

ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE PARQUES RECREACIONALES DE LA CIUDAD DE LIMA - PERÚ

Tello, Lily; Jave, Jorge; Guerrero, Juan

ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE PARQUES RECREACIONALES DE LA CIUDAD DE LIMA - PERÚ

Ecología Aplicada, vol. 17, núm. 1, 2018

Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34157105001>

DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v17i1.1168>

Los derechos de autor están garantizados por la Ley del Depósito Legal del Perú: Salva y difunde el patrimonio bibliográfico del país a nivel nacional e internacional. La revista tiene: Hecho el depósito legal 2002-5474, todos los años enviamos 10 ejemplares impresos a la Biblioteca Nacional del Perú según lo indica la ley. El contenido de cada artículo es responsabilidad del o los autores y conservan su derecho de autor. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SUELOS DE PARQUES RECREACIONALES DE LA CIUDAD DE LIMA - PERÚ

ANALYSIS OF LEAD QUANTIFICATION IN RECREATIONAL PARK SOILS OF THE CITY OF LIMA - PERU

Lily Tello

Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú

ltello@lamolina.edu.pe

DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v17i1.1168>

Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34157105001>

Jorge Jave

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Juan Guerrero

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Recepción: 22 Agosto 2017

Aprobación: 20 Febrero 2018

RESUMEN:

Los Grandes Parques de Lima Metropolitana (GPLM) son áreas verdes donde habitan diversidad de especies de origen vegetal y animal. Los GPLM, áreas recreacionales localizadas en la cuenca del río Rímac considerados en este estudio fueron los siguientes: Bosque El Olivar (12°06'04''S, 77°02'05''O), Campo de Marte (12°04'06''S, 77°02'29''O), Pentagonito (12°06'01''S, 76°59'35''O), Zoológico de Huachipa (12°00'52''S, 76°53'52''O), Las Leyendas (12°07'14''S, 77°05'12''O) y Kennedy (12°07'18''S, 77°01'49''O). La presencia del plomo en los suelos representa un peligro potencial para la salud de los habitantes y usuarios, por lo que el objetivo de esta investigación fue cuantificar el contenido total de plomo en los suelos de los GPLM. Para ello, se realizaron muestreos de identificación, análisis físicos (textura) y químicos (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de intercambio) en muestras de suelos de cada parque. En aquellos parques que presentaron contaminación por plomo se realizó un muestreo de detalle con análisis adicionales de plomo total. Los valores promedio de plomo total en los suelos de los GPLM Bosque El Olivar (170 ppm Pb), Campo de Marte (226 ppm Pb) y Pentagonito (159 ppm Pb) se encontraron por encima de lo permitido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Perú: 140 ppm). En el parque Las Leyendas se determinó que ocho de las 98 hectáreas estaban contaminadas (234.5 ppm Pb) y en el Zoológico de Huachipa 0.7 de las 11 hectáreas (266 ppm Pb) sobrepasaron el límite ECA; mientras que el parque Kennedy no sobrepasó los valores de ECA (56-78 ppm Pb).

PALABRAS CLAVE: metales pesados, suelos contaminados, áreas verdes urbanas.

ABSTRACT:

The recreational parks of Lima city (GPLM) are green areas where diverse species of animals and plants live. These are also recreational areas located in the Rímac river basin. The GPLM considered were Bosque El Olivar (12°06'04''S, 77°02'05''O), Campo de Marte (12°04'06''S, 77°02'29''O), Pentagonito (12°06'01''S, 76°59'35''O), Huachipa Zoo (12°00'52''S, 76°53'52''O), Las Leyendas (12°07'14''S, 77°05'12''O) and Kennedy (12°07'18''S, 77°01'49''O). Lead presence in the soils constitutes a potential danger to the health of the inhabitants and users. The objective of this study was to quantify the total lead content in the GPLM soils. Samplings were performed for identifications, physical (texture) and chemical (pH, electric conductivity, organic matter, CIC) analysis in each park. Those parks that showed lead contamination were subjected to detailed samplings with additional total lead analysis. The mean values of total lead content in soils of the GPLM Bosque Olivar (170 ppm Pb), Campo de Marte (226 ppm Pb) and Pentagonito (159 ppm Pb) were found to be above those allowed by the Environmental Quality Standards (ECA-Peru: 140 ppm). At Las Leyendas park eight of the 98 hectares were contaminated (234.5 ppm Pb) and at Huachipa Zoo 0.7 of 11 hectares were contaminated too (266 ppm Pb), while Kennedy Park did not exceed the ECA (56 ppm Pb).

