



Residuos De Metales Tóxicos En Suelos Agrícolas De Veredas Cercanas A Explotaciones Petroleras En Tibú, Norte De Santander

Toxic Metal Waste In Agricultural Soils Of Areas Close To Oil Exploitations In Tibú, Norte De Santander

Arrieta-Soto Alexandre¹; Chaparro-García Amanda Lucía^{2*}; Montañez-Acevedo Gladys³; Bustamante-Cano John Jairo⁴

¹ Maestría en Ciencia y tecnología de los Alimentos, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Pamplona, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-9757-5510>

² Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas. Universidad de Pamplona, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-9728-0931>

³ Departamento de Matemáticas. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad de Pamplona <https://orcid.org/0000-0002-4285-3218>

⁴ Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3960-5659>

How to cite: A. Arrieta-Soto, A.L. Chaparro-García, G. Montañez-Acevedo, J.J. Bustamante-Cano "Residuos De Metales Tóxicos En Suelos Agrícolas De Veredas Cercanas A Explotaciones Petroleras En Tibú, Norte De Santander". *Respuestas*, vol. 25, no. S1, pp. 19-27, 2020.

Received on September 27, 2019; Approved on December 03, 2019

ABSTRACT

Keywords:

Soil pollution, Pasture contamination, Oil industry, Heavy metals.

Soil pollution is a serious environmental problem, involving environmental impacts of human activities on air and water, affecting those places where mineral extraction and concentration activities have developed, as well as industrial processes in which they appear as raw materials and waste. In the Americas, including Colombia, the contamination of soils by heavy metals is becoming increasingly important; From the beginning of this century, the determinations of metal concentrations in soils and pastures, especially cadmium, began to rise. The objective of the present work was to determine the concentrations of heavy metals Cu, Cd and Pb collected in sidewalks close to oil farms in soils, pastures and waters. The determination of the levels of these metals was performed by atomic absorption spectroscopy. The results were compared with the regulations of the European Union, since Colombia does not have its own regulations to compare the concentrations of these metals in the soil, pasture and animal drink water. The results obtained showed that the concentrations of Cu, Cd and Pb in the Village subject of this research were found above the limits allowed by the European Union, with the exception of Pb in the samples of waters and pastures of these Villages, in which the concentrations were found according to the norm.

RESUMEN

Palabras clave:

Contaminación de suelos, Contaminación de pastos, Industria petrolera, Metales pesados.

La contaminación de los suelos debido a las actividades humanas ha tenido repercusiones ambientales graves sobre el aire y las aguas. De igual forma se ven afectados todos aquellos lugares en los que se desarrollan procesos de extracción y concentración de minerales, así como procesos industriales en donde los contaminantes aparecen como materias primas y residuos. En el continente Americano, incluyendo a Colombia, cada vez cobra mayor relevancia la contaminación de suelos por metales pesados; desde comienzos del presente siglo empezaron a tomar auge las determinaciones de las concentraciones de los metales en suelos y pastos, especialmente del cadmio. El objetivo del presente trabajo fue determinar las concentraciones de los metales pesados Cu, Cd y Pb en muestras de suelos, pastos y aguas colectados en veredas cercanas a explotaciones petroleras. La determinación de los niveles de estos metales se realizó por espectroscopia de absorción atómica. Actualmente Colombia no cuenta con una normativa que permita comparar las concentraciones de estos metales en el suelo, pastos y aguas de bebida animal, por lo tanto, en el presente estudio se utilizó la normativa de la Unión Europea como referencia. Los resultados obtenidos mostraron que las concentraciones de Cu, Cd y Pb, en las veredas objeto de esta investigación, se encontraron por encima de los límites permitidos por la Unión Europea, a excepción del Pb en las muestras de suelo y pasto de estas veredas, en las cuales las concentraciones se encontraron de acuerdo a la norma.

*Corresponding au-

E-mail ad- achaparro@unipamplona.edu.co Chaparro-García Amanda Lucía



Peer review is the responsibility of the Universidad Francisco de Paula Santander.

