

## Artículo Original

# Evaluación del riesgo toxicológico por exposición a plomo y cadmio en suelos de los alrededores del Parque Industrial Infantas, Los Olivos

## Assessment of the toxicological risk from exposure to soils with lead and cadmium in the surroundings of the Infantas Industrial Park, Los Olivos

Denisse Olórtegui <sup>1</sup>, Christopher Ynocente <sup>2</sup>, Mesías García <sup>3,a</sup>, Gloria Marín <sup>3,b</sup>

Recibido: 26/02/2020 Aceptado: 11/12/2020 Publicado: 31/12/2020

### Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el riesgo toxicológico por exposición a suelos con presencia de plomo y cadmio en zonas aledañas al Parque Industrial Infantas en Los Olivos – Lima (2018). Se tomaron 40 muestras del suelo, 20 muestras en la urbanización Carabayllo y 20 muestras en la urbanización Villa del Norte. Se obtuvo que la concentración de Pb y Cd en la Urb. Carabayllo tuvo una media de 66,97 mg/kg y 0,86 mg/kg; para la Urb. Villa del Norte es de 51,43 mg/kg y 0,73 mg/kg respectivamente. Las concentraciones obtenidas cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente de Perú. Se estimó la Dosis de Exposición (DE) en la urbanización Carabayllo, para adultos, se obtuvo una  $DE_{Pb} = 0,000143$  mg/kg/día y  $DE_{Cd} = 0,000002$  mg/kg/día; y para niños, una  $DE_{Pb} = 0,002494$  mg/kg/día y  $DE_{Cd} = 0,000032$  mg/kg/día. En la urbanización Villa del Norte, para adultos, se obtuvo una  $DE_{Pb} = 0,000109$  mg/kg/día y  $DE_{Cd} = 0,000002$  mg/kg/día; y para niños, una  $DE_{Pb} = 0,001916$  mg/kg/día y  $DE_{Cd} = 0,000027$  mg/kg/día. Luego del cálculo de la DE, se procedió con el cálculo del Índice de Peligrosidad. Se obtuvo un índice por debajo del 1 ( $IP < 1$ ) por lo que el riesgo toxicológico por exposición al suelo fue aceptable para la población.

**Palabras clave:** Plomo; cadmio; suelo; evaluación de riesgos; Toxicología.

### Abstract

The objective of this study was to evaluate the toxicological risk due to exposure to soils with the presence of lead and cadmium in areas surrounding the Infantas Industrial Park in Los Olivos - Lima (2018). 40 soil samples were taken, 20 samples in the Carabayllo urbanization and 20 samples in the Villa del Norte urbanization. It was obtained that the concentration of Pb and Cd in Urb. Carabayllo had a mean of 66.97 mg / kg and 0.86 mg / kg; for Urb. Villa del Norte it is 51.43 mg / kg and 0.73 mg / kg respectively. The concentrations obtained comply with the Environmental Quality Standard (ECA) of the Ministry of the Environment of Peru. The Exposure Dose (DE) was estimated in the Carabayllo urbanization, for adults, a  $DE_{Pb} = 0.000143$  mg / kg / day and  $DE_{Cd} = 0.000002$  mg / kg / day were obtained; and for children, a  $DE_{Pb} = 0.002494$  mg / kg / day and  $DE_{Cd} = 0.000032$  mg / kg / day. In the Villa del Norte urbanization, for adults, a  $DE_{Pb} = 0.000109$  mg / kg / day and  $DE_{Cd} = 0.000002$  mg / kg / day were obtained; and for children, a  $DE_{Pb} = 0.001916$  mg / kg / day and  $DE_{Cd} = 0.000027$  mg / kg / day. After calculating the DE, we proceeded with the calculation of the Danger Index. An index below 1 ( $IP < 1$ ) was obtained, so the toxicological risk from exposure to the soil was acceptable for the population.

