

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN SUELOS DE PANAMÁ UBICADOS A ORILLA DE CARRETERAS

EVALUATION OF THE STATE OF LEAD CONTAMINATION IN SOILS LOCATED ON THE EDGE OF ROADS IN PANAMA

González, Victor¹; Urriola, Leanne²; Carrera, Berta³; Mora, Francisco⁴

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá.
victor.gonzalez@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-4640-5965>

² Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá.
leanne.urriola@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-9858-4985>

³ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá.
berta.carrera@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0008-9777-6177>

⁴ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá.
famoras48@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-3317-5712>

Recepción: 4 de marzo de 2023

Aprobación: 10 de abril de 2023

RESUMEN

El contenido de los metales pesados que se encuentran en el suelo es prioritario para evaluar la calidad del suelo y su estado de degradación. En Panamá, la información referente a la contaminación por plomo en los suelos es escasa y limitada. El trabajo desarrollado tuvo la finalidad de evaluar el contenido de plomo de suelos usados para la producción agropecuaria y de zonas urbanas adyacentes a calles y carreteras en distintas zonas del país, para determinar si existe un estado de contaminación de estos. Muestras de suelo fueron recolectadas en diez (10) puntos diferentes a nivel nacional (Volcán, Boquete, Facultad de Ciencias Agropecuarias – Sede Chiriquí, Penonomé, El Ejido, San Martín, Universidad de Panamá – Sede Campus, Tocumen, Capira, Chepo). Para los parámetros químicos y físicos del suelo, las muestras fueron dispuestas para determinar el pH, textura, materia orgánica (MO), fertilidad, determinación y evaluación de plomo en el suelo recolectado. Los datos producto de la determinación de plomo fueron comparados con valores de referencia obtenidos en la revisión literaria. Con relación a los niveles de plomo, que derivan de los suelos analizados, estos se encuentran en el rango entre 1-36.7 mg/Kg, encontrándose en los suelos ubicados en

la Universidad de Panamá-Campus Central, los niveles más elevados; estimándose que tales niveles están relacionados con la influencia de dos vías de circulación de vehículos contiguos al punto de muestreo, y al mayor aforo vehicular de la ciudad con respecto a los otros puntos de muestreo.

Palabras clave: calidad de suelo, contaminación, nivel nacional, plomo

ABSTRACT

The content of heavy metals found in the soil is a priority in assessing soil quality and degradation status. Information about lead contamination in soils is scarce and limited in Panama. The work performed had the purpose of evaluating the lead content of soils used for agricultural and urban production which are adjacent to streets and highways in different areas of the country, in order to determine if there is contamination in them. Samples of soil were collected in ten (10) different areas nationwide (Volcan, Boquete, the Faculty of Agricultural Sciences – Chiriquí Headquarters, Penonomé, El Ejido, San Martín, University of Panama – Headquarters Campus, Tocumen, Capira, Chepo). For chemical and physical parameters of the soil, samples were laid out to determine pH, texture, organic matter (OM), fertility, determination, and evaluation of lead in the collected soil. The data resulting from the determination of lead were compared with reference values obtained in the literature review. With regard to Lead levels, which are derived from the soils analyzed, they are in a range between 1-36.7 mg/Kg, being the ones located at the University of Panama- Central Campus, the highest levels; such levels are deemed to be related to the influence of two roads of circulation of vehicles adjacent to the point of sampling, and a greater vehicular capacity of the city with respect to the other points of sampling.

Keywords: contamination, lead, national level, soil quality.

INTRODUCCIÓN

Según Alarcón et al (2005), el contenido de metales pesados del suelo es uno de los criterios empleados con más frecuencia en la estimación de la calidad del suelo y su estado de degradación.

Prieto, et al (2009) argumenta que el principal problema con los altos niveles de metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso, presentes en suelos y aguas, es cuando interactúan con el hombre como ocurre en sistemas agrícolas, por ejemplo, en que la presencia de estos elementos puede trasladarse a los distintos tejidos de las plantas.

