda por muestra y se pasó a través de una columna de tierras diatomeas. Los plaguicidas retenidos en la columna se eluyeron con una mezcla de hexano-acetona-acetato de etilo (4:2:1). El eluato se evaporó a

sequedad usando un rotaevaporador al vacío en un baño de agua a 60° C y posteriormente se disolvió en hexano. Este extracto se pasó a través de un cartucho SPE C¹⁸ previamente acondicionado con metanol. Los plaguicidas nuevamente se eluyeron con hexano. El eluato se evaporó a sequedad y se disolvió en hexano hasta un volumen de 1 mL. Finalmente se tomó 2µL de esta solución y se inyectó en el cromatógrafo de gases para la determinación de los OCPs presentes.

Para el análisis de las muestras se utilizó un equipo para Cromatografía de gases con detector de microcaptura de electrones (µECD), Autosystem XL, PERKIN ELMER. La columna cromatográfica capilar utilizada fue Rtx -5 de fase químicamente ligada con 5 % difenil-95 % dimetil polisiloxano, de 30 m, 0.25mmID y 0.25µm de espesor de película. El tipo de inyección:

inyector split- splitless en el modo splitless. Make- up gas: nitrógeno extrapuro grado 5 (99 999 %) a un caudal de 60 mL/min. Carrier gas: Helio extrapuro grado 5 (99,99 %). Rampa de calentamiento: la temperatura de la columna fue programada desde 100 °C (2 min) hasta 160 °C con un aumento de 15 °C/min., mantenida por 6 minutos, aumenta hasta 250 °C a una rata de 3 °C/min., a esta temperatura se mantuvo por 10 minutos; acumulando un total de corrida de 52 min. La temperatura del inyector fue de 200° C y la del detector de 300° C.

Análisis de los datos

Se determinaron los porcentajes de presencia y medias de las concentraciones de los diferentes plaguicidas organoclorados encontrados en las muestras de leche bovina de las tres fincas. Para determinar diferencias estadísticamente significativas entre la concentración total de plaguicidas en leche de las tres fincas de estudio se realizó un Anova con posttest de Tukey, previa verificación de normalidad (Kolmogorov Smirnov) y de homogeneidad de varianza (Barlett).

RESULTADOS

Presencia de plaguicidas organoclorados

El 100 % de las muestras de leche bovina presentaron algún tipo de plaguicida organoclorado. Los pesticidas: *p*-DDT, Endrin y Endosulfán, fueron los que

se encontraron en mayor porcentaje con 52,6, 38,2 y 28,2 %, respectivamente. Mientras que γ -Clordano (3,7 %), Heptacloro Epóxido (10 %) y γ -BHC (10,7 %) tuvieron una menor presencia como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentaje de muestras de leche con presencia de plaguicidas organoclorados

Fincas	p- DDT	Endrin	END	Dieldrin	Aldrin	HCL	γ - BHC	β - BHC	HCLE	γ - CLD
F1	77,7	44,4	11,1	22,2	22,2	0	22,2	11,1	0	11,1
F2	50	50	33,3	16,6	0	50	0	0	0	0
F3	30	20	40	30	30	0	10	20	30	0
% Prom	52,6	38,2	28,2	23	17,4	16,7	10,7	10,4	10	3,7

END: Endosulfán; HCL: Heptacloro, HCLE: Heptacloro epóxido; γ -CLD: γ -Clordano

Cabe resaltar que el 80 % de los plaguicidas reportados en este estudio se encontraron en las muestras procedentes de las fincas 1 y 3, mientras que en la finca 2, sólo se presentaron el 50 % de los mismos.

Concentración de plaguicidas organoclorados

Los plaguicidas Endrin, *p*-DDT y Aldrin, con 0,62, 0,59 y 0,52 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente, presentaron una mayor concentración en las muestras de leche bovina analizadas, mientras que el Heptacloro Epóxido, Heptacloro y γ -Clordano, tuvieron una menor concentración, como se indica en la Tabla 2. Es de anotar que la concentración media de plaguicidas organoclorados totales fue mayor en las fincas 1 y 3, sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto a la finca 2 ($P=0,145$).

