

## Determinación de organofosforados y organoclorados en forrajes y leche producida en ganaderías de Pereira-Risaralda (Colombia)

### Determination of organophosphates and organochlorines in forages and bovine milk produced in Pereira-Risaralda (Colombia)

Jose Alexander Rodriguez<sup>1\*</sup>, Luz Andrea Guevara Garay<sup>2</sup>,  
William Antonio Díaz Henao<sup>3</sup>, Carlos Eduardo Lee Carmona<sup>4</sup>,  
Santiago Rubio Londoño<sup>4</sup>

#### RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo determinar la presencia de plaguicidas organofosforados (OF) y organoclorados (OC) en los forrajes y la leche de predios lecheros del municipio de Pereira (Colombia). La medición se llevó a cabo por medio de cromatografía de gases acoplado al detector de masas con posterior confirmación con cromatografía de gases con detector de micro-captura de electrones. Los resultados indican la presencia de OF y OC en forraje y leche en niveles superiores a los permitidos

<sup>1</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia, Centro de Investigación El Nus, San Roque, Antioquia, Colombia

<sup>2</sup> Universidad del Quindío, Facultad ciencias Agroindustriales – Zootecnia, GICAP, Armenia, Quindío, Colombia

<sup>3</sup> Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, Sede Pereira, Medicina-GISCO, Pereira, Risaralda, Colombia

<sup>4</sup> Fundación Universitaria Autónoma de las Américas-Sede Pereira, Medicina Veterinaria y Zootecnia-BIOECOS, Pereira, Risaralda, Colombia

\* Email: [ajrodriguez@agrosavia.co](mailto:ajrodriguez@agrosavia.co)

*El estudio fue financiado con recursos de convocatoria interna de la Fundación Universitaria Autónoma de Las Américas*

*Recibido: 10 de febrero de 2023*

*Aceptado para publicación: 17 de agosto de 2023*

*Publicado: 31 de octubre de 2023*

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

por el Codex Alimentarius y una presencia en el 90% de los predios, los cuales fueron expuestos a su aplicación días previos a las mediciones, especialmente de OF. La aparición de OC está relacionada con su persistencia en suelo, agua, en suplementos ofrecidos al ganado o la aplicación de estos en la zona. Los plaguicidas encontrados en los forrajes no fueron eliminados en la leche de los animales que los consumieron en niveles tales que fueran detectables en este estudio.

**Palabras clave:** inocuidad, leche, plaguicidas, salud, suelo

## ABSTRACT

The aim of this work was to determine the presence of organophosphate (OF) and organochlorine (OC) pesticides in forage and milk from dairy farms in the municipality of Pereira (Colombia). The measurement was carried out by means of gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry with subsequent confirmation with gas chromatography with electron micro-capture detector. The results indicate the presence of OF and OC in forage and milk at levels higher than those allowed by the Codex Alimentarius and a presence in 90% of the farms, which were exposed to its application days prior to the measurements, especially of OF. The appearance of OC in is related to its persistence in soil, water, in supplements offered to livestock or their application in the area. Pesticides found in forages were not eliminated in the milk of animals that consumed them at levels that were detectable in this study.

**Key words:** food safety, milk, pesticides, public health, soil

## INTRODUCCIÓN

El control de insectos y arvenses en potreros con el uso de agroquímicos es una práctica usual en los sistemas de producción en Colombia y en el mundo, siendo la aplicación en muchas ocasiones en forma desmedida y realizada sin la debida capacitación (García-Santos *et al.*, 2011; Díaz-Pongutá *et al.*, 2012; Wee y Aris, 2017). Estas prácticas generan acumulación de los plaguicidas en el suelo, que luego pasan a los forrajes, y de allí a los tejidos de los rumiantes y leche producida, entrando a la cadena trófica, lo que puede llegar a acumularse a niveles letales (Del Puerto *et al.*, 2014; Choi *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2016; Murga *et al.*, 2017).

El contacto con los plaguicidas en el sector lechero se da principalmente por el consumo de forraje contaminados con plaguicidas, lo cual depende de la aplicación, cantidad y tiempo de carencia, así como las características geomorfológicas, hidrogeológicas y meteorológicas de la zona (Del Puerto *et al.*, 2014; Murga *et al.*, 2017). Otras formas de contaminación de los forrajes se dan por acción o interacción con ceras y grasas en las hojas de las plantas y por absorción de las raíces, medio de distribución en la planta; asimismo, por su persistencia en el ambiente y lenta biodegradabilidad (Del Puerto *et al.*, 2014; Murga *et al.*, 2017).

