

Evaluación Comparativa de niveles sanguíneos de plomo en caninos y felinos en entornos urbanos y rurales del departamento de Antioquia, Colombia

Comparative Assessment of Blood Lead Levels in Canines and Felines in Urban and Rural Environments in the Department of Antioquia, Colombia

Miguel Zapata Durango¹ (CC 1000641096); Ricardo Ramírez Uscátegui² Médico veterinario, PhD; Óscar Andrés Sáenz Ruiz² Ingeniero Forestal MSc en Ing Administrativa.

¹ Estudiante MVZ, facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES, Medellín-Antioquia, Colombia, CC 1000641096 Email: zapata.miguel@uces.edu.co

² Docentes MVZ CES, Grupo INCA-CES Edificio C, Poblado, Medellín- Antioquia,

Resumen

Los metales pesados como es el caso del plomo (Pb), son elementos que presentan un peligro en general para los seres vivos que estén en contacto con estos, y además por su gran utilidad y características llamativas para las industrias, estos se extraen y se emplean para diversas actividades económicas a nivel global. Es acertado mencionar que, en el medio colombiano en su mayoría rural, esta clase de metales son usados ampliamente sobre todo en el sector de la minería, en especial la enfocada en obtener metales preciosos como el oro o la plata, a menudo contaminando fuentes hídricas y causando demás problemas ambientales, por lo que los seres humanos y animales, en concreto las mascotas de sectores rurales, no se muestran ajenos a la exposición por estos agentes provenientes de dicho sector. La medición del plomo en sangre es indicada en el caso de presencia de pacientes con signos clínicos sugestivos de intoxicación por Pb además de que

funciona como indicador de exposición reciente al metal para valorar los pacientes sea o no que presenten los signos característicos del cuadro clínico. El objetivo principal del presente estudio consiste en correlacionar los niveles de plomo obtenidos de muestras sanguíneas tanto en perros como gatos en entornos rurales asociados a procesos de minería y urbanos, las cuales serán obtenidas, procesadas y analizadas bajo la supervisión de profesionales en salud con el ánimo general de establecer si dichos resultados pueden dar cuenta y/o extrapolarse a la problemática que concierne a la salud pública respecto a la exposición al metal por parte de los seres humanos.

Palabras clave: *plomo, sangre, minería, metales pesados.*

Abstract

Heavy metals, such as lead (Pb), are elements that pose a general threat to living beings in contact with them. Moreover, due to their high utility and appealing characteristics for industries, they are extracted and used for various economic activities on a global scale. It is accurate to mention that in the predominantly rural Colombian environment, these kinds of metals are widely used, especially in the mining sector focused on obtaining precious metals like gold or silver. This often leads to the contamination of water sources and various environmental problems. As a result, humans and animals, particularly rural pets, are not immune to exposure to these agents from this sector. The measurement of lead in blood is indicated in cases where patients exhibit clinical signs suggestive of lead poisoning. It also serves as an indicator of recent metal exposure to assess patients, whether or not they show the characteristic clinical symptoms. The main objective of this study is to correlate the lead levels obtained from blood samples in both dogs and cats in rural environments associated with mining processes and urban settings. These samples will be obtained, processed, and analyzed under the supervision of healthcare professionals with the overall aim of determining whether these results can shed light on, or be extrapolated to, the public health issue regarding human exposure to

the metal

Key words: *lead, blood, mining, heavy metals.*

Introducción

Aquellos metales cuya densidad es relativamente alta, pero muestran ser tóxicos en dosis pequeñas se les denomina “metales pesados”, ejemplos de estos metales son: arsénico (As), plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cromo (Cr), talio (Ti), los cuales son componentes naturales de la corteza terrestre y sus concentraciones en el medio ambiente se deben principalmente a las actividades humanas (1), estos metales ingresan al organismo en pequeñas cantidades a través de alimentos, el agua potable y el aire (2).

El plomo cuyo símbolo químico es (Pb), es un metal pesado obtenido de manera frecuente en refinamiento de minas o del reciclaje de materiales que contienen plomo como lo son las baterías de los automóviles (3). Este metal posee una gran variedad de propiedades que lo hacen atractivo para la industria, por lo que fue comúnmente utilizado como aditivo de gasolina, soldadoras, refinación, entre otras funciones (4).