Tabla 2. Concentración de plaguicidas organoclorados ($\mu\text{g/mL}$) en las muestras de leche analizadas

Plaguicida	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Media
Endrin	0,82 \pm 0,27	0,53 \pm 0,22	0,51 \pm 0,16	0,62 \pm 0,22
<i>p</i> -DDT	0,63 \pm 0,21	0,29 \pm 0,12	0,81 \pm 0,27	0,59 \pm 0,20
Aldrin	0,54 \pm 0,18	0	0,99 \pm 0,36	0,52 \pm 0,18
END	0,15 \pm 0,05	0,26 \pm 0,10	0,65 \pm 0,21	0,35 \pm 0,12
γ -BHC	0,64 \pm 0,21	0	0,21 \pm 0,07	0,28 \pm 0,09
β -BHC	0,64 \pm 0,21	0	0,21 \pm 0,07	0,28 \pm 0,09
Dieldrin	0,08 \pm 0,03	0,25 \pm 0,10	0,21 \pm 0,07	0,18 \pm 0,07
HCL	0	0,32 \pm 0,13	0	0,11 \pm 0,04
γ -CLD	0,54 \pm 0,02	0	0	0,18 \pm 0,01
HCLE	0	0	0,23 \pm 0,07	0,08 \pm 0,02
Total	4.04	1.64	3.86	0.32 \pm 0.10

DISCUSIÓN

La presencia de algún tipo de plaguicida organoclorado en el 100 % de las muestras de leche bovina tomadas en tres fincas del municipio de San Pedro, Sucre, representa un problema de salud pública, debido a las diversas patologías asociadas a la exposición crónica a estos contaminantes, que incluyen efectos depresivos en el sistema inmune como los ocasionados por los tres compuestos que presentaron mayores concentraciones en este estudio (DDT, Endrin, Aldrin), así como alteraciones endocrinas asociadas a la exposición a DDT, como lo establece Fisher (33); quien de igual manera, indicó efectos sinérgicos por la exposición combinada de Aldrin, Dieldrin y Endrin que incrementarían la incidencia de cáncer biliar y de hígado.

Al igual que en la mayoría de los estudios referenciados en los últimos años por Pesticide Data Program (USDA), los datos obtenidos en este estudio no superan los límites permitidos por el *codex alimentarius*, debido a la degradación que van sufriendo estos contaminantes a través del tiempo, sin embargo, los resultados obtenidos reducen significativamente la introducción de leche o derivados lácteos provenientes de las fincas estudiadas a exportación, por incumplimiento de los requisitos sanitarios que establecen límites de cero concentraciones para organoclorados en varios países de Latinoamérica, Norteamérica y Europa (34). Por otra parte, algunas investigaciones como los de Caldwell (35), indican que para la época, los trabajadores de cultivos de algodón expuestos a dieldrin presentaron incremento en la incidencia de diversas afecciones entre ellas cáncer colorectal, por lo que se sugiere hacer un estudio retrospectivo de las afecciones sufridas por la población de San Pedro debido a la exposición prolongada que tuvieron a estos contaminantes.

Por otra parte, se observa un alto porcentaje de muestras contaminadas con endosulfán, que es un pesticida que tiene una persistencia menor que otros plaguicidas organoclorados; esto puede deberse a que éste fue el último plaguicida organoclorado aplicado en la zona, que incluso fue utilizado hasta la cosecha 2002-2003. También se observa que hubo mayor presencia de subproductos generados en los seres vivos como Dieldrin y Heptacloro epóxido, que la de sus principios activos (Aldrin y Heptacloro), lo que puede deberse al largo período de biotransformaciones que han sufrido estos compuestos insertados en la biota local. Sin embargo, es recomendable realizar un estudio de asociación de las concentraciones de organoclorados con variables fisicoquímicas, histórico-productivas y movilidad social.