Las investigaciones sobre la detección de plaguicidas en leche en Colombia se han dirigido a determinar diversos compuestos

organoclorados (OC) en leche bovina cruda y/o pasteurizada, encontrándose niveles que superan el límite máximo residual establecido por el Codex Alimentarius (Castilla *et al.*, 2012; Díaz Pongutá *et al.*, 2012; Castilla *et al.*, 2014; Solano y Negrete, 2014; Lans-Ceballos *et al.*, 2018). Por otro lado, no se encontraron estudios de determinación de organofosforados (OF) en carne, leche o en forrajes. Investigaciones en otros países arrojaron resultados variables, con concentraciones superiores a 1.0 µg/g de OC superando el Límite Máximo Residual establecido por el Codex Alimentarius (Nero *et al.*, 2007; Ruiz *et al.*, 2008; Brousett-Minaya *et al.*, 2015; Murga *et al.*, 2017) y concentraciones superiores a 0.01 mg/kg (Codex Alimentarius) en OF en productos de animales frescos o procesados como miel, leche de cabra, quesos y yogures, siendo los valores en leche de vaca inferiores a los niveles máximos establecidos por la legislación europea (Nero *et al.*, 2007; Ruiz *et al.*, 2008; Melgar *et al.*, 2010; Mishra *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2014; Ding *et al.*, 2018).

La exposición a plaguicidas en animales y humanos de forma directa por contacto, ingestión o inhalación puede afectar múltiples órganos o sistemas con consecuencias como alteración en el sistema nervioso central, sistema digestivo, daño hepático y renal, cáncer; así como la enfermedad de Parkinson y discapacidad intelectual exclusivamente en humanos (Brouwer *et al.*, 2017; Samsidar *et al.*, 2018). Por esto es importante conocer la inocuidad de la leche y sus derivados, ya que el consumo de estos productos ha aumentado considerablemente entre 2014 a 2019 de 143 a 158 L/hab según FEDEGAN (2020). Ante esto, el objetivo de esta investigación fue la determinación de la presencia de plaguicidas organofosforados (OF) y organoclorados (OC) en forrajes y leche de predios lecheros del municipio de Pereira, Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio es de tipo descriptivo transversal en una zona rural del municipio de Pereira. El muestreo se realizó a conveniencia. Se visitaron 20 predios lecheros que aceptaron voluntariamente participar en el estudio. La recolección de muestras se realizó entre abril y mayo de 2019, además de la obtención de información mediante una encuesta sobre las características del predio: I. Datos de identificación de la finca, II. Infraestructura, III. Aspectos sanitarios y ambientales y, IV. Producción de leche. El cuestionario fue ajustado y validado mediante revisión por expertos.

A cada propietario y empleado visitado se le explicó el propósito del estudio y los mecanismos que garantizarían la confidencialidad. El cuestionario se aplicó en forma presencial por encuestadores capacitados. Además, se tomaron muestras de forraje de las praderas, las cuales fueron empacadas en bolsas plásticas resellables, así como una muestra de leche (100 ml) en frascos estériles, tomada directamente del lugar destinado para su almacenamiento. Las muestras se almacenaron en neveras portátiles en condiciones de refrigeración y trasladadas de inmediato al laboratorio para su análisis.

Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira. La extracción del analito en las muestras de forrajes se realizó siguiendo la metodología recomendada por el Departamento de Seguridad Alimentaria, Ministerio de Sanidad, Trabajo y Bienestar de Japón (Department of Food Safety and Ministry of Health, 2006). Para las muestras de leche se utilizó el procedimiento de extracción en fase sólida dispersiva QuEChERS para el análisis de plaguicidas (López *et al.*, 2015).

Cuadro 1. Lista de organoclorados y organofosforados determinados en las muestras de forraje y leche en los 20 predios ganaderos del municipio de Pereira, Colombia

Organofosforados	Organoclorados
Azinfos-metil	Aldehído de endrín
Bolstar (Sulprofós)	Aldrín
Clorotion	ALFA-BHC
Diazinón	BETA-BHC
Diclorvós	DDD
Dimetoato	DDE
Disulfotón	DDT
Endotion	DELTA-BHC
Ethoprophos	Dieldrin
Fenitrotion	Endosulfán alfa
Fensulfotión	Endosulfán beta
Fentión	Endosulfán sulfato
Malation	Endrin aldehído
Merphos	Epóxido de heptacloro
Metil paratión	GAMA-BHC
Mevinfós	Heptacloro
Oxidemeton	Metoxicloro
Parathion	
Phorate	
Tetraclorvinfos	
Tricloronato	

El análisis cromatográfico se llevó a cabo con un cromatógrafo de gases Agilent acoplado a detector de masas 7890A GC System - 5975C Inert MsD Autosampler 7693, con columna Agilent DB-5MS con 60 m, 0.320 mm y 0.25  $\mu$ m. Para la determinación de organofosforados se utilizó una mezcla de estándares RESTEK® (Cód. 32277), con límites de detección entre 0.001 y 1.2 mg/kg. Se determinaron 17 OC y 21 OF (Cuadro 1), todos con límite de detección de 0.001 (mg/kg).