This is an article under the license CC BY-ND

Introducción

El uso de aguas residuales urbanas e industriales, la aplicación de fertilizantes, agroquímicos y estiércol de ganado son algunas de las actividades que contaminan los suelos dedicados a las actividades agrícolas y ganaderas (Igiri et al., 2018; Hernández-Ruíz et al., 2017; Reyes et al., 2016; Zeng et al., 2011). Actualmente, el papel de los metales pesados como contaminantes ha sido ampliamente reconocido debido a los efectos negativos que producen cuando ingresan al medio ambiente y se combinan con compuestos orgánicos presentes en sedimentos o, con los iones del agua para posteriormente ingresar a los sucesivos eslabones de las redes alimentarias en donde ocurren procesos de bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación (Wang & Zhang, 2018; Hashemi, 2018; Madero & Marrugo, 2011).

Los cambios estructurales del sector pecuario, tales como el aumento de los sistemas de producción intensiva, el incremento de la producción mono específica, la integración vertical, el desarrollo de una distribución a nivel mundial y el establecimiento de sistemas pecuarios intensivos cercanos a centros urbanos, han creado una interfaz animal – personas – ecosistemas que ha aumentado el riesgo de aparición de nuevas enfermedades y/o la intensificación de las ya conocidas (FAO, 2009). Se ha demostrado que los metales pesados como el plomo, cadmio, arsénico y mercurio pueden ser transferidos y producir efectos tóxicos sobre la salud de las personas, por lo que se consideran un factor de riesgo de intoxicación en la salud pública (Wang & Zhang, 2018; Londoño et al., 2016; Mancera & Álvarez, 2006).

Colombia no es ajena a esta problemática. La erosión y lixiviación causada por la tala indiscriminada de los bosques en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, Sinú, San Jorge, Atrato y Orinoco, así como las actividades portuarias, minería del oro y el carbón, la explotación petrolera, producción pecuaria intensiva y la creciente actividad industrial de las grandes ciudades están generando diversos problemas ambientales entre ellos la contaminación de suelos y aguas con metales pesados. En los últimos 20 años, solamente en la cuenca del río Magdalena se han talado aproximadamente 3,5 millones de hectáreas de bosques, esto ha generado el transporte de unas 133.000 ton/año de sedimentos, arrastrando consigo una alta concentración de metales pesados como cadmio, mercurio, plomo y zinc hacia los principales ríos

de cuenca cuya concentración supera los niveles máximos permitidos en aguas naturales (MADR, 2009).

La información relacionada con la presencia de metales pesados en zonas agrícolas e industriales es escasa en Colombia. Entre los pocos trabajos se encuentran el realizado por Díaz-Urbe et al. (2015), en el que se evaluó el contenido de metales pesados en pastos para ganadería por medio de Espectroscopia Dispersiva de Fluorescencia de Rayos-X y se encontró un elevado contenido de Fe, Mn, Zn y Cu en aquellos pastos que crecieron cercanos a la carretera. De acuerdo con los autores, se recomienda una distancia mínima de 120 m desde la carretera a los campos de pastizales con el fin de reducir el riesgo de contaminación por metales provenientes del tráfico vehicular.

Por su parte, Roqueme et al. (2014), encontraron altas concentraciones de metales pesados en suelos agrícolas del valle medio y bajo de río Sinú, del Departamento de Córdoba. Este estudio fue fundamental en proporcionar información a las entidades correspondientes a fin de tomar medidas preventivas y decisiones de mejora a esta problemática, que pueden traer consecuencias negativas para la salud de los habitantes de la región.

Se ha encontrado una alta correlación entre el contenido de metales pesados presente en el alimento consumido por el ganado. Hashemi (2018) determinó la concentración de metales tóxicos como el plomo, cadmio y mercurio y elementos trazas esenciales (cobre y zinc) en muestras de tejidos provenientes de músculos, hígado y riñón de bovino y sus relaciones con las concentraciones de metales pesados en los alimentos consumidos fueron y encontró valores medios (mg/kg de peso húmedo) de plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg) de 0,221, 0,028 y 0,003 en músculo, 0,273, 0,047 y 0,002 en hígado y 0,244, 0,114 y 0,003 en riñón, respectivamente. A su vez, estas concentraciones estuvieron positivamente correlacionadas con las encontradas en el alimento consumido por los animales.