KEYWORDS: lead, contaminated soils, urban green areas.

INTRODUCCIÓN

En Lima Metropolitana no se tienen registros de niveles de plomo en los suelos de los grandes parques. Se sabe que el Estándar de Calidad Ambiental ([ECA] para suelos de Perú (DS 011 – 2017-Ministerio del Ambiente [MINAM])) recomienda que el nivel de plomo en los suelos urbanos se encuentre por debajo de 140 ppm en parques.

Los grandes parques de Lima Metropolitana (GPLM) son frecuentados por personas de diversas edades y para múltiples fines. El Campo de Marte, ubicado en el distrito de Jesús María, con 375.2 km² de área, es muy conocido por realizarse desfiles militares y escolares, ferias artesanales y/o de alimentos típicos y posee ocho monumentos históricos. El Bosque El Olivar, ubicado en el distrito de San Isidro, con 230 km² de área, fue declarado monumento nacional el 16 de diciembre del 1959, con 1 600 olivos dentro de un total de 1 946 árboles y con ejemplares de 350 años de antigüedad y 35 especies de aves estacionales más 22 nativas; por lo cual, en el año 2017 fue declarado Área de Conservación Ambiental. El parque El Pentagonito, ubicado en el distrito de San Borja, con un área aproximada de 5 km², básicamente es un área verde que rodea el Cuartel General del Ejército del Perú y donde los vecinos trotan y realizan ejercicios. El parque Kennedy, ubicado en el distrito de Miraflores, con un área de 25 km², es un parque donde constantemente se realizan cambios estructurales con movimientos y cambios de tierras debido a que su característica es ser lugar de actividades culturales y comerciales. Los suelos de Campo de Marte y Bosque El Olivar tienen cientos de años y el Pentagonito alrededor de 45 años. Estos parques colindan con vías de comunicación de acceso público y/o privado, incluso en el caso de Bosque El Olivar es atravesado por pistas automotrices con tráfico vehicular la mayor parte del tiempo (7.00 am a 9.00 pm) y hay casas de la época colonial. Se tiene como referencia que el uso de gasolina y pintura con plomo en su composición fue una fuente importante de este metal pesado en los suelos urbanos (Witzling et al., 2011), por lo que se prohibió su uso como aditivo. Esto se cumplió en el país a partir del 2005 (Arosquipa & Villegas, 2013; OSINERGMIN, 1998; OSINERGMIN, 2012).

Castillo (2010) encontró en las bermas de suelos urbanos de Lima Metropolitana, ubicados en lugares con mayor afluencia vehicular, una mayor concentración de plomo en los primeros centímetros de suelos con niveles promedio de 189 ppm Pb y con valores picos de 412 ppm de Pb en los cruces de avenida Aviación con avenida San Borja. Por ser el plomo un elemento pesado de lenta movilidad, se queda en la superficie del suelo por muchos años.

El parque Zoológico de Huachipa, ubicado en la margen izquierda del río Rímac en el distrito de Ate Vitarte, con un área de 110 km², posee más de 300 especies, entre autóctonas y foráneas, dando un total de alrededor 1 000 especímenes, la mayoría nativos como pingüinos de Humbolt, pavas aliblancas, lobos de mar, entre otros. Por este motivo, la Cadena Internacional Telemundo lo ha considerado dentro de los 11 mejores parques de América Latina (El Comercio, 2015). En los meses de diciembre a marzo, por tratarse de época de lluvias en la sierra, el río normalmente se desborda inundando la zona del Bosque de Aves y la entrada principal del parque. Esta zona se caracteriza por actividades de desarrollo industrial con fábricas de ropa y pinturas lo cual podría liberar metales pesados, que ocasiona contaminación en los suelos (Ji et al., 2011; Pottier et al., 2015). La Autoridad Nacional del Agua (2012) realizó un monitoreo del agua de la cuenca del río Rímac encontrando en su parte baja (Ate Vitarte) los mayores problemas de contaminación por plomo, probablemente por los sedimentos transportados, debido a que el plomo no es soluble en el agua sino que se encuentra adsorbido a las partículas (Xu et al., 2017).