Como método de verificación se utilizó un cromatógrafo de gases Thermo Scientific TRACE 1310, equipado con unidad de automuestreo AS1310, detector de micro-captu-

ra de electrones ( $\mu$ ECD) y columna capilar de sílice fundida SUPELCO (Ref. 28382-U, Equity™-1701).

Se hizo la descripción de los plaguicidas encontrados, y se determinó la frecuencia de su detección en las fincas y las cantidades detectadas de cada compuesto. Se realizó una comparación entre plaguicidas hallados en forraje y leche por finca y entre fincas. Los resultados obtenidos sobre la concentración de plaguicidas en leche fueron comparados con los recomendados por el Codex Alimentarius (FAO y OMS, 2021). Para los plaguicidas que no estaban reportados en el Codex Alimentarius, se obtuvo información del Code of Federal Regulation, U.S National Library of Medicine (Pubchem) y Pesticide Properties DataBase (PPDB) de la Universidad de Hertfordshire (*Code of Federal Regulation* 1992; University of Hertfordshire, s.f.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 90% de fincas visitadas reportaron niveles de algún plaguicida en forraje o leche, encontrando 14 compuestos organofosforados y seis compuestos organoclorados de los 21 y 17 compuestos analizados, respectivamente. De estos, ocho compuestos organofosforados y cuatro organoclorados se encontraron en las muestras de leche (Figura 1) y 12 compuestos OF y tres OC en las muestras de forraje (Figura 2). Común para ambas muestras fueron seis compuestos OF y un compuesto OC; sin embargo, no se encontraron coincidencias de plaguicidas en las muestras de leche y forraje en las fincas analizadas.

Se encontró OF en 51 muestras y OC en 20 muestras. Se encontró mayor frecuencia de plaguicidas en forraje que en leche predominando igualmente los OF (Figura 1). El hallazgo de estos plaguicidas demuestra una o más fuentes de contaminación de OC que están prohibidas en Colombia. Estos elementos, por ser compuestos persistentes en

### Organofosforados y organoclorados en forrajes y leche

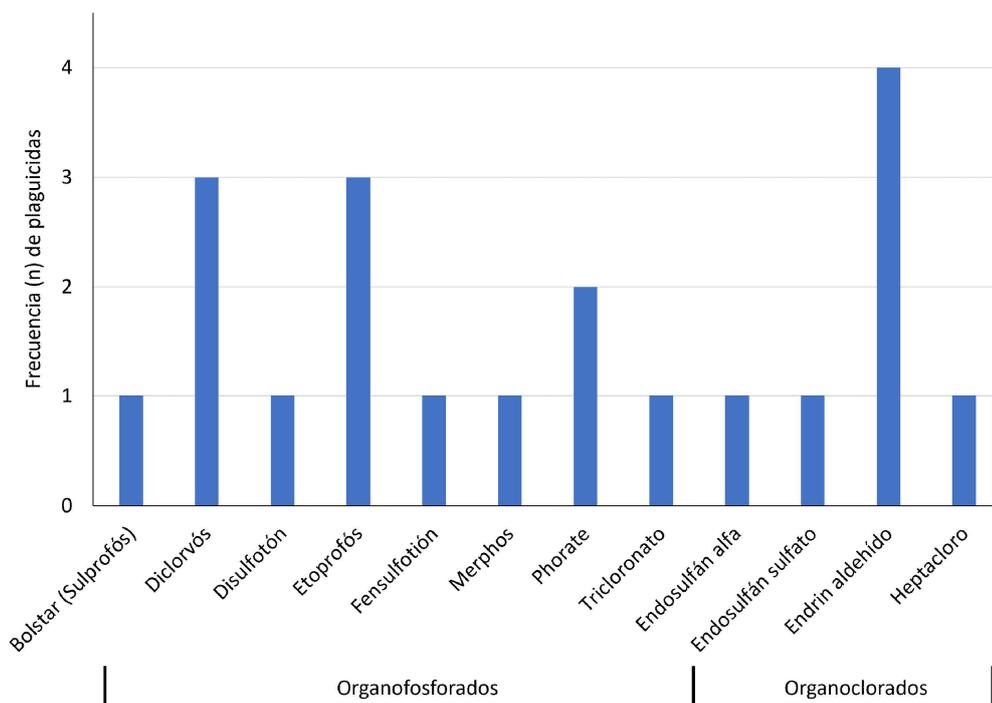


Figura 1. Frecuencia de plaguicidas organofosforados (OF) y organoclorados (OC) en muestras de leche de 20 predios ganaderos del municipio de Pereira, Colombia

el ambiente, permanecen en el suelo por largos períodos de tiempo (Instituto Nacional de Salud, 2015; Gutiérrez y Londoño, 2009). Es importante indicar que en las muestras de dos fincas no se encontraron los plaguicidas determinados. Estas fincas no eran aledañas entre sí, y reportaron no usar plaguicidas en potreros y utilizan compuestos diferentes a los evaluados en este estudio para realizar el baño del ganado.