En un estudio desarrollado por Oymak et al. (2017) se encontró altas concentraciones de metales tóxicos en diferentes muestras de tejidos animales (pulmón, hígado, riñón, músculo y cerebro) provenientes de granjas comerciales locales en Sivas-Turkia. Por su parte, Okareh & Oladipo (2015) en Nigeria encontraron concentraciones de cadmio y cromo en sangre, músculo, riñón e hí-

gado de ganado bovino superiores a los límites máximos establecidos por la FAO y la Organización Mundial de la Salud. Los mencionados autores señalan que la presencia de esos metales pesados podría estar asociada con la liberación ambiental a los suelos de pastoreo producto de la utilización de agua contaminada.

En otra investigación publicada por Canty et al. (2014) se encontró que, en las zonas con altos contenidos de Cd en suelos, la concentración de estos metales en la especie bovina se encontraban por encima de los límites máximos permitidos por la Unión Europea para los animales adultos, mientras que en los animales menores de tres años de edad, la concentración de este metal se encontró dentro del límite establecido como normal. El estudio realizado por Miranda et al. (2009), sobre la relación entre la concentración de metales trazas en el suelo, forraje y tejido animal de bovinos criados en un área de suelo serpentino en el Noreste de España, concluyó que el uso industrial de las sales de cadmio junto con el cobre, plomo y zinc, fueron productoras de actividad carcinogénica en animales y posteriormente en humanos.

Las áreas adyacentes a vertederos de basura también son susceptibles de sufrir contaminación por metales pesados. Al respecto, Abah et al. (2017) evaluaron los niveles de Pb, Cr, Cd, As, Ni, Co, Cu y Mn en muestras de pastizales recolectadas alrededor de vertederos de desechos y encontraron que el grado de contaminación de los pastos fue significativamente más en las muestras provenientes de las zonas adyacentes a los vertederos. Por lo tanto, recomiendan hacer un monitoreo periódico de los niveles de metales pesados en los pastos alrededor del vertedero de desechos y aconsejan tomar medidas de precaución para limitar la exposición no deseada del ganado y, por lo tanto, de los seres humanos a los metales tóxicos.

En esta investigación se determinó la concentración de metales pesados en muestras de agua, suelo y pasto utilizadas para bebida de bovinos en el municipio de Tibú-Norte de Santander para poder evaluar su potencial impacto en la cadena trófica y posible afectación de la salud pública de esta región.

Metodología

El presente estudio fue realizado en el municipio de Tibú, municipio de Norte de Santander, localizado en el

nororiente colombiano, en el cual se determinaron la concentración de los metales pesados cadmio, cobre y plomo en zonas agrícolas aledañas a campos de explotación de petrolera (Figura 1).

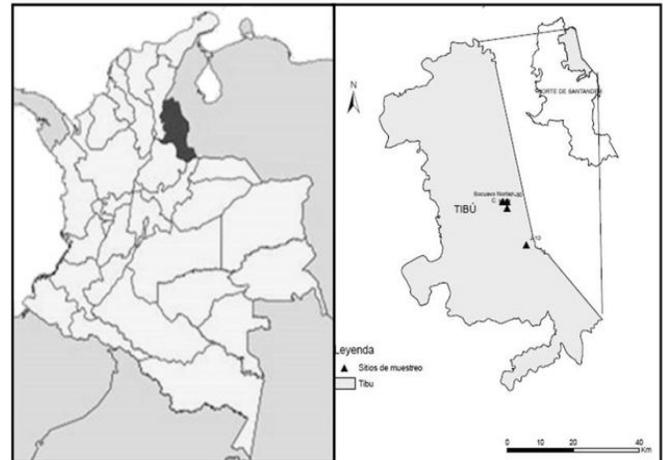


Figura 1. Zona de estudio

Las concentraciones de cadmio, cobre y plomo en el suelo, el agua y forraje fueron evaluadas en cuatro veredas del municipio de Tibú, cercanas a zonas petroleras (Campo Yuca, J – 10, Socuavó Norte y P – 30)

Determinación de Cd, Cu y Pb en PASTOS de consumo Animal

Para la cuantificación de la concentración de los metales Cd, Cu y Pb en muestras de forrajes *Brachiaria sp* en las veredas Campo Yuca, J – 10, Socuavó Norte y P – 30, el material vegetal fue recolectado en las horas de la mañana y empacado en bolsas plásticas con sellado hermético. Buscando determinar analíticamente estos metales, se siguió la metodología propuesta por García (2012) en la cual se tomaron 5 gramos de muestra y se le adicionaron 7 mL de una solución de HCl 37% y HNO₃ 65% en proporción 3: 1, los cuales fueron sometidas a baño ultrasónico en un equipo Branson 1510, durante una hora, luego de este tiempo las muestras fueron filtradas y diluidas hasta completar 25 mL y fueron utilizadas para la determinación de los metales, en el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA7000.