El parque de Las Leyendas ubicado en el distrito de San Miguel, con un área de 980 km² fue inaugurado en 1964 y posee 118 especies de mamíferos, 33 de aves y 4 reptiles en costa, 118 especies de mamíferos y 93 de aves en Sierra, 18 especies de Selva y 19 especies en zona internacional. La zona denominada “Pampa Galeras” tiene una extensión de ocho hectáreas, es una depresión que por los años de 1730 era un estanque de agua de la Hacienda Maranga (Narváez, 2013). En ambos se promueven acciones para la conservación de la naturaleza y biodiversidad, son hábitat de una gran diversidad de especies y reciben miles de visitantes por mes.

Temperaturas mayores a 20°C, humedad por debajo de la capacidad de campo del suelo, incrementan la suspensión y movimiento de pequeñas partículas de suelo por acción del viento y que pueden demorar de 7 a 14 días en depositarse, y coinciden con los mayores niveles de plomo en la sangre humana, 3 a 7 mg/dl por cada 1 000 ppm de incremento en la concentración de plomo en el suelo (Doyle, 1998; Witzling et al., 2011).

El plomo es un elemento perjudicial para la salud humana, especialmente para mujeres gestantes y niños pequeños (Yang-Guang & Yan-Peng, 2016), quienes son la población urbana más sensible y vulnerable a ambientes contaminados (Tepanosyan et al., 2017). En el caso de animales, este elemento ocupa el lugar del calcio y zinc, dañando células y afectando el sistema cardiovascular, generando complicaciones gastrointestinales, anemia y afectando funciones del sistema nervioso central (Sanín et al., 1998). Bovinos de año y medio de edad que fallecieron con síntomas de problemas neurológicos presentaron 17.6 ppm de plomo en sus vísceras y 0.51 ppm de plomo en su sangre (Martínez & Villafañe, 1999). En las plantas puede ocasionar fitotoxicidad porque no se realizan funciones fisiológicas y bioquímicas (Amari, 2017).

Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue cuantificar el contenido total de plomo en los suelos de los GPLM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreos de Identificación y de Detalle

La elección de técnicas y lugares de muestreo, manejo de muestras y medidas de seguridad ocupacional, siguieron las pautas dadas en la Guía para Muestreo de Suelos (MINAM, 2014), en el marco de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.

La investigación se realizó durante el 2016 en seis de los GPLM (Figura 1). Al no tener conocimiento previo de la distribución del contaminante plomo en el suelo, el número mínimo de puntos de muestreo estuvo en función del área de cada parque siendo éste el Muestreo de Identificación (MI) (Tabla 1).