Los compuestos que se encontraron con mayor frecuencia en forrajes fueron Metoxicloro (OC), seguido de Fentión (OF) y Disulfotón (OF), usados para control de plagas en cultivos o al mismo tiempo usado para control de parásitos externos en ganado (Metoxicloro). El más frecuente en muestras de leche fue Aldehído de endrín (OC), usado para control de insectos en cultivos, seguido de Diclorvós (OF) y Etoprofós (OF), estos últimos con igual frecuencia de presentación

y que son utilizados para control de insectos en cultivos y parásitos en animales (Figura 2).

Considerando que los OF son poco persistentes en el ambiente y de baja residualidad, sus efectos se observan a corto plazo y son eliminados del organismo en menos de un año (O'Malley y O'Malley, 2022). Su aparición en leche depende de factores como el tiempo transcurrido entre el contacto con el producto y el ordeño, la naturaleza del agroquímico, la cantidad aplicada o consumida, y las características de la leche entre otras. Los resultados indican que su manejo en las zonas evaluadas no ha sido adecuado, debido a la alta presencia en las muestras (Del Puerto *et al.*, 2014; Murga *et al.*, 2017). El Codex Alimentarius ha definido los límites máximos residuales y los fabricantes de estos productos sugieren tiempos de retiro de hasta 5 días dependiendo del compuesto (FAO y OMS 2021; Villar *et al.*, 2012).

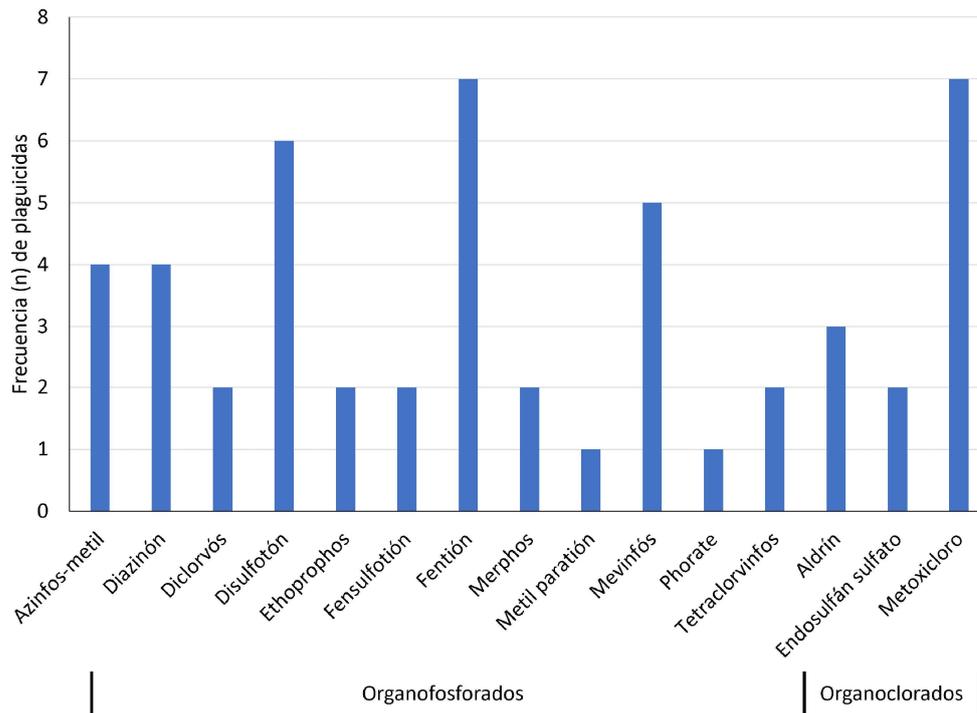


Figura 2. Frecuencia de plaguicidas organofosforados (OF) y organoclorados (OC) en muestras de forraje de 20 predios ganaderos del municipio de Pereira, Colombia