Determinación de Cd, Cu y Pb en AGUA de bebida Animal

Para el análisis del agua, con el fin de cuantificar los

de estos metales se emplearon 250 mL de agua en diferentes pozos de las veredas Campo Yuca, J – 10, Socuavó Norte y P – 30. A una profundidad de cincuenta 50 centímetros, las muestras fueron obtenidas de diferentes puntos de las veredas objeto de la presente investigación. Las muestras se transportaron al laboratorio para su análisis y se le adicionaron una solución de HNO_3 65% y H_2O_2 30% en proporción 5:1, se dejaron durante cuatro horas y filtraron con papel Whatman N°40, esta solución se utilizó para la determinación de los metales en el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA7000.

Determinación de Cd, Cu y Pb en Suelos

Para la medición de los metales en estudio, en concentraciones potencialmente tóxicas para los bovinos que sirven como fuente de nutrición a los seres humanos se empleó aproximadamente un kilogramo de tierra, la cual fue extraída con una pala a una profundidad de 30 centímetros, las muestras fueron obtenidas de diferentes puntos en las veredas Campo Yuca, J – 10, Socuavó Norte y P – 30, se establecieron 10 estaciones en las cuales los bovinos pastorean. El material fue empacado en bolsas de polietileno y transportadas al laboratorio para su análisis. Todas las muestras de suelo fueron mezcladas de acuerdo a las veredas y puestas a secar al aire libre, luego de este proceso se procedió a eliminar el contenido de raíces y tallos, por último se pasaron por un tamiz y se procedió a realizar la digestión ácida de la siguiente manera; se tomaron 30 gramos de muestra, se le adicionaron 20 mL de una solución extractora de suelos (HCl 0,05 N y HNO_3 0,025 N en proporción 1:1), las muestras fueron sometidas a agitación mediante un equipo agitador breaker a 50 rpm durante 30 minutos, las muestras fueron filtradas y se analizaron en el equipo de absorción atómica SHIMADZU A7000, metodología propuesta por Roqueme et al. (2014),

Las concentraciones de Cd, Cu y Pb se obtuvieron a partir de la absorbancia de cada elemento a su longitud de onda específica en un equipo de absorción atómica SHIMADZU AA 7000 con llama aire-acetileno. Las ecuaciones de cada curva de calibración y el respectivo coeficiente de correlación (R^2) para estos se exponen en la Tabla 1.

Metal	Longitud de onda	Ecuación de la recta	R^2
Cu	324,8nm	$A=0,1183C - 0,0125$	0,9991
Cd	228,8nm	$A=0,3346C + 0,0125$	0,9976
Pb	283,3nm	$A=123,44C - 0,0198$	0,9988

Tabla 1. Longitud De Onda Para Los Metales Evaluados En Veredas De Tibú.

Se realizaron diluciones para las curvas de calibración empleando estándares certificados Merck de 1000 ppm. A partir de la solución madre que tenía una concentración de 1000 ppm y con las disoluciones adecuadas se hicieron diversas soluciones con concentraciones que iban de 0,5 ppm a 2 ppm, pudiendo cuantificar cada uno de los metales estudiados. Esta curva de calibración se realizó con el fin de conocer la concentración exacta de las soluciones resultantes de los procedimientos de digestión y extracción de los metales en estudio

Resultados y Discusión

Determinación de CADMIO en suelos, pastos y agua de bebida animal

Debido a que Colombia no cuenta con una normatividad propia, se decidió comparar los resultados obtenidos con la normatividad de la Unión Europea. Los resultados encontrados en la presente investigación, muestran que las concentraciones de cadmio presentes en las muestras de suelos, pastos y agua de bebida animal provenientes de las veredas Campo Yuca, J- 10, Socuavó Norte y P- 30 del municipio de Tibú, se encuentran por encima de los límites permitidos por la norma, a excepción de la vereda P- 30 donde los niveles de cadmio se encontraron por debajo de la normativa. La mayor concentración de cadmio encontrada en las muestras de suelos, se presentó en la vereda J-10, mientras que en el agua de bebida animal la mayor concentración de este metal se encontró en las muestras procedentes de la vereda P-30 y en menor concentración en las muestras de la vereda J-10. Las concentraciones más altas de cadmio en las muestras de pasto, se encontraron en la vereda Campo Yuca y en menor concentración en la vereda J-10.