**Keywords:** Lead; cadmium; heavy metals; soil; risk assessment.

<sup>1</sup> Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. Autor para correspondencia: [sofia.toxicologa@gmail.com](mailto:sofia.toxicologa@gmail.com)

<sup>2</sup> Ministerio de Energía y Minas. Lima, Perú. E-mail: [christopherynocente@gmail.com](mailto:christopherynocente@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima, Perú.

a E-mail: [mgarciao@unmsm.edu.pe](mailto:mgarciao@unmsm.edu.pe)

b E-mail: [gmarin@unmsm.edu.pe](mailto:gmarin@unmsm.edu.pe)

### Citar como:

Olórtegui, D., Ynocente, C., García, M. y Marín, G. (2020). Evaluación del riesgo toxicológico por exposición a plomo y cadmio en suelos de los alrededores del Parque Industrial Infantas, Los Olivos. *Ciencia e Investigación* 2020 23(2):9-13. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/ci.v23i2.19376>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Ciencia e Investigación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución - No Comercia\_Compartir Igual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

## INTRODUCCIÓN

El país ha venido creciendo económicamente debido al aprovechamiento de sus recursos naturales<sup>1</sup>; no obstante, dicho crecimiento también genera consecuencias negativas a causa de las consecuencias perjudiciales para la salud y el ambiente. Emisiones, efluentes y residuos son liberados al ambiente como consecuencia de la obtención de productos a partir de insumos. Por ello, dichas actividades deben desarrollarse en parques industriales<sup>2</sup>, áreas reservadas para la realización de actividades productivas, donde se dispone de infraestructura y equipos adecuados para la actividad. De esta manera podrían evitarse casos de contaminación ambiental e intoxicaciones como lo ocurrido en el distrito de Mi Perú, ubicada en la Provincia Constitucional del Callao, el cual fue declarado en Emergencia Ambiental (RM-N°307-2017-MINAM) debido a la contaminación ambiental por plomo<sup>3</sup>. El plomo en el organismo se distribuye en compartimentos como la sangre, tejidos blandos y huesos, provocando toxicidad en los huesos, hematotoxicidad y neurotoxicidad<sup>4,5</sup>. Asimismo, el cadmio provoca las siguientes manifestaciones en la salud: Insuficiencia renal, edema cerebral, hemorragias, hipertensión arterial y enfisema pulmonar<sup>6-8</sup>.

Debido a ello, el objetivo del presente estudio es evaluar el riesgo toxicológico por exposición a suelos con plomo y cadmio a través de la Metodología de Evaluación de Riesgos de la OPS/OM<sup>9</sup>, la cual permite determinar la probabilidad de aparición de efectos adversos para la población expuesta a determinados contaminantes. Dicha metodología cuenta con una serie de pasos: 1. Identificación del peligro: abarca la recolección y evaluación

de la información toxicológica de una sustancia. 2. Evaluación dosis – respuesta: determinación de un rango seguro de exposición al que se le conoce como “Dosis de Referencia” (DRf)<sup>10</sup>. 3. Evaluación de la exposición: la cual puede darse al entrar en contacto con el aire, agua o suelo, esto hace que las vías más importantes de exposición sean: la inhalatoria, dérmica y digestiva<sup>11</sup>. 4. Caracterización del riesgo: evaluación que determina si el riesgo identificado es aceptable o inaceptable. 5. Gestión y comunicación del riesgo: planteamiento de políticas para la prevención.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio descriptivo, cuasi experimental, analítico, prospectivo de corte transversal.

Muestreo: Según la Guía de Muestreo de Suelos del Ministerio del Ambiente, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo<sup>12</sup>, se recolectaron un total de 40 muestras de suelos, las cuales fueron llevadas al Centro de Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental – CICOTOX para su análisis (Ver figura 1).

Métodos para la determinación de metales pesados: La metodología analítica empleada para el análisis de plomo en suelo fue por Espectrofotometría de Absorción Atómica de flama; mientras que para la determinación de cadmio fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica con horno de grafito<sup>13</sup>.