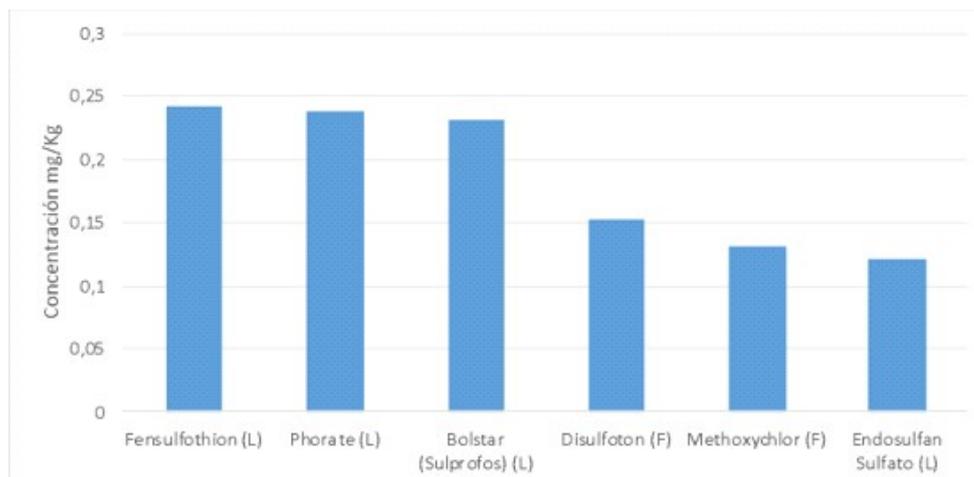


Figura 3. Plaguicidas con mayor concentración en leche (L) y forraje (F) de 20 predios ganaderos del municipio de Pereira, Colombia

Cuadro 2. Concentración y frecuencia de plaguicidas en muestras de leche de 20 predios ganaderos del municipio de Pereira, Colombia en comparación con los Límites Máximos Residuales

Plaguicida	Concentración (mg/kg)	Muestras (n)	LMR Codex (mg/kg)	LMR Res. 2906 (mg/kg)
Organofosforados				
Bolstar (Sulprofós)	0.232	1	0.01	-
Diclorvós	0.017 ± 0.006	3	0.01	0.02
Disulfotón	0.039	1	0.01	0.01
Etoprofós	0.07 ± 0.014	3	0.01	0.01
Fensulfotión	0.242	1	-	-
Merphos	0.005	1	-	-
Phorate	0.16 ± 0.11	2	0.01	0.01
Tricloronato	0.008	1	-	-
Organoclorados				
Endosulfán alfa	0.094	1	0.01	0.004
Endosulfán sulfato	0.122	1	0.01	0.004
Endrin aldehído	0.013 ± 0.011	4	-	-
Heptacloro	0.012	1	0.006	0.006

Codex Alimentarius, 1992 y Resolución 2906 (Ministerio de la Protección Social, 2007)

Cuadro 3. Concentración y frecuencia de plaguicidas en muestras de forraje de 20 predios ganaderos del municipio de Pereira, Colombia

Plaguicida	Concentración (mg/kg)	Muestra (n)
Organofosforados		
Azinfos-metil	0.042 ± 0.032	4
Diazinón	0.039 ± 0.018	4
Diclorvós	0.009 ± 0.0014	2
Disulfotón	0.13 ± 0.031	6
Ethoprophos	0.028 ± 0.012	2
Fensulfotión	0.023 ± 0.012	2
Fentiín	0.0085 ± 0.006	7
Merphos	0.0025 ± 0.0007	2
Metil paratión	0,005	1
Mevinfós	0.010 ± 0.006	5
Phorate	0,08	1
Tetraclorvinfos	0.0045 ± 0.0007	2
Organoclorados		
Aldrín	0,002	3
Endosulfán sulfato	0.0045 ± 0.0007	2
Metoxicloro	0.032 ± 0.045	7

El compuesto Sulfato de endosulfán fue encontrado tanto en leche como en forraje, aparición que está relacionada con su persistencia en el ambiente y su uso en control de plagas de cultivos. Este compuesto está prohibido o restringido en el territorio nacional, habiendo reportes de hallazgos en alimentos y agua en Colombia y el mundo (Gutierrez y Londoño, 2009; Solano y Negrete 2014; Castilla *et al.*, 2014; Brousett-Minaya *et al.*, 2015; Murga *et al.*, 2017; Lans-Ceballos *et al.*, 2018).