Tabla 1

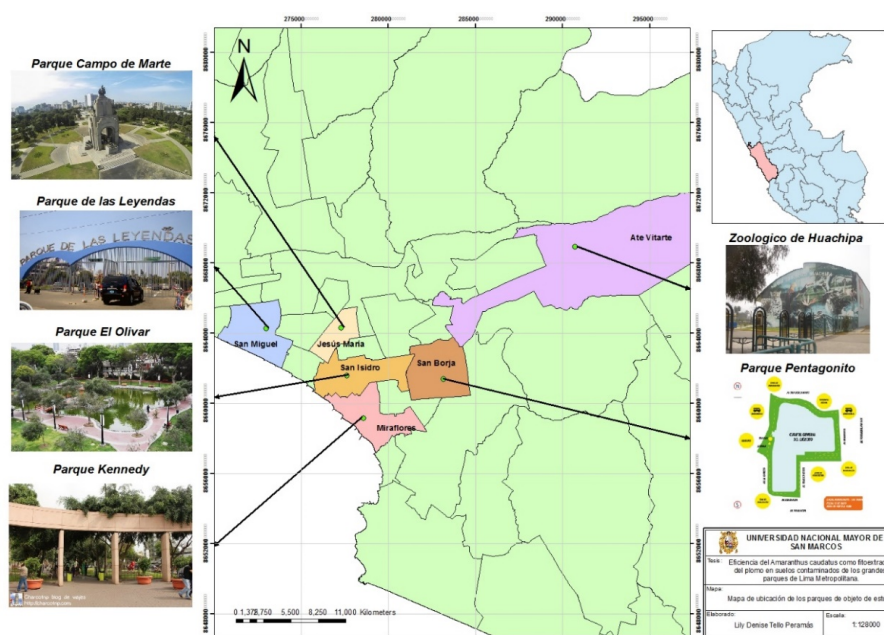


FIGURA 1
Mapa del Departamento de Lima con la ubicación de los seis parques

El objetivo fue obtener muestras representativas con el fin de determinar si el suelo supera o no los ECA para suelos de parques (MINAM, 2017). Se realizó la georreferenciación en gabinete en el programa Google Earth, utilizando el sistema de coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) zona 18 Sur, datum World Geodetic system 1984 (WGS 84), pasando las coordenadas al GPS y siguiendo el patrón de muestreo de rejillas regulares. En campo, se realizaron correcciones, dependiendo de la accesibilidad y homogeneidad del lugar elegido. Se colectaron muestras de suelo de 150 g a 10 cm de profundidad por ser la capa de contacto oral o dermal del contaminante y se muestrearon lo más equidistantes entre ellos de acuerdo a lo georreferenciado.

TABLA 1
Número de muestras para el MI y MD en función al área

Tabla 1. Número de muestras para el MI y MD en función al área.

Parque	Área (ha)	Número de muestras en MI (depende del área)	Muestras mayor a 140 ppm de Pb	Número de muestras en MD
Campo de Marte	37.52	42	34	65
Bosque El Olivar	23.00	38	17	34
Pentagonito	0.50	6	1	6
Kennedy	2.50	19	1	13
Las Leyendas	98.00	50	2	6
Huachipa	11.00	33	10	44

Fuente: Elaboración propia siguiendo las pautas del MINAM (2014).

En el laboratorio se empleó el método de digestión ácida, para cada muestra de suelo. Se pesaron 5 g en un matraz Erlenmeyer, se adicionaron 20 ml de la mezcla ácida (solución de ácido nítrico y ácido perclórico en proporción 5:1). El matraz se colocó en la plancha de digestión por aproximadamente 2 h a una temperatura de 180 – 200 °C. Se dejó enfriar para luego transferir la muestra a una fiola y enrasar con agua desionizada a 25 ml. Se trasvasó a un tubo de ensayo y se agitó. Se tomó una alícuota de 1 ml y se adicionaron 9 ml de agua desionizada. Se leyó la concentración de plomo en un espectrofotómetro de absorción atómica marca Perkin Elmer, modelo AAnalyst 200, Estados Unidos, 2005. Para el control de calidad se realizaron réplicas de muestras al azar, el estándar de referencia que se utilizó fue agua pura y el límite de detección 0.1 mg kg⁻¹.

Determinación de las Características de los Suelos.

En cada parque se realizaron muestreos simples en profundidad de 0-10 cm de 20 g cada una formando una muestra compuesta. El patrón de muestreo fue rejillas regulares. Las seis muestras compuestas se secaron al aire y se pasaron por un tamiz de malla de 2 mm. Se determinaron: Textura con el método del hidrómetro y las lecturas de las partículas en suspensión se realizaron con el hidrómetro de Bouyoucos. Conductividad eléctrica (CE) en extracto de saturación, a 100 g de suelo se le añadieron 20 ml de agua desionizada, se removió y se agregó más agua a cada muestra hasta llegar a saturación. Finalmente con un sistema de vacío se realizó la extracción del líquido y la CE se midió con un conductímetro. También se midió directamente en el suelo luego de 30 minutos del riego. Ambas medidas se realizaron con el equipo Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Use de Fieldscout Item 2265FS y solución estándar 2764 uS/cm. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), mediante el extracto con acetato de amonio 1N pH 7 (Jackson, 1964). Para el pH se hizo una mezcla suelo-agua (relación 1:1) que se agitó y dejó en reposo por 10 minutos, la medición se realizó con el pH-metro Soil Stik de Fieldscout 2105. La materia orgánica fue determinada por el método de Walkley and Black (1934).

Análisis estadístico

Se utilizaron dos pruebas estadísticas; la Prueba T para una muestra, para los parques con un número de muestreos menor a 40, donde si $T_{práctico} < T_{crítico}$ no existen diferencias significativas y la Prueba Z para los parques cuyo número de muestreos fue mayor a 40 donde los valores de $Z_{0.025}$ fueron -1.96 y 1.96 y se comparó p con α (0.05), donde si $p < \alpha$ existen diferencias significativas. El valor de prueba fue 140 ppm de plomo total que corresponde al límite máximo permisible por los ECA de suelos 2017.