Metodología para la Evaluación de riesgos toxicológicos: Luego de obtener las concentraciones de plomo y cadmio en suelo se procedió a aplicar la metodología para la evaluación de riesgos toxicológicos propuesta por la

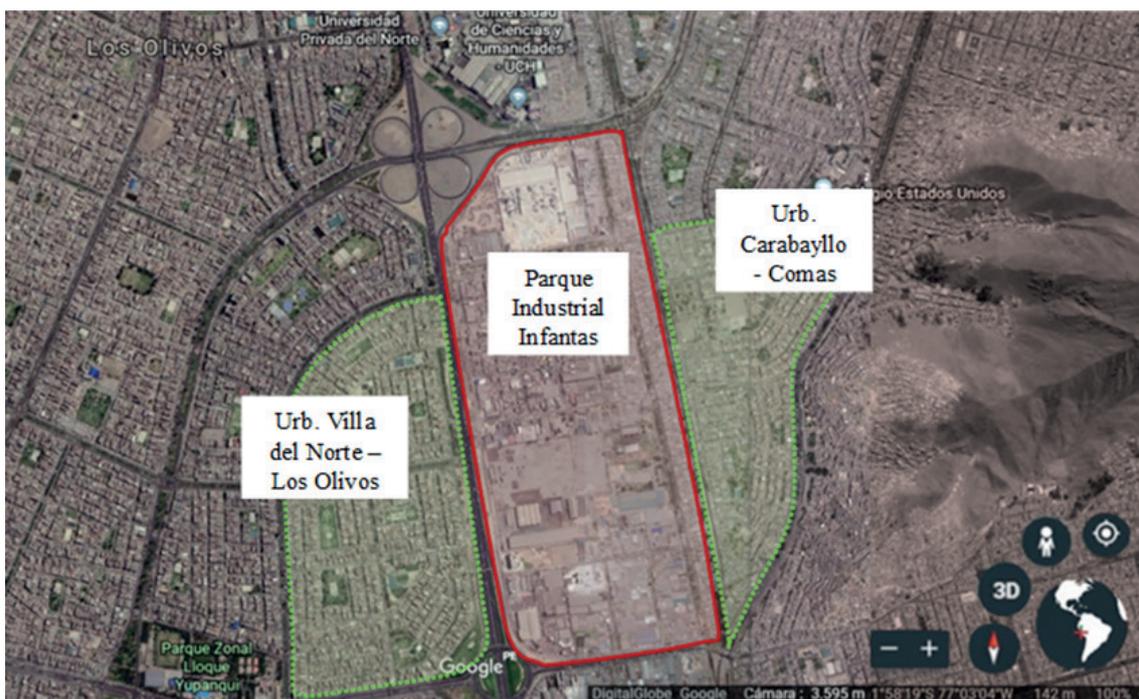


Figura 1. Mapa de las zonas de muestreo (en color verde) junto al Parque Industrial Infantas (en color rojo).

OPS/OMS, la cual consiste en determinar la Dosis de Exposición (DE) para determinar el Índice de peligrosidad (IP) y el Margen de Exposición (ME). Los pasos son los siguientes: 1) Evaluación preliminar de la zona de estudio, a fin de determinar las posibles fuentes de emisión de la o las sustancias contaminantes; 2) Identificación de las posibles rutas de exposición, consiste en describir las rutas ambientales que sigue un contaminante desde su fuente hasta que entra en contacto con las personas<sup>4</sup>; 3) Estimación de la dosis de exposición, para lo cual se requiere como insumo la Concentración del contaminante en el medio (C).

Cálculo de la Dosis de Exposición (DE)

$$DE = \frac{C \times TI \times FE \times 10^{-6}}{PC}$$

Donde:

DE: Dosis de Exposición (mg/kg/día)

C: Concentración del Contaminante

TI: Tasa de Ingesta

FE: Factor de Exposición

PC: Peso Corporal

El FE se calculará de la siguiente manera:

$$FE = \frac{\text{Frecuencia} \times \text{Duración}}{\text{Tiempo}}$$

El Peso Corporal (PC) se define como 70 Kg en adultos y 16 Kg para niños.