De acuerdo con la encuesta, 75% de las fincas suministraban alimento concentrado y 25% ofrecían sal mineralizada. Así mismo, 80% de las fincas utilizaban la red de agua potable como principal fuente de agua para el ganado y en segundo lugar los nacimientos. Teniendo en cuenta que no hubo coincidencias en los plaguicidas encontrados en el forraje y la leche de cada finca, según Samsidar *et al.* (2018) y Brouwer *et al.* (2017), la ruta de exposición estaría relacio-

nada al consumo de alimentos diferentes al forraje, la ingesta de agua de otras fuentes diferentes al acueducto, la inhalación o el contacto directo, variables que no fueron objeto de este estudio. Sin embargo, 30% de las fincas reportaron usar en el último año insecticidas químicos para control de plagas en las praderas.

El OC con mayor frecuencia fue Metoxicloro, observándose en el forraje de 40% de las fincas, seguido del Endrin aldehído en la leche del 20% de fincas. En tanto, para el caso de los OF, Fentión fue el más frecuente (35% de los forrajes), además de Disulfotón en 30% en muestras de forraje y una de leche y Mevinfós con 25% solo en muestras de forraje, todos insecticidas para plantas y/o animales. Aunque el Methoxicloro se encontró en muestras de forraje de varias fincas y siendo un OC persistente, liposoluble y biomagnificable no se encontró en muestras de leche de ninguna finca. Por otro lado, tampoco se evidenció transferencia detectable de los compuestos organofosforados u organoclorados hallados en las muestras de forraje hacia la leche.

Así mismo, los plaguicidas con concentraciones más altas en muestras de leche fueron el Fensulfatión, Phorate y Bolstar, con concentraciones superiores a 0.2 mg/kg y Endosulfán con valores entre 0.1 y 0.2 mg/kg; mientras que en muestras de forraje fueron el Disulfotón y el Metoxicloro con valores entre 0.1 y 0.2 mg/kg (Figura 3). Los demás compuestos presentaron concentraciones por debajo de 0.1 mg/kg.

Para los plaguicidas Bolstar, Endrin aldehído, Fensulfatión, Merphos y Tricloronato encontrados en muestras de leche, no presentan reporte de sus LMR en el Codex Alimentarius, en tanto que es importante indicar que estas sustancias se encuentran sin autorización de uso en Estados Unidos, Canadá y Reino Unido por ser considerados plaguicidas obsoletos. De acuerdo con la literatura, estos registran niveles de toxicidad

importante para animales, humanos y medioambiente (Arisekar *et al.*, 2019; Taiwo, 2019).

Debido a que los OF fueron los de mayor concentración y no son persistentes en el ambiente, y a que se pudo conocer que 50% de las fincas que utilizaron baños al ganado para control de ectoparásitos en el último mes y 40% en la última semana, se pudo determinar una exposición cercana al día de la toma de la muestra.

A nivel nacional, el Ministerio de Salud en la Resolución 10255 de 1993 y el Ministerio de Agricultura en la Resolución 939 de 1994 prohibieron la mayoría de los OC y moléculas como el 2-4-D y DDT están restringidas (Instituto Nacional de Salud 2015; Instituto Colombiano Agropecuario, s.f.). La Resolución 2906 de 2007 (Ministerio de la Protección Social, 2007) estableció en Colombia los LMR para plaguicidas en alimentos, piensos y forrajes usados en la alimentación humana y animal, los cuales han sido comparados con los resultados obtenidos para leche en este estudio (Cuadro 2), encontrando que las sustancias Diclorvós, Disulfotón, Ethoprophos, Phorate, Endosulfán alfa, Endosulfán sulfato y Heptcloro superan este límite. En comparación con los LMR del Codex Alimentarius también se encuentra que las concentraciones halladas están por encima de lo establecido. La normativa nacional y el Codex Alimentarius no presentan LMR para Bolstar (Sulprofós); sin embargo, el LMR para leche se tiene en el Code of Federal Regulación 1992 de los Estados Unidos, con valor inferior a la concentración determinada en este estudio (Instituto Nacional de Salud 2015; Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural y Ministerio de la Protección Social, 2007).

La normativa nacional que regula los valores de plaguicidas presentes en alimentos para consumo animal menciona varios forrajes, pero estos no corresponden a los del estudio y hace referencia a plaguicidas no

encontrados en las muestras. Por esta razón no se realiza comparación contra LMR para los plaguicidas encontrados en las muestras de forraje (Cuadro 3). (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Ministerio de la Protección Social 2007).

## CONCLUSIONES

- Los plaguicidas encontrados en muestras de leche y con Límites Máximos Residuales (LMR) reportados en el Codex Alimentarius registraron concentraciones superiores a las referidas, indicativo de exposición importante por una vía diferente al forraje, ya que estos no coincidieron con los encontrados en el análisis del forraje de la misma finca.
- Los consumidores de leche procedente de las fincas en estudio se encuentran en riesgo, dado que los residuos de estos plaguicidas no son alterados por pasteurización, esterilización ni refrigeración y pueden desencadenar resultados negativos en la salud humana.
- Para garantizar el consumo seguro y la competitividad de la leche cruda producida por estos predios se requiere conocer sus propiedades físicoquímicas. Para esto se sugiere, en primera medida, educación y acompañamiento técnico para los predios productores regionales y, posteriormente, programas de vigilancia y control más rigurosos.