Lagerwerff, (1972), citado por Kirkby y Mengel (1982, comentan que la fuente principal de contaminación de plomo, en los suelos adyacentes a carretera, se originó por la combustión de la gasolina. Cerca del 80% del plomo total de la atmósfera se lo atribuye a este origen, esto debido a la utilización del tetra etilo de plomo como antidetonante en la gasolina.

Las emisiones de estos elementos generaron, con el paso del tiempo, su acumulación en toda la red trófica de diversos agroecosistemas (Sánchez-Cardo et al., 2007; Hernández y Pastor, 2008; Peláez-Peláez et al., 2016).

Kabata-Pendias (2011) indica que, para zonas próximas a minas de plomo, industrias que utilizan el metal y fundiciones, los niveles pueden exceder los 60 000 mg/Kg.

Por otra parte, Acevedo (2005), agrega que los metales pesados en la agricultura están principalmente ligados a la aplicación de fertilizantes que presentan trazas de estos elementos, plaguicidas, estiércol, purines, compost e inclusive lodos de aguas residuales.

La Asamblea Legislativa, mediante la ley N° 36 del 17 de mayo de 1996, faculta al Instituto Especializado de Análisis (IEA) de la Universidad de Panamá, como encargado de evaluar el efecto de la contaminación por metales pesados producto de las emisiones de los gases de escapes de los automóviles, así como también estableció la suspensión del uso del plomo en la gasolina para automóviles a partir del año 2002.

A nivel mundial son muchas las investigaciones que se han llevado a cabo con el interés de determinar metales pesados. Carrasquero-Durán (2006) determinó los niveles de

contaminación de plomo en calles de la ciudad de Maracay, Venezuela para los cuales encontró valores de entre 33 y 11 113 mg/Kg y determinó que los suelos sometidos a mayor tráfico vehicular fueron los más contaminados. Debenedetti y Muñoz (2007) estudiaron la presencia de plomo y cadmio en hierbas medicinales encontrando valores considerables de estos elementos en este tipo de plantas que por ser de consumo humano conllevan un riesgo a la salud humana. Así mismo se han llevado a cabo estudios similares en productos alimenticios como leche en Bogotá, Colombia por parte de Pinzón (2015), en los que se buscaba la presencia y niveles de plomo y cadmio, concluyendo que los niveles encontrados no representaban un riesgo para la salud de los consumidores.

Olivares (2013), realizó estudios en hortalizas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba, encontrando niveles elevados de metales pesados en los suelos, igual que en algunas hortalizas.

Pinzón (2015), explica que comúnmente alimentos cultivados en zonas industriales o cercanas a autopistas con alto tráfico vehicular contienen niveles mayores de plomo que aquellos cultivados en áreas apartadas.

Kabata-Pendias, (2011), Estima que valores elevados de plomo, afectan la actividad enzimática de microorganismos, lo que se percibe en acumulación de materia orgánica parcialmente descompuesta Zavala (2012) afirma que los efectos del plomo sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso en niveles bajos de este elemento.

Debenedetti y Muñoz (2007) mencionan que el plomo, en el ser humano, genera afectaciones a la salud. En el caso de los hombres, este afecta el sistema reproductor. En las mujeres embarazadas, la exposición a este elemento genera afectaciones al neonato, produciendo nacimientos prematuros, niños con bajo peso, abortos y problemas del sistema nervioso central, mientras que Poma (2008), comenta que se perciben efectos en el sistema renal, cardiovascular, reproductor principalmente.

En Panamá no ha sido reportada la presencia y niveles de plomo en suelos adyacentes a carreteras, en áreas de cultivo o en zonas urbanas, debido a que no se cuenta con información de referencia del contenido de plomo en suelos en Panamá. Por tal razón, el objetivo de esta investigación fue el de estudiar la presencia y niveles de plomo en los suelos, lo que permitirá

tener una referencia del estado de contaminación de los suelos, al igual que contribuirá a evaluar si existe o no contaminación por parte de este elemento en los suelos ubicados a orillas de carreteras en nuestro país.