En el caso de los parques Zoológico de Huachipa (PZH) y Las Leyendas (PLL) los valores de plomo total en suelos se dividieron de dos grupos focalizados por espacios continuos, con eventos peculiares como ex laguna en el PLL y zona inundable en el PZH y por las marcadas diferencias respecto al límite máximo permisible de 140 ppm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de plomo total en cada punto de muestreo de los diferentes parques se registran en el Anexo 1. En el caso particular de los PLL y PZH se encontró que los valores que sobrepasan el máximo permitido (140 ppm) se encontraban focalizados. En Las Leyendas, el área contaminada fue la zona de “Pampa Galeras” (media de 234.47 ppm de Pb total) en un espacio de ocho hectáreas, corresponde a una depresión que por los años de 1730 era un estanque de agua de la Hacienda Maranga y que fue el último lugar donde desembocaba el agua del canal Huatica (Narváez, 2014), siendo hasta el año 2009 un lecho de laguna antigua y luego al desaparecer el agua quedaron los sedimentos depositados desde la época colonial y que podría explicar el alto valor de plomo total presente en los suelos. La prueba T indica diferencias significativas donde $T_{práctica} > T_{crítica}$ (Tabla 2). En el Zoológico de Huachipa, la zona de bosque de aves tiene una extensión aproximada de 0.7 ha, y la prueba T indica diferencias significativas donde $T_{práctica} > T_{crítica}$ (media de 266.41 ppm de Pb total), es decir, se tiene contaminación con plomo lo cual podría ser por los sedimentos dejados por el agua del río Rímac en época de avenida cuando se desborda e inunda la zona de bosque de aves depositando sedimentos; además, se encontró que los suelos que colindan con el surco por donde pasa el agua del río Rímac bajo la jurisdicción de la junta de regantes, presentan contaminación, mientras que el resto del parque que se riega con sistema de goteo/aspersión no tiene contaminación probablemente porque los sedimentos no pasan por los sistemas de riego. En ambos parques la contaminación se explica porque el plomo no es soluble en agua; por tanto, son los sedimentos transportados por el agua, y que se quedan en los suelos de los parques, los que podrían estar causando la contaminación, concordando con los resultados obtenidos por Moronta-Riera & Riverón-Zaldivar (2016). En el resto de área de los parques Huachipa y Leyendas donde $p < \alpha$ y $Z_{crítico}$ es negativo, lo que indica que no hay contaminación de plomo en los suelos (Tabla 3). Los suelos son irrigados con agua de pozo. En el parque Kennedy ($T_{práctica} < T_{crítico}$), el nivel de plomo en los suelos también está por debajo de los límites permisibles de 140 ppm (MINAM, 2017).

TABLA 2

Tabla 3. Prueba "Z" para un valor crítico entre -1.96 y 1.96, con valor de prueba = 140 ppm Pb de las concentraciones totales de plomo en los suelos de los GPLM.

	Media ppm Pb	Zpráctico	n	p (bilateral)
Campo de Marte	225.59	10.21	107	0.000
Bosque El Olivar	169.96	3.77	72	0.000
De Las Leyendas	56.35	-29.53	49	0.000
Zool. de Huachipa	78.43	-11.12	62	0.000

n: Tamaño muestral; Zpráctico: encontrado con los datos experimentales; p es el estadístico de la muestra que se compara con α .

TABLA 3

Tabla 2. Prueba "T" para una muestra con valor de prueba = 140 ppm Pb de las concentraciones totales de plomo en los suelos de los GPLM.

	Media ppm Pb	Tpráctico	Tcrítico	n	Sig (bilateral)
Pentagonito	159.15	4.68	2.2	12	0.0001
Kennedy	55.52	-25.89	2.04	32	0.000
Pampa Galera-PLL	234.47	3.433	2.45	7	0.014
Bosque de Aves-PZH	266.41	5.436	2.14	15	0.000

n: Tamaño muestral; Tpráctico: encontrado con los datos experimentales; Tcrítico: obtenido en tabla.