## LITERATURA CITADA

1. **Arisekar U, Shakila RJ, Jeyasekaran G, Shalini R, Kumar P, Malani AH, Rani V. 2019.** Accumulation of organochlorine and pyrethroid pesticide residues in fish, water, and sediments in the Thamirabarani river system of southern peninsular India. *Environ Nanotechnol Monit Manag* 11: 100194. doi: 10.1016/j.enmm.2018.11.003
2. **Brousett-Minaya M, Torres Jiménez A, Chambi Rodríguez A, Mamani Villalba B, Gutiérrez Samata H. 2015.** Physicochemical, microbiological and toxicological quality of raw milk in cattle basins of the region Puno-Peru. *Sci Agropecu* 165-176. doi: 10.17268/sci.agropecu.2015.03.03
3. **Brouwer M, Huss A, van der Mark M, Nijssen PCG, Mulleners WM, Sas AMG, van Laar T, et al. 2017.** Environmental exposure to pesticides and the risk of Parkinson's disease in the Netherlands. *Environ Int* 107: 100-110. doi: 10.1016/j.envint.2017.07.001
4. **Castilla Y, Mercado ID, González G. 2012.** Determinación y cuantificación de los niveles de compuestos organoclorados en leche pasteurizada. *Rev P+L* 7: 19-31.
5. **Castilla Y, Mercado ID, Jurado MA. 2014.** Presencia de residuos de plaguicidas organoclorados en leche pasteurizada. *Av Invest Ingeniería* 11: 66. doi: 10.18041/1794-4953/avances.2.224
6. **Chen X, Panuwet P, Hunter RE, Riederer AM, Bernoudy GC, Barr DB, Ryan PB. 2014.** Method for the quantification of current use and persistent pesticides in cow milk, human milk and baby formula using gas chromatography tandem mass spectrometry. *J Chromatogr B* 970: 121-130. doi: 10.1016/j.jchromb.2014.08.018
7. **Choi S, Kim S, Shin JY, Kim M, Kim JH. 2015.** Development and verification for analysis of pesticides in eggs and egg products using QuEChERS and LC-MS/MS. *Food Chem* 173: 1236-1242. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.10.143
8. **Code of Federal Regulation-Sulprofos. 1992.** [Internet]. Available in: <https://www.ecfr.gov/>
9. **del Puerto AM, Suárez S, Palacio DE. 2014.** Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 52: 372-387.