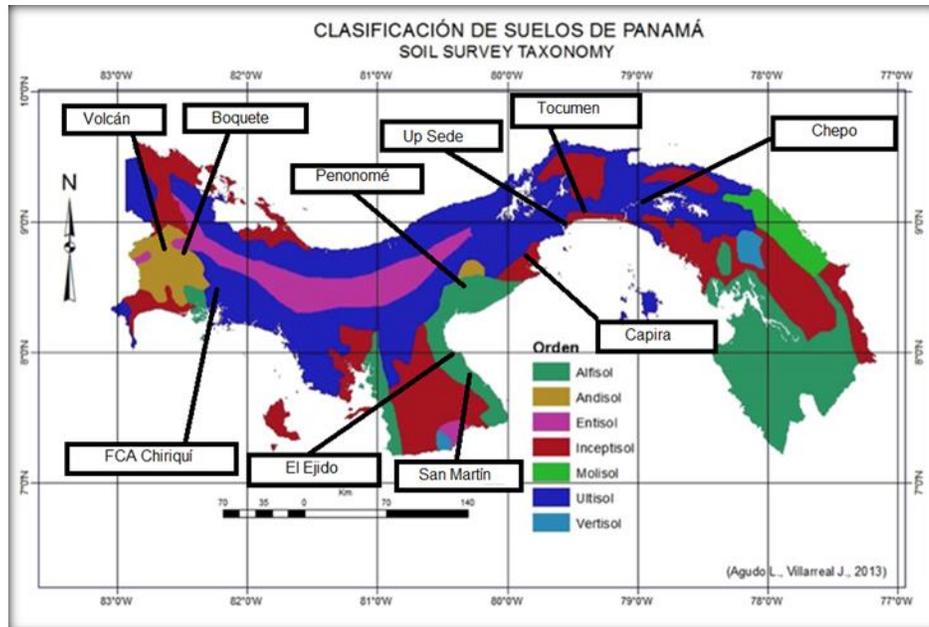
MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de las áreas de muestreo

El muestreo se realizó en diversos puntos de la geografía de Panamá, abarcando provincias como Panamá, Panamá Oeste, Coclé, Los Santos y Chiriquí, entre marzo de 2016 y enero 2017. Dentro de las provincias seleccionadas, se escogieron 10 puntos de muestreo en las cuales se consideró su cercanía a la carretera, en suelos de uso agropecuario y áreas urbanas (Figura 1). Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos y Nutrición de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá para su procesamiento.

Figura 1.

Ubicación geográfica de los puntos seleccionados a lo largo del territorio nacional.



Nota: Adaptado del Instituto de Innovación agropecuaria de Panamá (IDIAP)

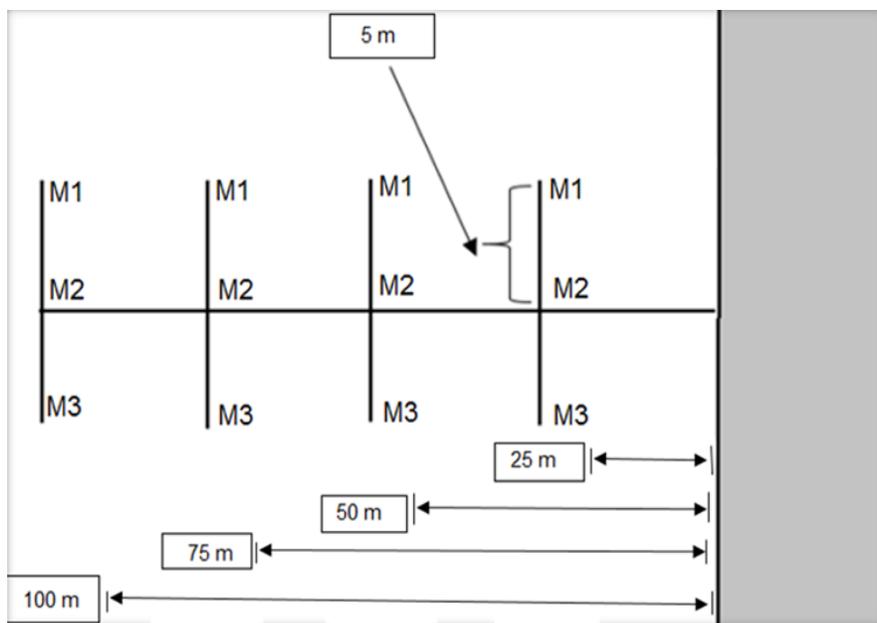
Fuente: IDIAP (2010).