En la figura 2, se muestran las concentraciones de cadmio en mg/kg encontradas en cada una de las matrices

evaluadas. Las concentraciones de cadmio se encuentran por encima de los límites permitidos por la normativa europea (0,15 mg/kg para pasto, 0,05 mg/kg para agua y 0,5 mg/kg para suelo).

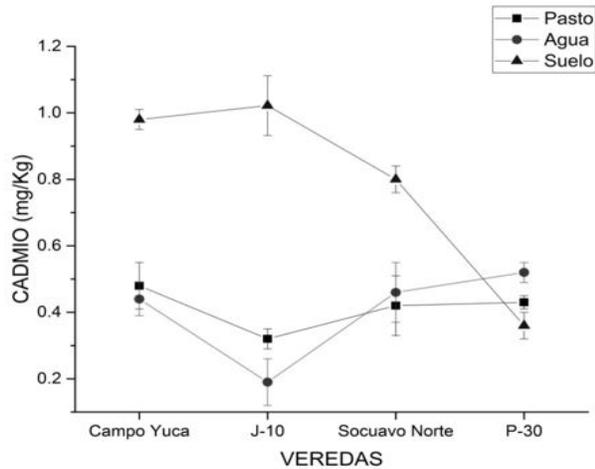


Figura 2. Concentración (mg/kg) de Cd en pasto, agua de bebida animal y suelo en veredas de Tibú.

En un estudio realizado por Zamora et al. (2008) se señala que la utilización continua de aguas residuales contribuye a una disminución significativa de pH, a la oxidación de sulfitos y a la producción de ácidos orgánicos con el consecuente aumento en la concentración de metales pesados como el cadmio a niveles tan elevados como 2,30 mg/kg en el suelo, valores muy superiores a los reportados en esta investigación y también mayores con respecto a los máximos establecidos en la mayoría de normas mundiales para este elemento. Estos autores sostienen que el uso de aguas residuales en las actividades agrícolas debe ser monitoreado para evitar potencial contaminación del suelo y afectaciones a la salud humana.

En ambientes no contaminados, una concentración de cadmio normal y máxima del suelo oscila entre 0,1 y 0,2 mg/kg (Brooks, 1998). Niveles de cadmio de 1 mg/kg en los suelos superan los límites máximos permitidos y se consideran como suelos contaminados (Fay et al., 2007). En el presente estudio, los valores de cadmio encontrados en las veredas Campo Yuca y J-10 superan los límites establecidos en la normativa de la Unión Europea.

El cadmio es un elemento que es fácilmente absorbido desde el suelo por las plantas y a su vez ser transferido indirectamente a los animales a través del consumo. Este metal puede estar presente de forma natural en el suelo

o, en áreas agrícolas, provenir de la aplicación de fertilizantes fosfatados y pesticidas (Canty et al., 2014).

Determinación de COBRE en suelos, pastos y agua de bebida animal

La Unión Europea establece que la concentración máxima permitida del metal cobre para agua de bebida animal es de 0,5 mg/L, en suelo de 0,5 mg/kg y para pastos de 0,15 mg/kg. Al comparar las concentraciones de este elemento obtenidas en las veredas del municipio Tibú Norte de Santander con la normativa, se puede ver que los niveles de Cu en las muestras de agua de bebida animal se encontraron por encima del límite permisible con excepción de la vereda J-10 en donde las concentraciones estuvieron dentro de los parámetros establecidos como normales. Lo mismo ocurrió con las muestras de pasto cuyas concentraciones no excedieron los parámetros establecidos como normales para este metal. Por su parte, las concentraciones cobre en las muestras de suelo provenientes de la vereda J-10 y P-30 estuvieron por encima de los límites permitidos, mientras que los suelos de las veredas Socuavo Norte y Campo Yuca presentaron valores dentro de los límites permitidos considerados como normales de acuerdo con la normativa europea (Figura 3).