En conclusión, a pesar que la mayoría de los plaguicidas organoclorados están prohibidos en el país desde 1986, aún se presentan residuos en las muestras de leche cruda analizadas generando un riesgo de salud pública a los consumidores ♦

Agradecimientos: Al Instituto Colombiano Agropecuario ICA-Seccional Sucre, a las cooperativas distribuidoras de semillas de algodón del Departamento de Sucre, a los trabajadores y gerente de la Cooperativa agrónoma del municipio de San Pedro-Sucre, quién facilitó el contacto con los propietarios de las fincas participantes en este proyecto, así como a la Universidad de Córdoba y Universidad de Sucre, por su decidido respaldo en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

1. Arreaza LC, Montoya JA. Alimentación de novillas con soca de sorgo ensilada y suplementos proteicos. *Livestock Research for Rural Development* 1996; 8(2):1.
2. Pinto ML, Montes R, Anrique R, Carrillo R, Tamayo C. Residuos de plaguicidas organoclorados en leche de vaca y su relación con alimentos para uso animal como fuentes de contaminación. *Arch Med Vet* 1990; 22(2):143-153.
3. Herrera-Rojas G, Polanco-Rodríguez H. Los Plaguicidas Utilizados En los Últimos Cuarenta y Cinco Años en Colombia. *Agronom Colomb* 1995; 12(1):102-113.
4. Kucseva CD, Balbuena O, Slanac AL, Schreiner J, Somma de Feré G, Koza GA, et al. Efecto de Niveles de Semilla de Algodón en el Suplemento sobre el Consumo de Heno en Novillitos. *Rev. Arg. Prod. Animal* 2001; 21:5-6.
5. Balbuena O, Arakaki LC, Stahringer RC, D'Agostini A, Gándara FR, Kucseva CD, et al. Valor alimenticio de la semilla de algodón comparada con maíz-urea en la suplementación invernal de novillos en pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Animal* 1998; 18:30-31.
6. Winterholler SJ, Lalman DL, Hudson MD, Goad CL. Supplemental energy and extruded-expelled cottonseed meal as a supplemental protein source for beef cows consuming low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 2009; 87:3003-3012.
7. Corporación Colombia Internacional CCI. Resultados de las Siembras y Cosechas de Algodón 2005-2006, Zona Costa-Llanos. Bogotá, Colombia. 2005.
8. Losada A, Fernandez N, Díez MJ, Teran MT, Garcia JJ, Sierra M. Organochlorine pesticide residues in bovine milk from Leon (Spain). *Sci Total Environ.* 1996; 181(2):133-135.
9. Cistato CH, Gebara AB, Spinosa H. Pesticide residues in cow milk consumed in Sao Paulo City (Brazil). *J Environ Sci Health B.* 2002; 37(4):323-330.
10. Waliszewski SM, Gomez-Arroyo S, Infanzon RM, Carvajal O, Villalobos-Pietrini R, Trujillo P, et al. Persistent organochlorine pesticide levels in bovine fat from Mexico. *Food Addit Contam.* 2004; 21(8):774-780.
11. López-Carrillo L, Torres-Arreola L, Torres-Sánchez L, Espinosa-Torres F, Jiménez C, Cebrián M, et al. Is DDT use a public health problem in Mexico?. *Environ Health Perspect.* 1996; 104(6):584-588.
12. Hooper K, Chuvakova T, Kazbekova G, Hayward D, Tulenova A, Petreas M, et al. Analysis of Breast Milk to Assess Exposure to Chlorinated Contaminants in Kazakhstan: Sources of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) Exposures in an Agricultural Region of Southern Kazakhstan. *Environ Health Perspect.* 1999; 107(6):447-457.
13. Muntean N, Jermini M, Small L, Falzon D, Fürst P, Migliorati G, et al. Assessment of Dietary Exposure to Some Persistent Organic Pollutants in the Republic of Karakalpakstan of Uzbekistan. *Environ Health Perspect.* 2003; 111(10):1306-1311.