Recolección y preparación de muestras

Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 10 cm con un barreno tipo holandés, a cada 25, 50, 75 y 100 metros de distancia de la orilla de la carretera, con tres repeticiones de cada distancia (Figura 2). La medición en el área de muestreo se realizó mediante cinta métrica y con la ayuda de estacas para el marcado de las distancias. Cabe resaltar que cada punto de muestreo fue georreferenciado con un GPS. Luego de ello, las muestras fueron trasladadas al laboratorio, secadas al aire en bandejas, molidas, tamizadas y almacenadas en bolsas plástica con cierre hermético con su respectiva identificación, según protocolo del laboratorio de Suelos y nutrición de la Universidad de Panamá.

Figura 2.

Esquema representativo del muestreo en cada punto

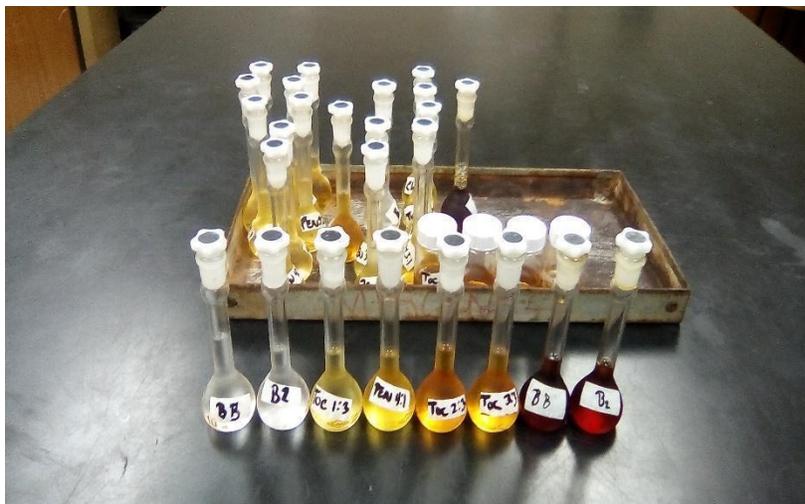


Análisis químicos

Determinación de Plomo: se utilizó el método propuesto por Llosa et al (1990), adaptado para este estudio, para la extracción, se utilizó un gramo de suelo por muestra; para aquellas muestras con alto contenido de materia orgánica, se realizó un pretratamiento, incinerando la muestra a 550 grados Celsius para eliminar la materia orgánica causante de interferencias y obstrucciones en el equipo durante la medición (Figura 3).

Figura 3

Coloración del extracto debido al arrastre de componentes orgánicos del suelo.



Posteriormente se pasaron las muestras a tubos de ensayo debidamente rotulados, se agregó con pipeta volumétrica 4 ml de ácido nítrico concentrado y se colocaron en baño maría por espacio de cuatro horas. Finalizado el tiempo y reducido el ácido nítrico a entre 0.5 y 1.0 ml, se dejaron reposar, por espacio de media hora, se filtraron con papel filtro Whatman número uno. El suelo se lavó con sucesivos pases de ácido nítrico diluido al 1% y se aforó el extracto de suelo en matraz aforado de 10 ml. En el extracto obtenido, se determinó el plomo disponible por espectrofotometría de absorción atómica con llama (aire-acetileno). Para la confección de la curva de calibración se utilizaron soluciones patrón de 1, 2, 3, 4 y 5 mg/Kg de plomo en ácido nítrico al 1%.

Análisis de datos.