10. **Department of Food Safety, & Ministry of Health, Labour and Welfare. 2006.** Analytical methods for residual compositional substances.pdf. Department of Food Safety. [Internet]. Available in: [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/shokuhin/zanryu/index\\_00016.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/zanryu/index_00016.html)
11. **Díaz-Pongutá B, Lans-Ceballos E. 2012.** Residuos de insecticidas organoclorados presentes en leche cruda comercializada en el departamento de Córdoba, Colombia. *Acta Agron* 65: 10-15.
12. **Ding J, Deng T, Xu M, Wang S, Yang F. 2018.** Residuals of organophosphate esters in foodstuffs and implication for human exposure. *Environ Pollut* 233: 986-991. doi: 10.1016/j.envpol.2017.09.092
13. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, [OMS] Organización Mundial de la Salud. 2021.** Codex Alimentarius. Pesticide Index. [Internet]. Available in: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticides/en/>
14. **FEDEGAN. 2020.** Consumo aparente per cápita anual de leche. [Internet]. Disponible en: <https://estadisticas.fedegan.org.co/Indicadores/66>
15. **López AF, Martínez EMG, Segovia I. 2015.** Procedimiento de extracción en fase sólida dispersiva QuEChERS para el análisis de plaguicidas. España: Universitat Politècnica de València. [Internet]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/51363>
16. **García-Santos G, Scheiben D, Binder CR. 2011.** The weight method: a new screening method for estimating pesticide deposition from knapsack sprayers in developing countries. *Chemosphere* 82: 1571-1577. doi: 10.1016/j.chemosphere.2010.11.058
17. **Gutierrez A, Londoño A. 2009.** Determinación de plaguicidas organoclorados y organofosforados en tomates de mercados de cadena en las ciudades de Pereira y Armenia, Colombia. *Bol Latinoam Caribe Plantas Med Aromat* 8: 165-171.
18. **Instituto Nacional de Salud, y Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos (ERIA). (2015).** Perfil de riesgo de residuos de plaguicidas organoclorados en matrices de carne y leche de origen bovino. Ministerio de salud y Protección Social. [Internet]. Disponible en: [https://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/Paginas/Evaluaci%C3%B3n-de-Riesgos-en-Inocuidad-de-Alimentos-\(ERIA\).aspx](https://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/Paginas/Evaluaci%C3%B3n-de-Riesgos-en-Inocuidad-de-Alimentos-(ERIA).aspx)
19. **ICA Instituto Colombiano Agropecuario. 2021.** Resolución 939 de 1994 del ICA. Restricciones, prohibiciones y suspensión de registros de plaguicidas de uso agrícola en Colombia, 939 6 (1994). <https://www.ica.gov.co/getdoc/b2e5ff99-bd80-45e8-aa7a-e55f0b5b42dc/plaguicidas-prohibidos.aspx>
20. **Lans-Ceballos E, Lombana Gomez M, Pinedo-Hernández J. 2018.** Residuos de pesticidas organoclorados en leche pasteurizada distribuida en Montería, Colombia. *Rev Salud Pública* 20: 208-214. doi: 10.15446/rsap.v20n2.51175
21. **Melgar MJ, Santaefemia M, García MA. 2010.** Organophosphorus pesticide residues in raw milk and infant formulas from Spanish northwest. *J Environ Sci Heal B* 45: 595-600. doi: 10.1080/03601234.2010.502394
22. **Ministerio de la Protección Social. 2007. Resolución 2906 de 2007.** Límites máximos de residuos de plaguicidas, LMR, en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes, 2906 (2007). [Internet]. Disponible en: <https://www.mincit.gov.co/temas-interes/reglamentos-tecnicos/rt-conjuntos/resolucion-2906-del-22-de-agosto-de-2007-1.aspx>
23. **Mishra RK, Dominguez RB, Bhand S, Muñoz R, Marty JL. 2012.** A novel automated flow-based biosensor for the determination of organophosphate pesticides in milk. *Biosens Bioelectron* 32: 56-61. doi: 10.1016/j.bios.2011.11.028

24. **Murga MN, Gutiérrez R, Vega S, Pérez JJ, Schettino B, Ruiz JL, Yamazaki A. 2017.** Presencia de plaguicidas organoclorados en forraje para ganado en unidades de producción de leche orgánica en Tecpatán, Chiapas. *Rev Mex Cienc Pecu* 8: 157. doi: 10.22319/rmcp.v8i2.4432
25. **Nero LA, Mattos MR, de Beloti V, Barros MA, Netto DP, Franco BD. 2007.** Organofosforados e carbamatos no leite produzido em quatro regiões leiteiras no Brasil: Ocorrência e ação sobre *Listeria monocytogenes* e *Salmonella* spp. *Cienc Technol Aliment* 27: 201-204. doi: 10.1590/S0101-20612007000100035
26. **O'Malley F, O'Malley R. 2022.** Envenenamiento con organofosforados y carbamatos. Grand Strand Regional Medical Center. [Internet]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com>
27. **Ruiz AE, Wierna N, Bovi G. 2008.** Plaguicidas organoclorados en leche crudacomercializada en Jujuy (Argentina). *Rev Toxicol* 25: 61-66.
28. **Samsidar A, Siddiquee S, Shaarani SM. 2018.** A review of extraction, analytical and advanced methods for determination of pesticides in environment and foodstuffs. *Trends Food Sci* Tech 71: 188-201. doi: 10.1016/j.tifs.-2017.11.011
29. **Solano HJ, Marrugo JL. 2014.** Plaguicidas organoclorados en leche de ganado vacuno de la zona arrocerera del Hatico, municipio de Fonseca – La Guajira. *Cienc Technol Aliment* 23: 81-90.
30. **Souza PA, Rocha L, de Abreu MB, Fernandes C. 2016.** Pesticides in honey: a review on chromatographic analytical methods. *Talanta* 149: 124-141. doi: 10.1016/j.talanta.2015.11.045
31. **Taiwo AM. 2019.** A review of environmental and health effects of organochlorine pesticide residues in Africa. *Chemosphere* 220: 1126-1140. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.01.001
32. **University of Hertfordshire. s.f. PPDB: Pesticide Properties DataBase.** [Internet]. Available in: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>
33. **Villar D, Olivera M, Ruiz JD, Chapparro J. 2012.** Aproximación al tema de residuos antimicrobianos y antiparasitarios en leche. Colombia: Fondo Editorial Biogénesis. 82 p.
34. **Wee SY, Aris AZ. 2017.** Ecological risk estimation of organophosphorus pesticides in riverine ecosystems. *Chemosphere* 188 575-581. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.09.035