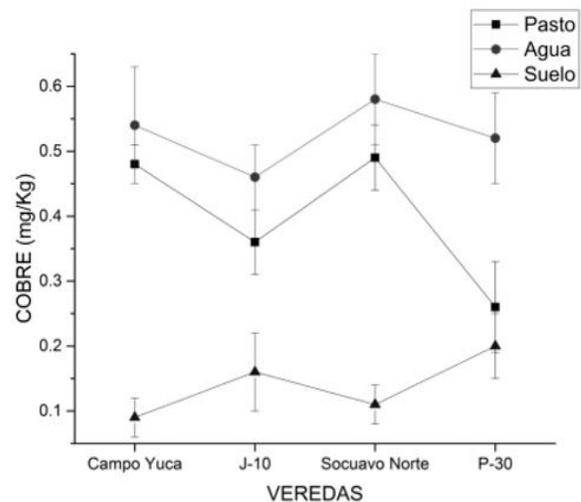


Figura 3. Concentración de Cu (mg/kg) en pasto, agua de bebida animal y suelo en veredas de Tibú.

De manera similar a los resultados obtenidos en esta investigación, en diferentes estudios se ha reportado altos niveles de Cu y Pb en suelos y tejido vegetal incluyendo los pastos, producto de diferentes actividades como la

minería o por el uso de aguas residuales y/o desechos sólidos (Igiri et al., 2018; Hernández-Ruíz et al., 2017; Reyes et al., 2016; Yacomelo, 2014; Zamora et al., 2008; García, 2004). A este respecto, Zamora et al. (2008) en Navarra (España) comprobaron que la contaminación por biosólidos o por minería, aumentaron los niveles totales y asimilables de cobre en el suelo.

Determinación de PLOMO en suelos, pastos y agua de bebida animal.

Las concentraciones halladas para este metal en las muestras de suelo y pasto de las veredas objeto de esta investigación, se encontraron dentro de los parámetros establecidos como normales por la Unión Europea (50,00 mg/kg para pasto, 0,10 mg/L para agua y 50,00 mg/kg para suelo). La Directiva 86/278/CEE establece una concentración máxima permitida del metal plomo en muestras de agua destinada al consumo animal de 0,1 mg/L. Según dicha normativa, en las veredas del municipio de Tibú, las concentraciones halladas estuvieron por encima de los límites permitidos.

La Figura 4 permite visualizar la distribución de las concentraciones de plomo en las muestras de pasto, suelo y agua, encontradas en las veredas estudiadas en Tibú.

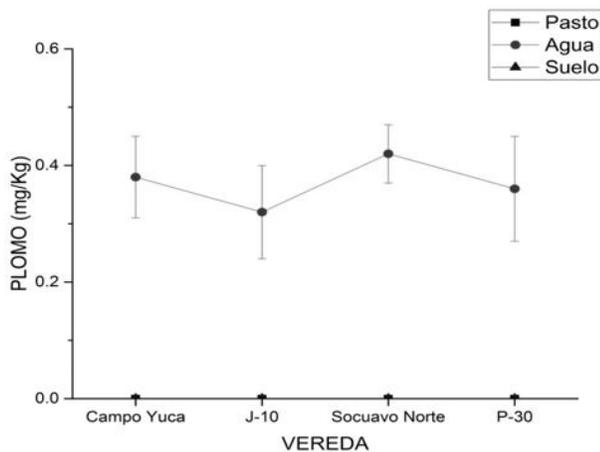


Figura 4. Concentración (mg/kg) de Pb en muestras de pasto, agua y suelo en veredas de Tibú.

Si bien, las concentraciones de Pb halladas en suelo y forrajes estaban dentro de los límites permisibles normales, los niveles mayores que los permitidos hallados en agua, constituye un hallazgo sustancial por la relación con la actividad minera petroquímica en las proximidades de las zonas de muestreo, lo que genera de por sí un

para la salud animal y para la salud pública.

Conclusiones

Las concentraciones de Cd, Cu y Pb encontradas en las muestras de suelo, pasto y agua de bebida animal provenientes de las veredas objeto de esta investigación superaron los límites permitidos por la Unión Europea, con excepción del Pb en las muestras de suelo y pastos. Sin embargo, los niveles de los metales Cd, Cu y Pb presentes en los suelos estudiados son inferiores a los encontrados en otros estudios.