Los resultados se compararon con los valores de referencia disponibles en la literatura, para ello se utilizaron los valores de referencia propuestos por Kabata-Pendias (2011) y US EPA (1996) al igual que se complementó con los datos del parque vehicular por provincia del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá INEC (2018). De igual manera se realizó un análisis de varianza, con el software

estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2015) para determinar si estadísticamente existían diferencias en los contenidos de plomo en los distintos puntos de muestreo.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados de la determinación de plomo en las muestras de suelo tomadas a orilla de la carretera.

Tabla 1

Promedio del contenido de plomo en muestras de suelo tomadas a distintas distancias de la orilla de carreteras ubicadas a nivel nacional

Suelo							Ubicación	
Suelo	Ubicación	Uso	Contenido de Plomo según distancia horizontal desde el borde de las calles y carreteras (ppm)				Valores Max. Permitidos según literatura	
1	Universidad de Panamá (Campus Central)		25 m	50 m	75 m	100 m	US EPA (1996)	Kabata-Pendias (2011),
			\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}		
2	CEIAT	Jardín del Campus (área urbana)	18.7	24.7	20.3	36.7	80	100
3	Chepo	Pastos y árboles	3	8.3	8	3	80	100
4	Villa Rosario (Capira)	Cultivo de arroz	7	5.5	3	4	80	100
5	Penonomé	Guayaba Taiwanesa	7	7	4.7	4.7	80	100

6	FCA (Chiriquí)	Cultivos varios	4.7	8.3	7	8	80	100
7	El Ejido (Los Santos)	Pastos	13.7	6.7	6.3	4.3	80	100
8	San Martín (Las Tablas)	Cultivos varios	9.3	5	4.7	4	80	100
9	Volcán (Chiriquí)	Área urbana	2	2.7	3	3.7	80	100
10	Boquete (Chiriquí)	Área urbana	1	1.7	2	2.7	80	100

Los promedios de los valores de plomo obtenidos de las muestras analizadas, expresados en mg/Kg (ppm), se presentan en la tabla 1, obteniéndose valores que van en el rango de 1 a 36mg/Kg, donde los valores más bajos se encontraron en el punto de muestreo de Volcán, mientras que los valores más altos se obtuvieron en las muestras obtenidas en el punto de muestreo en el campus central de la Universidad de Panamá. La tabla 2 presenta los valores de comparación de medias por el método Tukey, de los 10 puntos de muestreo. Se obtuvieron diferencias significativas del contenido, en el punto de colecta de la Universidad de Panamá, respecto a los demás puntos de muestreo.

Tabla 2

Prueba de comparación de medias por el método de Tukey entre puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Medias	n	E.E.		
San Martín	2.83	4	1.90	A	
Chepo	4.88	4	1.90	A	
CEIAT	5.58	4	1.90	A	
El Ejido	5.75	4	1.90	A	
Capira	5.83	4	1.90	A	
Penonomé	7.00	4	1.90	A	
Boquete	7.42	4	1.90	A	
FCA Chiriquí	7.75	4	1.90	A	
Up Sede	25.08	4	1.90		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$).

DISCUSIÓN

Para determinar posibles estados de contaminación de los suelos analizados, resulta necesario referirse a las normas de calidad ambiental existentes en la República de Panamá. En este caso, se consultan las disposiciones del Decreto Ejecutivo N°2 de 2009 del Ministerio de Economía y Finanzas, por el cual se establece la Norma Ambiental de Calidad de Suelos para diversos usos.

Al revisar el texto de la citada norma, se observó que no existen valores de referencia establecidos en el contexto nacional para determinar la existencia de contaminación de suelos por la presencia de plomo.

Esto indica que es altamente probable que previamente no se hayan realizado estudios de calidad ambiental que permitieran establecer la capacidad máxima de los ecosistemas de albergar este elemento sin que el mismo afecte a la salud de las personas y de los ecosistemas.