A pesar de las muchas funciones que ofrece el plomo, este se considera uno de los contaminantes ambientales más peligrosos y acumulativos que afectan a todos los sistemas biológicos a través de la exposición con el agua y alimentos. siendo que los animales al igual que los humanos, ambos suelen estar sujetos al peligro que genera la exposición al plomo especialmente en zonas industriales (5), y que luego de ingresar al organismo por medio de las tres vías principales: respiratoria, digestiva y cutánea, causa daños graves a nivel celular a largo plazo que son preocupantemente imperceptibles a corto plazo (6).

El plomo en particular presenta toxicidad elevada y persistente en plantas, animales

y acaba afectando el equilibrio ecológico y a la salud humana a lo largo de la cadena alimentaria (7), caracterizado por ocasionar efectos tóxicos sobre el tracto gastrointestinal, sobre el sistema renal y sobre el SNC y periférico, así como interferencias con sistemas enzimáticos implicados en la síntesis del grupo hemo. El plomo se encuentra en diversos componentes del medio ambiente ejemplo el aire, plantas y animales de uso alimentario, así como en el agua, ríos, océanos y lagos, por lo tanto, se puede afirmar que los seres vivos se encuentran constantemente expuestos a este elemento, lo que presenta un riesgo potencial para su salud.

El Pb tiene la capacidad de atravesar la piel a través de las diferentes estructuras que la componen como glándulas sebáceas o sudoríparas, llegando directamente al torrente sanguíneo (8) y posteriormente redistribuido en el organismo hacia tejidos blandos (9), la vía percutánea es en particular la vía de menor permeabilidad al plomo inorgánico. Por otro lado, en cuanto a la ingesta, una vez este entra en el tracto digestivo, se absorbe activamente y dicha absorción va a depender de factores como: estado nutricional, edad, tamaño de la partícula, deficiencia de minerales como hierro y calcio, y la dieta del individuo (3). Por último, la vía respiratoria la cual es mínima a comparación de la vía digestiva, pero a su vez funge como la más peligrosa (8).

Como se mencionó anteriormente, una vez el plomo llega al sistema circulatorio del individuo, este se va a distribuir rápidamente hacia tejidos blandos de todo el organismo como lo son: hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son órganos blanco de toxicidad, para luego de uno a dos meses insertarse en el hueso, de manera que ocupa el lugar del calcio, pero no ejerce toxicidad ya que permanece inerte (3).

Se sabe que el plomo genera toxicidad en los diversos sistemas biológicos tanto humanos como animales, siendo uno de ellos y como pieza de estudio más importante en humanos el sistema nervioso (10) y que mayormente concierne en el presente estudio. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los hallazgos y

comparaciones en humanos y animales sugieren que las mayores similitudes cualitativas afectan procesos conductuales relativamente complejos como la cognición y el aprendizaje, además de que la medición de los niveles de plomo en sangre suele no ser comparable entre especies, por ende, las comparaciones a partir de dosis-respuesta para diversos parámetros suelen ser difíciles (11). Se habla de que en humanos especialmente en niños pequeños, no cabe ninguna duda de la presencia de efectos sutilmente nocivos el desarrollo neuropsicológico infantil, en donde se pueden observar niveles superiores en sangre $20\mu\text{g}/100\text{ml}$ que indican toxicidad por este metal (10). Una forma de develar los efectos del nocivos del Pb en el sistema nervioso y en las habilidades cognitivas son los resultados de estudios a partir de las llamadas “escalas de habilidades de los niños” como la escala de McCarthy, en donde se indica que infantes de entre 4-5 años expuestos de manera temprana al plomo presentan una disminución en los puntajes en comparación con los no expuestos. Así mismo, en investigaciones realizadas anteriormente con primates no humanos y ratas intencionalmente expuestos al metal Pb en instancias tempranas, en concreto desde el nacimiento hasta alcanzar un año de vida. Aquellos que fueron expuestos, presentaron mayores dificultades en comparación con aquellos que no en el aprendizaje de diversas actividades, inclusive cuando las concentraciones de plomo en sangre habían descendido hasta niveles iguales que la población no expuesta (11).