4) Caracterización del riesgo, utilizando un indicador de riesgo como lo es el Índice de Peligrosidad, el cual nos dice si el riesgo es significativo o no para la salud. EL IP relaciona la DE y la DRf, Cuando se obtiene un IP >1 se interpreta como niveles peligrosos de exposición; pero si el IP < 1 se considera como niveles seguros.

$$IP = \frac{\text{Dosis de exposición (DE)}}{\text{Dosis de referencia (DRf)}}$$

IP >1 Riesgo inaceptable

IP <1 Riesgo aceptable

## RESULTADOS

Se tomaron 40 muestras del suelo, 20 muestras en la urbanización Carabayllo y 20 muestras en la urbanización Villa del Norte. Se obtuvo que la concentración de Pb y Cd en la Urb. Carabayllo tuvo una media de 66,97 mg/kg y 0,86 mg/kg; para la Urb. Villa del Norte es de 51,43 mg/kg y 0,73 mg/kg respectivamente. En la Figura 2 se presenta la concentración de plomo en Comas y Los Olivos; mientras que en la Figura 3, las concentraciones de cadmio en ambas zonas de estudio.

A partir de las concentraciones de plomo y cadmio obtenidas, se estimó la Dosis de Exposición (DE) en ambas zonas de estudio. En la urbanización Carabayllo, para adultos, se obtuvo una  $DE_{Pb} = 0,000143$  mg/kg/día y  $DE_{Cd} = 0,000002$  mg/kg/día; y para niños, una  $DE_{Pb} = 0,002494$  mg/kg/día y  $DE_{Cd} = 0,000032$  mg/kg/día. En la urbanización Villa del Norte, para adultos, se obtuvo una  $DE_{Pb} = 0,000109$  mg/kg/día y  $DE_{Cd} = 0,000002$  mg/kg/día; y para niños, una  $DE_{Pb} = 0,001916$  mg/kg/día y  $DE_{Cd} = 0,000027$  mg/kg/día (Ver tabla 1-2).

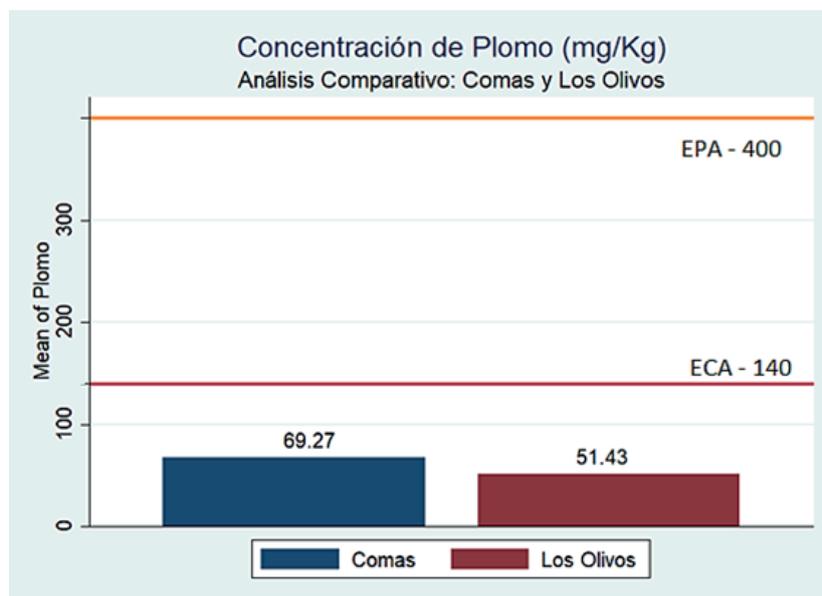


Figura 2. Concentración de plomo vs estándares de referencia, ECA suelo (140 mg/kg) y EPA (400 mg/kg)