Los niveles de Pb en suelo y tejido vegetal estuvieron dentro de los límites normales. No obstante, la alta concentración de este metal hallada en el agua, constituye un riesgo sustancial para la salud animal, especialmente para los bovinos que pastorean y consumen agua en la zona de estudio y, por consiguiente, para la salud pública, debido a los hábitos alimenticios con base en proteína animal.

La contaminación por metales pesados evidenciada en las veredas estudiadas se debe a que la mayoría de las acciones ejecutadas emplean en sus procedimientos productivos insumos o materias primas conteniendo metales como cadmio y plomo, que impactan negativamente y en grado severo la calidad de los recursos evaluados.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS, por su apoyo financiero a esta investigación bajo el macro proyecto titulado Determinación de metales pesados expuestos en áreas de alto grado de contaminación y detención de puntos críticos para su control, bajo el código Colciencias pre00503030302; y al Laboratorio de Control de Calidad de la Universidad de Pamplona.

Referencias

- [1] Abah J, Mashebe P, and Onjefu SA (2017). Assessment of Heavy Metals Pollution Status of the Pasture Grass around Katima Mulilo Municipal Solid Wastes Dumpsite, Namibia. *International Journal of Environmental Science and Development*. 8(5): 372-377.

- [2] Arrieta A., Lizcano W., Vera J. (2016). Valoración y cuantificación de metales pesados en cuatro especies de carnes comercializadas en Pamplona Norte de Santander. *Rev. @limentech* 13 (2): P 163-171.
- [3] Geobotany and hyperaccumulators. in Brooks RR (Ed), plants that hyperaccumulate heavy metals. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. pp 55-94.
- [4] Sheridan M (2014) Cadmium and other heavy metal concentrations in bovine Kidneys in the republic of Ireland. *Sci Total Environ* 1 (485-486): 223 – 231.
- [5] Contaminación por metales pesados de los productos cárnicos. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.* 23.(2): 202-216
- [6] CORPOICA (2007). Guía para la implementación de las buenas prácticas ganaderas, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia. 73 p.
- [7] Díaz-Uribe CE, Vallejo WA, Villamizar LA, Vides N (2015). Analysis of content of heavy metals in grass used to feed cattle by Energy Disperse X-Ray Fluorescence Spectroscopy. *Prospect.* 13(1): 7-11.
- [8] EPA (2018). EPA Unable to Assess the Impact of Hundreds of Unregulated Pollutants in Land-Applied Biosolids on Human Health and the Environment. U.S. Environmental Protection Agency Office of Inspector General. Washington, DC. 66 pp.
- [9] Falcó G, Bocio A, Llobet JM, Domingo JL (2005). Health risks of dietary intake of environmental pollutants by elite sportsmen and sportswomen. *Food Chem.Toxicol.* 43: 1713–1721.
- [10] (2009). El estado mundial de la agricultura y la alimentación; parte 1. Cambios en el sector agropecuario. 2009
- [11] Fay D S. *et al* (2007). Atlas geoquímico de Irlanda. Colourbooks Ltd.,Dublín, Irlanda.
- [12] *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15 (1): 1-7.
- [13] García J (2012). Estandarización de un método para la digestión y extracción de Metales Pesados (Cd, Pb y Zn) tesis de grado título de químico.
- [14] Hashemi M (2018). Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 15: 263-267.
- [15] Hernández-Ruiz GM, Álvarez-Orozco NA, Ríos-Osorio LA (2017). Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas: revisión sistemática. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecuaria.* 18(1):139-159.
- [16] org/ articulo.oa?id=60812688008> ISSN 0568-2517.
- [17] Johnsen IV, Aaneby J (2019). Soil intake in ruminants grazing on heavy-metal contaminated shooting ranges. *Science of the Total Environment* 687: 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.086>
- [18] Igiri BE, Okoduwa SIR, Idoko GO, Akabuogu EP, Adeyi AO & Ejiogu, IK (2018). Toxicity and Bioremediation of Heavy Metals Contaminated Ecosystem from Tannery Wastewater: A Review. *Journal of Toxicology*, pp 1-16. <https://doi.org/10.1155/2018/2568038>, Google ScholarCrossref
- [19] Iwegbue CMA (2008). Heavy metal composition of livers and kidneys of cattle from Southern Nigeria. *Vet Arch;* 78:401-410.
- [20] Londoño-Franco LF, Londoño-Muñoz PT, Muñoz-García FG (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.* 14(2): 145-153.