Para poner en contexto la situación del plomo (Pb) a nivel mundial, hay que mencionar que este ha sido extraído y empleado desde la antigüedad para su uso en diversos campos de la sociedad humana, pero que, a partir de la década de 1920, fue ampliamente utilizado en forma de “tetraetilo de plomo” como mejorador del rendimiento de los motores de automóviles y solucionando algunos de los problemas de dicha industria cargaba en anteriores años (12). Otra situación que presenta hoy en día con respecto al problema del plomo es que a pesar del conocimiento en general la población posee sobre los efectos nocivos de las pinturas con contenido de plomo, las pruebas residenciales del mercado americano siguen mostrando niveles inaceptables de plomo como compuesto que añade

características a este producto tales como el color, el rápido secado y la resistencia a la corrosión (13). En el caso de Europa, el plomo está ampliamente estudiado, y al igual que en varios de los países desarrollados, el plomo fue ampliamente liberado a la atmósfera a través de la minería y la fundición, y que, por su capacidad de depositarse en los sedimentos lacustres, este metal tiene en particular una alta fiabilidad como indicador indirecto para reconstruir la contaminación del pasado directamente relacionada con dichas actividades antropogénicas. En la región minera de la unión en España, se identificó presencia de metales como el cromo, cadmio y plomo en suelos de áreas explotadas, lo que se considera un obstáculo para el crecimiento de vegetación que prevendría la erosión e impediría la diseminación de sustancias tóxicas en el suelo (14). En Colombia el problema de la intoxicación por plomo también llamada saturnismo, lamentablemente no se ha estudiado de manera amplia, por lo que no cuenta se con muchos datos estadísticos de magnitud relevante con respecto al problema de salud humana derivado a la exposición ocupacional al plomo en el sector informal incluyendo la extracción, fundición y producción de productos que contienen el metal (15). Algunas mediciones hechas en el territorio colombiano concretamente en el departamento de Boyacá sobre de la presencia de material particulado (PM por sus siglas en inglés) de metales pesados como el plomo (Pb) y mercurio (Hg) en los cuerpos de agua ubicados en los municipios de Paz de rio, Samacá, Ramiriquí y Soacha, indican que en todos ellos existen concentraciones elevadas de plomo, incluyendo uno de los municipios fuera de la zona de influencia de actividad minera (16).

En los departamentos de Antioquia, Chocó, Bolívar, Córdoba y Sucre, diversos estudios han descrito concentraciones variables de contaminación con dichos metales en suelos, peces, agua, sedimentos, aire, alimentos y población humana, y en muchos casos el riesgo de alteraciones en la salud por exposición a este contaminante. Siendo que la preocupación creciente se debe al auge del sector minero de metales preciosos tales como el oro (Au) y plata (Ag), los cuales, a pesar de su gran importancia para el sector económico, también han causado daños graves e irreversibles, y afectaciones a la salud de las poblaciones de los municipios

en donde se realiza dicha actividad (17). A partir de lo anterior se puede indagar en el hecho de que no solo la salud humana puede estar siendo afectada si no también la salud animal, tal es el caso la de mascotas específicamente perros y gatos, lo cual funge como uno de los objetivos de esta investigación.

Debido a que el plomo (Pb) es un metal pesado que no puede ser degradado ni disociado por los seres vivos (18), se puede afirmar que presenta una naturaleza venenosa en seres vivos a concentraciones bajas, por lo que este y otros MP representan una fuente de peligro para los seres cuya cadena alimentaria esté estrechamente relacionada con estos. Por lo que el factor principal que impulsa a la realización del estudio de la presencia del plomo en animales es el hecho de que, ha habido un uso poco frecuente de modelos animales para el estudio de las anomalías hematológicas inducidas por el plomo y una relativa escasez de información sobre los efectos hematológicos del plomo en muchos animales domésticos (19), que al igual que como lo afirma El Dr. Daniel K. Langlois, profesor adjunto de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Estatal de Michigan, afirma que la toxicosis es probablemente poco frecuente, pero que las pruebas son poco comunes, es decir, el problema no solo está en la presencia del tóxico, sino también la poca frecuencia con la que es diagnosticado, siendo que la principal intención del presente análisis surge como un deber investigativo fundamentado en la importancia que tiene el saber el nivel de peligro al que los animales domésticos están sometidos al estar expuestos a niveles considerables de plomo apoyado en la medición sanguínea del plomo de los animales domésticos.

Objetivo general

Caracterizar y relacionar niveles de Plomo (Pb) sanguíneo en perros y gatos que viven cerca a zonas mineras del departamento de Antioquia.

Objetivos específicos

Contextualizar de manera sencilla acerca la situación del plomo en Colombia y el mundo, y como se extrapola a los animales domésticos.

Validar la técnica de medición Pb sérico.

Comparar los resultados entre los diferentes municipios muestreados.

Identificar si existe relación entre la minería y la intoxicación por plomo.