14. Hooper K, Petreas M, Chuvakova T, Kazbekova G, Druz N, Seminova G, et al. Analysis of breast milk to assess exposure to chlorinated contaminants in Kazakstan: high level of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) in agricultural villages of southern Kazakstan. *Environ Health Perspect.* 1998; 106:797-806.
15. Dalvie MA, Myers JE, Thompson M, Dyer S, Robins TG, Omar S, et al. The hormonal effects of long-term DDT exposure on malaria vector-control workers in Limpopo Province, South Africa. *Environ. Res.* 2004; 96(1):9-19.
16. Smith AG, Gangolli SD. Organochlorine chemicals in seafood: occurrence and health concerns. *Food Chem. Toxicol.* 2002; 40(6):767-779.
17. Yu H, Zhu Z, Zhao X, Zhang X, Wang D. Levels of organochlorine pesticides in Beijing human milk, 1998, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2003; 70:193-197.
18. Safea S, Jutoorua I, Chadalapakaa G. Estrogenic Endocrine Disruptors: Molecular Characteristics and Human Impacts. *Comprehensive Toxicology.* 2010; 2:609-621.
19. Li J, Li N, Ma M, Giesy J, Wanga Z. In vitro profiling of the endocrine disrupting potency of organochlorine pesticides. *Toxicology Letters.* 2008; 183(1-3):65-71.
20. Ennaceur S, Ridha D, Marcos R. Genotoxicity of the organochlorine pesticides 1,1-dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethylene (DDE) and hexachlorobenzene (HCB) in cultured human lymphocytes. *Chemosphere* 2008; 71(7):1335-1339.
21. International Agency for Research on Cancer IARC. DDT and Associated Compounds. IARC Monogr Eval Carcinog Risks to Humans 1987; 53:179-249.
22. Duarte F, De Castañeda C. Efectos de los plaguicidas en Honduras. *Revista Medica Hondureña.* 1991; 59:155-159.
23. Stuetz W, Prapamontol T, Erhardt JG, Classen HG. Organochlorine pesticide residues in human milk of a Hmong hill tribe living in Northern Thailand. *Sci Total Environ.* 2001; 273(1-3):53-60.
24. Nag SK, Raikwar MK. Organochlorine pesticide residues in bovine milk. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2008; 80(1):5-9.
25. Zhong W, Xu D, Chai Z, Mao X. Survey of organochlorine pesticide in retail milk from Beijing, PR China. *Food Addit. Contam* 2003; 20: 254-258.
26. Pardío VT, Waliszewski KN, Landín LA, Bautista RG. Organochlorine pesticide residues in cow's milk from a tropical region of Mexico. *Food Addit Contam* 2003, 20(3):259-269.
27. Sharma HR, Kaushik A, Kaushik CP. Pesticide residues in bovine milk from a predominantly agricultural state of Haryana, India. *Environ Monit Assess* 2007; 129(1-3):349-357.
28. Fries GF. Transport of organic environmental contaminants to animal products. *Rev Environ Contam Toxicol.* 1995; 141:71-109.
29. Salem NM, Ahmad R, Estaitieh H. Organochlorine pesticide residues in dairy products in Jordan. *Chemosphere.* 2009; 77(5):673-678.
30. Vargas-Melo A, Vallejo MC. Residues of organochlorine insecticides in human and bovine milk in Colombia. *Bol Oficina Sanit Panam* 1990; 108(3):220-228.
31. Castilla-Pinedo Y, Alvis-Estrada L, Alvis-Guzmán N. Exposición a organoclorados por ingesta de leche pasteurizada comercializada en Cartagena, Colombia. *Rev. salud pública.* 2010; 12(1):14-26.
32. Parra MH, Peláez L, Londoño JE, Pérez N, Rengifo G. Los residuos de medicamentos en la leche problemática y estrategias para su control. Neiva, Colombia; 2003. p 27-69.
33. Fisher B. Most Unwanted: Persistent Organic Pollutants. *Environ Healths Perspect* 1999; 107(1):1.
34. FAO/OMS. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Residuos de plaguicidas en los alimentos. Informe de la Reunión Conjunta 1981 del Cuadro de Expertos de la FAO en Residuos de Plaguicidas y el Medio Ambiente y el grupo de Expertos de la OMS en Residuos de Plaguicidas. Roma, Italia; 1982.
35. Caldwell GG, Cannon SB, Pratt CB, Arthur RD. Serum pesticide levels in patients with childhood colorectal carcinoma. *Cancer.* 1981; 48(3):774-778.