- [21] Madero GA & Marrugo NJ (2011). Detection of heavy metals in cattle, in the valleys of the Sinu and San Jorge rivers, department of Cordoba, Colombia. *Rev. MVZ Cordoba*, 16; 2391-2401.
- [22] Mancera N; Alvarez R (2006). Current state of knowledge of the concentration of mercury and other heavy metals in fresh water fish in Colombia. Departamento de producción animal. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Fundación geosur. Bogotá, Colombia.
- [23] Martí-Cid R, Bocio A, Llobet JM, Domingo JL (2008). Balancing health benefits and chemical risks associated to dietary habits: RIBEFood, a new Internet resource. *Toxicology* 244:242–248.
- [24] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (2009), Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y Universidad Nacional (UNAL). La ruta de la industria bovina: agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena cárnica bovina en Colombia. Pp: 250.
- [25] Miranda M, Lopez-Alonso M, Castillo C, Hernandez J, Benedito JL (2009). Effects of moderate pollution on toxic and trace metal level in calves from a polluted area of Norther Spain. *Environ Int.* 31:543-548.
- [26] Muñoz O, Vélez D, Montoro R (1999). Optimization of the solubilization, extraction and determination of inorganic arsenic (As (III) + As (V) in seafood products by acid digestion, solvent extraction and hybride generation atomic absorption spectrometry. *Analyst.* 124 (4):601-607.
- [27] National Academy of Sciences (1974). *Nutrients and Toxic Substances in Water for Livestock and Poultry* (Washington, D.C.)
- [28] Nwude DO, Okoye PAC, Babayemi JO (2011). Assessment of heavy metal concentrations in the liver of cattle slaughter during three different seasons. *Res J Environ Sci.* 5(3):288-294
- [29] Oymak T, Ulusoy H, Hastaoğlu E, Yılmaz V, Yıldırım Ş (2017). Some Heavy Metal Contents of Various Slaughtered Cattle Tissues in Sivas-Turkey. *JOTCSA.* 4(3): 737-746.
- [30] Reyes YC, Vergara I, Torres OE, Díaz-Lagos M, González EE (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo.* 16(2): 66-77.
- [31] Roqueme J, Pinedo J, Marrugo J, Aparicio A. (2014). Metales pesados en suelos agrícolas del valle medio y bajo del rio Sinú, departamento de Córdoba. (Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental, 2014). Universidad de Córdoba, Montería. Colombia.
- [32] Schecter A, Pöpke O, Tung KC, Brown T, Musumba A. (2006). Changes in polybrominated diphenyl ether (PBDE) levels in coked food. *Toxicol Environ Chem.* 88: 207–211.
- [33] Sharif R, Ghazali AR, Rajab NF, Haron H, Osman F (2008). Toxicological evaluation of some Malaysian locally processed raw food products. *Food Chem. Toxicol.* 46: 368–374.
- [34] Wang M, Zhang H (2018). Accumulation of Heavy Metals in Roadside Soil in Urban Area and the Related Impacting Factors. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15: 1064; 11 pp. doi: 10.3390/ijerph15061064

- [35] Wu Z, Li C, Lv S, Zhou B (2009). Pantothenate kinase-associated neurodegeneration: insights from a *Drosophila* model. *Hum. Mol. Genet.* 18(19): 3659--3672. (Export to RIS)
- [36] Yacomelo HM (2014). Riesgo tóxico en personas expuestas a suelos y vegetales, con posibles concentraciones de metales pesados, al sur del atlántico. Tesis de grado. Título Magister en ciencias Agrarias.
- [37] Zamora FR, Torres RD, Rodríguez G, Yendis C (2009). Uso de agua residual y contenido de materia orgánica y biomasa microbiana en suelos de la llanura de Coro, Venezuela. *Agricultura Técnica en México [en línea]* 2009. 35 (Abril-Junio): [Fecha de consulta: 7 de septiembre de 2016] Disponible en:<
- [38] Zeng F, Ali S, Zhang H, Ouyang Y, Qiu B, Wu F, Zhang G (2011). The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants. *Environ Polut.* 159 (1): 84-91.