De todos los sitios analizados, es preciso destacar los resultados obtenidos para el sitio de muestreo ubicado en el campus central de la Universidad de Panamá, estadísticamente como se muestra en la tabla 2, este sitio muestra los valores más elevados de contenidos de Plomo, respecto a los demás puntos de muestreo para los que estadísticamente no hay diferencias significativas en las medias del contenido de plomo, estos datos nos indican un mayor grado de contaminación que en el resto de puntos muestreados, sin embargo los valores reportados en todo los puntos de muestreo (tabla 1), comparados con los valores de referencia establecidos por diversos autores y para suelos contaminados que representen un riesgo para los seres vivos, de los cuales tenemos que, Kabata-Pendias (2011) fija valores superiores a 100 mg/Kg, y la US EPA (1996) indica valores en torno a los 80 mg/Kg. Por lo que los valores obtenidos en los suelos evaluados no representan un peligro a la salud de los diversos organismos vivos.

Este hallazgo puede explicarse mejor al relacionar lo observado con las características del sitio de muestreo y, particularmente, su localización geográfica. Se trata de la localidad con gran afluencia de tránsito vehicular, aspecto que puede apreciarse mejor al analizar los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá INEC (2018), acerca del número de vehículos por provincia, en la república de

Panamá (Tabla 3), del total de 878 762 vehículos registrados, 648 565, circulan en la provincia de Panamá.

Los valores del contenido de plomo, obtenidos en el punto de muestreo de la Universidad de Panamá, los cuales son mayores que los otros puntos de muestreo pueden estar relacionados con la presencia de un mayor flujo vehicular en la zona, conclusión similar a la que llegó Carrasquero-Durán (2006), al encontrar los mayores valores de contenido de plomo en calles de Maracay (Venezuela) que presentaban un mayor flujo vehicular. De igual manera, Duke (1998) relaciono los contenidos elevados de plomo en el aire, en el área circundante a la Universidad de Panamá, con la densidad vehicular y el uso de gasolina con plomo, por lo que al evaluar los remanentes que se encontraron, posterior a la suspensión del tetraetilplomo, nos permite confirmar que los niveles detectados no representan un riesgo a la salud.

Tabla 3.

Automóviles en Circulación en la República, por provincia para el año 2018.

Automóviles en circulación en la República de Panamá por provincia 2018	
Provincia	Total
Bocas del toro	1 762
Coclé	22 538
Colón	23 553
Chiriquí	82 229
Darién	115
Herrera	22 168
Los Santos	17 444
Panamá	648 565
Panamá Oeste	31 311
Veraguas	29 077

Nota: Adaptado del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

Fuente INEC (2018).

CONCLUSIONES

Podemos concluir que:

- Los contenidos de plomo presentes se encuentran en el rango de 1 a 36.7 mg/Kg, no existiendo diferencias significativas en el contenido de plomo al comparar todos los puntos de muestreo, con excepción de la muestra colectada en la Universidad de Panamá, a su vez, fue también, donde se encontraron los mayores contenidos.
- Los niveles encontrados de plomo en los sitios de muestreo no corresponden a suelos contaminados al ser comparados con los valores encontrados en la literatura existente.
- Los mayores niveles de plomo encontrados, corresponden a la Universidad de Panamá-Campus Central; se estima que tales niveles están relacionados con la influencia de dos vías de circulación de vehículos contiguos al punto de muestreo, y al parque vehicular que circula por la ciudad de Panamá, de igual manera sería conveniente poder contrastar con datos de aforo vehicular de los años de estudio (y el periodo en que se eliminó el plomo de la gasolina), pero existen pocos estudios al respecto para realizar las comparaciones necesarias.
- Se estima que debido a factores como el periodo de tiempo en el que se han realizado estos muestreos y posterior análisis (quince años desde que se eliminó el tetra etilo de plomo en la gasolina en Panamá) y al lavado de los suelos debido a la precipitación pluvial, se han reducido los niveles de contaminación en los suelos ubicados a orillas de las carreteras, a niveles en los que no representan un riesgo para la salud de las personas, animales y plantas.
- Sería recomendable a futuro ampliar la información, sobre el contenido del elemento en sedimentos y ríos, adyacentes a las zonas muestreadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E; Borie, G; Ahumada, I; Carrasco, M; Castillo, G; González, S; León, O; Martínez, E. 2005. Criterios de calidad de suelos agrícolas URL: http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/1_portada_indice.pdf
- Alarcón, M.A; Fernández, M.T; Hernández, J.A. 2005. Valores de fondo y valores genéricos de referencia para Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn en Suelos del Campo de Cartagena, Murcia. *EDAFOLOGÍA*, Volumen12. (2): 105-114. URL: <https://es.scribd.com/document/629829133/Valores-de-Fondo-y-Valores-Genericos-de-Referencia-para-Cd-Co-Cr-Cu-Mn-Ni-Pb-y-Zn-en-Suelos-del-Campo-de-Cartagena-Murcia-Resaltado#>
- Carrasquero-Durán, Armando. (2006). Determinación de los niveles de contaminación con plomo en los suelos y polvo de las calles de la ciudad de Maracay. *Agronomía Tropical*, 56(2), 237-252. URL: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200006&lng=es&tlng=es.
- Debenedetti, S., Muñoz, N. (2007). Determinación de plomo y cadmio en hierbas medicinales. DOI: 10.13140/RG.2.1.4151.2563.
- Decreto Ejecutivo No. 2, Por el cual se establece la Norma Ambiental de Calidad de Suelos para diversos usos. Del 14 de enero de 2009, gaceta oficial No. 26230.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). InfoStat. versión 24-03-2011. Retrieved from <http://www.infostat.com.ar/>
- Duke Hernández, V. (1998). Contaminantes atmosféricos causados por vehículos con motor de combustión interna y su efecto en la calidad del aire. Panamá. URL: <http://up-rid.up.ac.pa/3087/>
- Hernández, A.J. y Pastor Piñeiro, J. (2008). Validated approaches to restoring the health of ecosystems affected by soil pollution. En Domínguez, J.B. y Columbus, F. (Eds.), Chapter 2: *Soil Contamination Research Trends* (pp. 51-72). Hauppauge, USA: Nova Science Publishers, Inc.
- INEC. (2018). Contraloría General de la República de Panamá. URL: https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=986&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=22
- Kabata-Pendias, A. (2011). Trace Elements in Soils and Plants (Vol. IV). United States of America : CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/b10158>

- Kirkby, E. A; Mengel, K. 1982. Principles of plant nutrition, 3ed, Worblaufen-Bern, CH. International Potash Institute, s.p.
- Ley 36 de 1996 Por La Cual Se Establecen Controles Para Evitar La contaminación Ambiental Ocasionada Por Combustibles Y Plomo. Del 17 de mayo de 1996, gaceta oficial: 23040.
- Llosa, R; Negro de Aguirre, E; Noriega, G. 1990. Niveles de plomo, cadmio, zinc y cobre en suelos del área metropolitana y suburbana de buenos aires. Ciencias del Suelo. Volumen 8, N° 1, URL: https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_8n1/llosa.pdf
- Olivares Reumont, S., (2013). Niveles De Cadmio, Plomo, Cobre Y Zinc En Hortalizas Cultivadas En Una Zona Altamente Urbanizada De La Ciudad De La Habana, Cuba. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(4), 285-293. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/370/37028959006.pdf>
- Peláez-Peláez, M. J., Bustamante Cano, J. J., & Gómez López, E. D. (2016). Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de brachiaria en el Magdalena Medio colombiano. *Luna Azul*, (43), 82-101. URL: <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.5>
- Pinzón, C. 2015. Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogotá D.C. URL: <http://www.bdigital.unal.edu.co/47779/1/599661.2015.pdf>
- Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>
- Sánchez-Cardo, A., López-Fuster, M.J. y Nadal, J. (2007). Bioaccumulation of lead, mercury, and cadmium in the greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*, from the Ebro Delta (NE Spain): sex-and age-dependent variation. *Environmental Pollution*, 145(1), 7-14. DOI:10.1016/j.envpol.2006.02.033
- USEPA (1996) Soil screening guidance: technical background document. EPA/540/ R-95/128. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC, p A-5.
- Zavala, M.E. 2012. Contaminación por plomo en suelos de Torreón COAH. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria] URL: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2637/MARIA%20EUGENIA%20ZAVALA%20MARTINEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>