La prueba Z en las muestras de suelos para los parques Campo de Marte y Bosque El Olivar así como prueba T para el parque Pentagonito, resultaron con diferencias significativas, es decir, se encuentran contaminados con plomo; esto puede haber ocurrido por su exposición durante décadas al combustible como ha sido reportado por Laidlaw et al.(2017). Arosquipa et. al. (2013) observaron que el contacto de los seres vivos con estos suelos constituye un riesgo a la salud ya que este elemento pesado no cumple una función biológica y no se metaboliza.

La textura de los seis parques fue franco arenoso con ligeras variaciones en el porcentaje de arcilla mientras que el contenido de materia orgánica estuvo entre 2 y 4% a excepción del suelo de Campo de Marte con 11.31% de materia orgánica; suelos con mayor contenido de arcilla generalmente tienen mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) y mayor adsorción de plomo, la fracción materia orgánica puede incrementar la capacidad de cambio (He et al., 2017). Los suelos del Campo de Marte tienen el mayor contenido de arcillas, materia orgánica y CIC por lo que su adsorción de plomo debe ser mayor a pesar de que su clase textural sea semejante a los suelos de los otros parques. La actividad del plomo tiene relación directa con el pH de los suelos ya que al disminuir el pH disminuye la interacción del plomo con el suelo y aumenta la solubilidad influyendo en los procesos de adsorción y desorción (Amari et. al., 2017); los suelos de los parques Pentagonito y Zoológico de Huachipa tuvieron los mayores valores de pH por lo que se podría asumir existe una menor solubilidad del plomo a diferencia de los suelos del parque Bosque el Olivar que tuvo el menor valor de pH (Tabla 4).

La conductividad eléctrica se realizó en extracto de saturación y directo al suelo luego de 30 minutos de riego. Los valores de CE medidos directo al suelo mostraron incremento entre 0.3 y 0.6 unidades. Los resultados indican que los suelos de los parques Las Leyendas y Zoológico de Huachipa son ligeramente salinos mientras que Bosque El Olivar y Pentagonito son muy ligeramente salinos. Los valores de CE normalmente tienen una correlación directa con el contenido de plomo en los suelos (Solano, 2005).

TABLA 4

Tabla 4. Caracterización de los suelos de los GPLM.

Parque	% arcilla	pH (1:1)	MO %	C.E. (extracto saturación) dS/m	CIC cmolc kg ⁻¹
Campo de Marte	13	7.47	11.31	1.25	30.68
Bosque El Olivar	9	7.06	3.67	3.45	16.8
Pentagonito	10	8.19	2.76	2.37	11.2
Kennedy	11	7.49	2.67	1.01	15.52
Las Leyendas	7	7.5	3.68	5.13	16.32
Zoológico de Huachipa	9	7.96	3.56	4.62	10.88

CONCLUSIONES

Los suelos de los parques Campo de Marte, Bosque El Olivar y Pentagonito se encuentran contaminados con plomo siendo la media de plomo total de 225.59, 169.96 y 159.15 ppm respectivamente.

Los suelos del parque Zoológico de Huachipa, en la zona de “Bosque de Aves” (0.7 ha), tienen contaminación promedio por plomo de 266.41 ppm; el resto del parque (10.3 ha) no está contaminado (78.43 ppm).

Los suelos del parque Las Leyendas, en la zona “Pampa Galera” (8 ha), están contaminados por plomo en un nivel medio de 234.47 ppm; el resto del parque (90 ha) no está contaminado (56.35 ppm).

El parque Kennedy no tiene problema de contaminación de plomo en sus suelos siendo su media de 55.52 ppm.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes del departamento académico de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) por apoyar a que el laboratorio de análisis de suelos, plantas y fertilizantes (LASPAF-UNALM) financie los trabajos de investigación; a los trabajadores de los parques por su apoyo en la toma de datos en campo y a los representantes de las municipalidades y parques de los distritos de San Isidro, San Borja, Jesús María, Ate-Vitarte, San Miguel y Miraflores por el permiso concedido para el ingreso a los parques estudiados.

LITERATURA CITADA

Amari T., Ghnaya T. & Abdelly C. 2017. Nickel, cadmium and lead phytotoxicity and potential of halophytic plants in heavy metal extraction. *South African Journal of Botany*. July 2017, vol. 111, 99-110. Doi: 10.1016/sajb.2017.03.011.