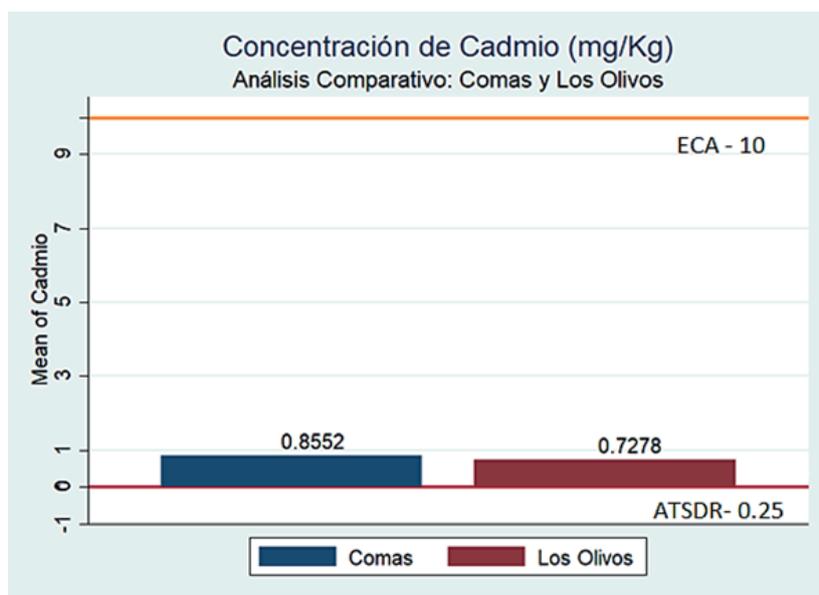


Figura 3. Concentración de cadmio vs estándares de referencia, ECA suelo (10 mg/kg) y ATSDR (0.25 mg/kg)

Tabla 1. Resultados de Dosis de exposición estimada

Lugar	Tipo de poblador	DE plomo mg/kg-día	DE cadmio mg/kg-día
Urb. Carabayllo – Comas	Adulto	0,000143	0,000002
Urb. Carabayllo – Comas	Niño	0,002495	0,000032
Urb. Villa del Norte – Los Olivos	Adulto	0,000109	0,000002
Urb. Villa del Norte – Los Olivos	Niño	0,001916	0,000027

Tabla 2. Resultados de Índice de peligrosidad

Lugar	Tipo de poblador	IP plomo	DE cadmio
Urb. Carabayllo – Comas	Adulto	0,024	0,002
Urb. Carabayllo – Comas	Niño	0,410	0,032
Urb. Villa del Norte – Los Olivos	Adulto	0,0182	0,002
Urb. Villa del Norte – Los Olivos	Niño	0,319	0,027

## DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó el riesgo toxicológico por exposición a plomo y cadmio de suelos de zonas aledañas al Parque Industrial Infantas, La metodología utilizada es la recomendada por la OPS/OMS, la cual es una adaptación de la metodología de la ATSDR<sup>9</sup> para países que no cuenten con información ambiental. La metodología empleada en el estudio es la recomendada para utilizarse en los países de la región de América Latina<sup>9</sup>.

Sobre la base de los resultados obtenidos se puede ver que la zona de Comas se encuentra más contaminada con respecto a la zona en Los Olivos. Posiblemente, esto se debe

a la dirección en la que viaja el viento, de sur a norte según la dinámica ambiental en las zonas de estudio.

Del cálculo de la dosis de exposición, en la urbanización Carabayllo, se determinó que los niños se encontraban expuestos a una mayor dosis de plomo y cadmio. Es importante aclarar que la dosis estimada solo representa aquella por exposición a suelo, pudiendo ser mayor si se considera el aire, agua e ingesta de alimentos<sup>14</sup>. De igual manera, en la urbanización Villa del Norte se determinó que la población infantil se encontraba expuesta a una mayor dosis de exposición que los adultos, lo cual coincidió con otras investigaciones

que refieren a los niños como la población más susceptible a los metales pesados<sup>15</sup>.

Respecto del Índice de Peligrosidad, se encontraron valores seguros de exposición, tanto en la urbanización Carabayllo como en la urbanización Villa del Norte, debido a que sus respectivos índices de peligrosidad fueron menores a la unidad. Los índices de peligrosidad determinados en la población infantil fueron mayores a los índices de peligrosidad de los adultos. Ello coincide con los resultados obtenidos por María de los Ángeles Tello, en la ciudad de Cuenca, Ecuador (2015), donde realizó un estudio de evaluación de riesgo en el que identificó a los niños como la población más susceptible<sup>16</sup>.

Para el caso del plomo en niños de ambas zonas de estudio, el valor del IP se encontró cerca de la unidad pudiendo representar un riesgo significativo si es que se evalúan otras matrices como aire, agua o alimentos.