Materiales y métodos

Inicialmente se llevará a cabo un examen clínico general a cada uno de los pacientes. Posteriormente para llevar a cabo el estudio, se describen los siguientes materiales que se utilizarán y procedimientos que se llevarán a cabo a los sujetos de la investigación:

Alcohol desinfectante (2L), motas de algodón (1000g), tubos vacutainer tapa lila (120 unidades), guantes de nitrilo (100 pares), agujas BD vacutainer (120 unidades) máquina de rasurar eléctrica nevera portátil para muestras biológicas 4.5 L, marcador para la rotulación e identificación de las muestras, un paquete de mil gramos de galletas para perros como recompensa para los sujetos caninos, dos paquetes, 5 unidades de 60 gramos de snacks para gatos para el mismo propósito anteriormente mencionado.

Como se describe en el estudio “Determinación de plomo en sangre de perros de la ciudad de Toluca, México” (20), la técnica de recolección de la sangre se hace mediante venopunción cefálica en donde se colectan de 3-5 ml en tubo de vidrio con heparina. A partir de lo anterior el estudio en su fase inicial consistirá en la extracción una muestra de 10 ml de sangre venosa a partir de la vena cefálica de los individuos en tubo vacutainer tapa color lila (tubo con anticoagulante EDTA), esto según las indicaciones del laboratorio elegido para el procesamiento de dichas muestras, las cuales se enviarán posteriormente al laboratorio clínico especializado

Nohemy Cruz ubicado en Santiago de Cali, Valle del Cauca en Av. 5AN #17N – 98 Local 101Ed. Contacto 57 (2) 6613023, para su procesamiento y obtención de los resultados mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, técnica que se basa en la capacidad de los átomos de un elemento para absorber la radiación electromagnética de una longitud de onda específica, proceso que implica tres etapas principales de atomización, absorción y medición; en donde la muestra se convierte a átomos individuales por medio de una llama u horno de grafito, dichos átomos absorben radiación impartida, para luego medir la concentración e intensidad de la radiación absorbida respectivamente (21).

Población y Muestra

La población del presente estudio constará de cuarenta (40) individuos perros (*Canis lupus familiaris*) y 40 individuos gatos (*Felis catus*) que habitan hogares ubicados en los siguientes municipios de Antioquia: Buriticá, Segovia, Zaragoza y Argelia, distribuidos de manera que en cada municipio en el que se llevarán a cabo muestreos equivalentes a un 25% de los individuos de cada una de las 2 especies, para un total de diez perros y diez gatos muestreados en cada municipio. Adicionalmente se realizará una prueba control en el municipio capital de Medellín, en donde se muestrearán cinco individuos de cada especie en cada una de las comunas seleccionadas las cuales serán: Aranjuez, Castilla, San Javier y Buenos Aires, para un total de 40 animales evaluados.

Las variables que se van a analizar y relacionar se muestran en la tabla número 1.

Tabla 1. Variables cuantitativas y cualitativas para el estudio de medición de plomo en sangre

Variable	Naturaleza	Categoría/calificación/ unidad	Definición operativa
Nivel de plomo en sangre	Cuantitativa	µg/dl	Análisis de los resultados de laboratorio
Alimentación/dieta	Cualitativa	Tipo de dieta	Obtención de la información mediante tutores de los sujetos.
Comportamiento	Cualitativa	<ul style="list-style-type: none"> • Calmado • Inquieto • agresivo 	Análisis a distancia/ consulta con el tutor
Historial clínico	cualitativa	Enfermedades de base o preexistentes	Análisis de historia clínica
Tipo de actividad minera	Cualitativa	<ul style="list-style-type: none"> • Metales preciosos • otra 	Consulta con las autoridades
Distancia de los hogares a las zonas de actividad minera	Cuantitativa	Metros (mts) Kilómetros (km)	Medición de distancia mediante utilización de aplicación satelital
Presencia de barreras naturales	Cualitativa	<ul style="list-style-type: none"> • Sí • No 	Análisis del entorno

Plan de análisis

Todas las variables serán evaluadas en su estadística descriptiva por municipio y por especie, haciendo énfasis en la normalidad a través de los coeficientes de curtosis como en sesgo estandarizado (ambas entre -2 a +2), así mismo se revisará la variabilidad relativa a través del coeficiente de variación buscando siempre valores inferiores al 30% para evidenciar un adecuado muestreo. Se verificará la homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene, para probar independencia de las observaciones y homogeneidad de varianzas (p -valor $>0,05$). Una vez surtidas estas pruebas se practicará Análisis de Varianza ANOVA para medias repetidas comparando por municipio para cada especie con un nivel de confianza del 95%, en caso de encontrar diferencia estadística significativa de la prueba F ($P<0,05$) se procederá a realizar una prueba Post hoc HSD de Tukey, con

el fin de encontrar los grupos homogéneos.

Para la comparación entre rural y urbano para cada especie para cada variable se utilizará la prueba T de Student tipo 3 de dos colas con un nivel de significancia del 95% ($p < 0,05$), ya que todos los animales proceden de poblaciones diferentes.

Consideraciones éticas

El presente estudio de naturaleza carácter prospectivo transversal analítico, en el cual los tutores de los individuos que participarán en este, se les solicitará un consentimiento informado antes de iniciar, en donde autoricen que están de acuerdo tanto con los procedimientos de obtención de muestras como de su procesamiento y análisis de resultados. Además, se comprometerá a respetar de manera total tanto la confidencialidad como el anonimato de los tutores de los perros y gatos participantes. Por último, esta investigación tendrá el propósito de beneficiar a la población en general en forma de información e identificación del grave problema que tiene la presencia del plomo en cualquier entorno.

El presente estudio debe pasar por la evaluación del comité de ética para investigaciones animales de la Universidad-CES, antes de iniciar sus colectas, se considera de riesgo mínimos, pues no realiza ninguna intervención terapéutica en los pacientes y apenas realiza colecta de sangre como único material en una única ocasión.

Los tutores de los animales que participarán deberán expresar y firmar un consentimiento informado antes de iniciar, en el cual autoricen que están de acuerdo tanto con los procedimientos de obtención de muestras como de su procesamiento y análisis de resultados.

Los investigadores, se comprometen a respetar de manera total tanto la confidencialidad como el anonimato de los tutores de los perros y gatos

participantes. Por último, esta investigación tendrá el propósito de beneficiar a la población en general en forma de información e identificación del problema que tiene la presencia del plomo en cualquier entorno orgánico.

Resultados esperados

Se espera que al momento de la evaluación de los resultados de las pruebas de control del nivel de plomo llevadas a cabo en la ciudad de Medellín en el hallazgo más común sea que la concentración de plomo sea en promedio alrededor de 7 ug/dL (0,07 ppm) y no mayor a 12 ug/dL (0,12 ppm), las cuales son concentraciones que normales de plomo en la sangre de los individuos (22).

Se anticipa que las concentraciones de Pb en sangre de los caninos y felinos pertenecientes a zonas con historial minero, superen las concentraciones normales del metal, es decir, concentraciones mayores a 12 ug/dL por lo menos en el 30% de los casos, lo cual sugiere la presencia de trazas considerables de plomo por exposición mayor a lo aceptable sin llegar al umbral de nivel sugestivo de intoxicación, De igual manera se prevé que por lo menos un 10 por ciento de los individuos presentarán concentraciones por encima de 25 ug/dL lo cual como se indica según estudios se debe considerar como un nivel alto de pb que debe ser considerado como intoxicación existan o no signos clínicos asociados a la condición. Por último, se cree que por lo menos uno de los sujetos de estudio presente una concentración que supere los 60 ug/dL caso en el cual se esperan encontrar signos clínicos asociados a enfermedad por Pb, por lo que cabe resaltar que los niveles de plomo más comunes perros con presencia de la sintomatología oscilan entre los 30 ug/dL a 530 ug/dL (22).

Según los resultados obtenidos, se discutirá la relación que existen entre las zonas mineras del estudio y el nivel exposición al plomo de los caninos y felinos domésticos, de manera que dichos resultados serán correlacionados con diversos parámetros del entorno de los respectivos sujetos como de la cercanía y el alcance

de las mineras de cada municipio visitado, para establecer si existe o no una relación directa entre la presencia de sitios mineros y las concentraciones de Pb encontradas en su sangre.

Según las variables cualitativas y cuantitativas obtenidas de cada uno de los individuos se valorará de manera el nivel de exposición y/o peligro al que estén sujetos estos como población por cada uno de los respectivos municipios en los que se realice el estudio.