## CONCLUSIONES

Esta investigación proporcionó datos acerca del riesgo toxicológico por exposición a plomo y cadmio en suelos de los alrededores del Parque Industrial Infantas. Se determinó que el riesgo toxicológico, tanto en la urbanización Carabayllo (Comas) como en la urbanización Villa del Norte (Los Olivos), fue aceptable debido a que los índices de Peligrosidad obtenidos fueron menores a 1. Para el caso de la población infantil, se determinó que el nivel de riesgo fue mayor que en adultos; y, además, próximo a la unidad por lo que es recomendable considerar otras matrices en la evaluación de riesgos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ministerio del Ambiente. Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes [Internet]. 1era ed. Lima: Ministerio del Ambiente; setiembre 2014. [citado 7 abr 2018]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/investigacion/registro-de-emisiones-y-transferencia-de-contaminantes-retc/>
2. Ministerio de la Producción [Internet]. Perú: Ministerio de la Producción [citado 10 feb 2020]. Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/2CCDF5E-D82CF2E2005257A1000627828/\\$FILE/1\\_Ley\\_28183.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2CCDF5E-D82CF2E2005257A1000627828/$FILE/1_Ley_28183.pdf)
3. Ministerio del Ambiente [Internet]. Perú: Ministerio del Ambiente [citado 18 sept 2018]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/resolucion-ministerial-n-307-2017-minam-2/>
4. Rodríguez A, Espinal G. Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo asociados en niños de 2 a 10 años en el barrio Villa Francisca, Santo Domingo, República Dominicana. Revista Ciencia y Sociedad. [Internet]. 2008; 33(4): 595-609. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/870/87012672005.pdf>
5. Garza A, Chávez H, Vega R, Soto E. Mecanismos celulares y moleculares de la neurotoxicidad por plomo. Revista de Salud Mental. [Internet]. 2005; 28(2): 48 – 58. Disponible en: <file:///H:/marco%20teorico/referencias/2005GarzayColsSaludMental-Plomo.pdf>
6. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos [Internet] 2002 [Citado 16 set 2015] 63(1):51-64. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1477/1260>
7. Nava-Ruiz C, Méndez-Armenta C. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Archivos de Neurociencia. [Internet]. 2011; 16(3): 140-147. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>
8. Pérez P, Azcona M. Los efectos del cadmio en la salud. Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas [Internet]. 2012; 17(3):199-205. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
9. Díaz F. Metodología de identificación y evaluación de riesgo para la salud en sitios contaminados. OPS/CEPIS/PUB/99.34. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Mundial de la Salud, 96P; 1999.
10. ATSDR. Evaluación de riesgos a la salud por exposición a residuos peligrosos. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. (Manual): Atlanta, EEUU; 1992.
11. Gutiérrez-Praena, D, Jos, A, Pichardo, S, Puerto, M, Sánchez-Granados, E, Grilo, A, Cameán, AM, Nuevos riesgos tóxicos por exposición a nanopartículas. Revista de Toxicología [Internet]. 2009;26(2-3):87-92. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91913002002>
12. Ministerio del Ambiente. Guía de Muestreo de Suelos [Internet]. Lima: Ministerio del Ambiente; setiembre 2014. [citado 7 abr 2018]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>
13. Gallegos W, Vega M, Noriega P. Espectroscopía de absorción atómica con llama y su aplicación para la determinación de plomo y control de productos cosméticos. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida [internet]. 2012; 15(1): 18-25. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4760473399003>
14. ATSDR. Evaluación de riesgos a la salud por exposición a residuos peligrosos. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. (Manual): Atlanta, EEUU; 1992.
15. Astete J, Cáceres W, Gastañaga MC, Lucero M, Sabastizagal I, Oblitas T. Intoxicación por plomo y otros problemas de salud en niños de poblaciones aledañas a relaves mineros. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública [Internet]. 2009 [citado 2020 Feb 10];26(1):15-19. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342009000100004&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342009000100004&lng=es).
16. Tello M. Evaluación del riesgo toxicológico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la Ciudad de Cuenca. [tesis de maestría]. Ecuador: Universidad Estatal de Cuenca; 2015.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Fuente de financiamiento:** Autofinanciado.