Referencias

1. Durkalec M, Szkoda J, Kolacz R, Opalinski S, Nawrocka A, Zmudzki J. Bioaccumulation of Lead, Cadmium and Mercury in Roe Deer and Wild Boars from Areas with Different Levels of Toxic Metal Pollution. *Int J Environ Res.* 2015; 9 (1): 205-206.
2. Pandey G, Madhuri S. Heavy metals causing toxicity in animals and fishes. *Res J Anim Vet Fish Sci.* 2014; 2 (2): 17-23.
3. INFANTAS, Melinda M. Valdivia. Intoxicación por plomo. *Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna*, 2005; 18 (1): 22-27.
4. Martínez, AR, et al. Efecto de la melatonina en animales intoxicados con plomo. *Revista Jóvenes en la Ciencia* 2015; 1 (2): 101-5.
5. Assi MA, Hezmee MNM, Haron AW, Sabri MYM, Rajion MA. The detrimental effects of lead on human and animal health. *Vet World.* junio de 2016; 9 (6): 660-71.
6. Rey AR, Luna LC, Cantillo GM, Espinosa MES. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Rev Cuba Investig Bioméd.* 2017; 35 (3): 251-71.
7. Fu Q, Tan X, Ye S, Ma L, Gu Y, Zhang P, et al. Mechanism analysis of heavy metal lead captured by natural-aged microplastics. *Chemosphere.* 1 de mayo de 2021; 270: 128624.
8. Rubio C, Gutiérrez AJ, Izquierdo RM, Revert C, Lozano G, Hardisson A. El plomo como contaminante alimentario. *Rev Toxicol.* 2004; 21 (2-3): 72-80.

9. Montoya NM, Casas PA, Wandurraga CC. Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Cienc Tecnol Para Salud Vis Ocul.* 2010; 8 (1): 77-88.
10. Gidlow DA. Lead toxicity. *Occup Med.* 1 de marzo de 2004; 54 (2): 76-81.
11. Davis JM, Otto DA, Weil DE, Grant LD. The comparative developmental neurotoxicity of lead in humans and animals. *Neurotoxicol Teratol.* 1 de mayo de 1990; 12 (3): 215-29.
12. Obeng-Gyasi E. Sources of lead exposure in various countries. *Rev Environ Health.* 1 de marzo de 2019; 34 (1): 25-34.
13. World Health Organization. Exposure to lead: a major public health concern. Third edition. 2023; p. 2-5.
14. Longman J, Veres D, Finsinger W, Ersek V. Exceptionally high levels of lead pollution in the Balkans from the Early Bronze Age to the Industrial Revolution. *Proc Natl Acad Sci.* 19 de junio de 2018; 115 (25): E5661-8.
15. Cárdenas-Bustamante O, Varona-Urbe ME, Núñez-Trujillo SM, Ortiz-Varón JE, Peña-Parra GE. Correlación de protoporfirina zinc y plomo en sangre en trabajadores de fábricas de baterías, de Bogotá, Colombia. *Rev Salud Pública de México* 43(3): 203-210.
16. Agudelo Calderón CA, García-Ubaque JC, Robledo Martínez R, García-Ubaque CA, Quiroz-Arcentales L. Evaluación de condiciones ambientales: aire, agua y suelos en áreas de actividad minera en Boyacá, Colombia. *Rev Salud Pública.* 28 de abril de 2016; 18 (1): 50-60.
17. Lozano J, Uribe RP. Alteraciones neurológicas y síndrome anémico en poblaciones expuestas a contaminación por plomo de seis municipios del bajo y medio cauca del departamento de antioquia–colombia. En: *memorias del vi congreso internacional de salud pública y iii simposio internacional auditoría y gerencia estratégica de la calidad.* p. 67.
18. Astete J, Cáceres W, Sabastizagal I, Oblitas T, Pari J, Rodríguez F. Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 26 (1): 15-19.
19. George JW, Duncan JR. The Hematology of Lead Poisoning in Man and Animals. *Vet Clin Pathol.* 1979; 8 (1): 23-30.

20. Valladares-Carranza B, Peña-Betancourt SD, Zamora-Espinosa JL, Velázquez-Ordóñez V, Ortega-Santana C, Zaragoza-Bastida A, et al. Determinación de plomo en sangre de perros de la ciudad de Toluca, México. REDVET Rev Electrónica Vet. 2014; 15 (4): 1-10.
21. Martínez Guijarro, M. R. (2020). Análisis Instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). En Análisis Instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA), 3-4. Universitat Politècnica de València.
22. Monsó jmt, chevalier dp, de gopegui rr. Intoxicación por plomo en el perro: Caso clínico. Clínica Vet Pequeños Anim. 2001; 21 (1): 37-42.