- Arosquipa G. & Villegas E. 2013. **Determinación del contenido de plomo en sangre proveniente de la policía de tránsito femenina de las unidades Centro y Sur de Lima Metropolitana.** *Revista de la Sociedad Química del Perú*. Volumen 79nº3: 229-235.
- Autoridad Nacional del Agua. 2012. **Estrategias para la protección de la calidad de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Rímac.**
- Castillo Y. 2010. **Evaluación toxicológica de plomo en suelos de Lima Metropolitana.** UNMSM. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Departamento Académico de Farmacología, Bromatología y Toxicología. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. 78h.
- Doyle R. 1998. **Effectiveness of soil amendments in reducing the bioaccessibility of lead, Pb, on vacant lots in South Providence.** Brown University.
- El Comercio. 2015. Zoológico de Huachipa: uno de los 11 mejores de América Latina. 26 de octubre del 2015 (<https://elcomercio.pe/lima/zoologico-huachipa-11-mejores-america-latina-235757>). Perú.
- He S., Lu Q., Li W., Ren Z., Zhou Z., Feng X., Zhang Y & Li Y. 2017. **Factors controlling cadmium and lead activities in different parent material-derived soils from the Pearl River Basin.** *Chemosphere* vol. 182: 509-516
- Jackson M. 1964. **Análisis químico de suelos.** Barcelona (España): Ediciones Omega.
- Ji P., Song Y., Leigh M. & Liu Y. 2011. **Strategies for enhancing the phytoremediation of cadmium-contaminated agricultural soils by *Solanum nigrum* L.** En *Environmental Pollution* 159:762-768.
- Laidlaw M.A, Filippelli G.M., Brown S., Paz-Ferreiro J., Reichman S.M., Netherway P., Truskewycz A., Ball A.S. & Mielke H.W. 2017. **Case studies and evidence-based approaches to addressing urban soil lead contamination.**
- Martínez A G. & Villafañe F. 1999. **Intoxicación Aguda con Plomo en Bovinos.** *Revista ACOVEZ*, Vol. 24 n.1, marzo 1999.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2014. **Guía para Muestreo de Suelos.** Perú. 38 p. (http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf).
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2017. **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. DECRETO SUPREMO N° 011-2017-MINAM.** *El Peruano*; Lima, sábado 02 de diciembre del 2017; Año XXXIV - N° 14307: 12-15 (http://www.minam.gob.pe/consultaspublicas/wpcontent/uploads/sites/52/2017/07/Proyecto-de-DS_-ECA-SUELO.pdf). Perú.
- Moronta-Riera J. & Riverón-Zaldivar A.B. 2016. **Evaluación de la calidad físico-química de las aguas y sedimentos de la costa oriental del lago de Maracaibo.** En *Minería y Geología del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa*. V32n2: 102-111.
- Narváez J. 2014. **Sistema de Irrigación y señoríos indígenas en el valle bajo del Rímac durante el siglo XVI.** *Boletín del Instituto Riva-Agüero (BIRA)* N° 37: 33-74.
- OSINERGMIN (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería). 2012. **Resultados de los análisis realizados a los Gasoholes en las plantas de ventas.**
- OSINERGMIN (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería). 1998. **Aprueban el Reglamento de Infracciones y Sanciones al D.S.No.019-98-MTC que dispuso eliminar del mercado la oferta de Gasolina 95RON con plomo. RESOLUCIÓN 405-98-OS/CD.** *El Peruano*; Lima, miércoles 4 de noviembre de 1998; AÑO XVI - N° 6706: 165412-165413. Perú.
- Pottier M., De La Torre V.S., Victor C., David L.C., Chalot M. & Thomine S. 2015. **Genotypic variations in the dynamics of metal concentrations in poplar leaves: A field study with a perspective on phytoremediation.** En *Environment Pollution* 199: 73-82.
- Sanín L.H., González-Cossio T., Romieu I. & Hernández-Avila M. 1998. **Acumulación de plomo en huesos y sus efectos en la salud.** *Salud Pública Mex* 40: 359-368.
- Solano A. 2005. **Movilización de metales pesados en residuos y suelos industriales afectados por la hidrometalurgia del cinc.** *Tesis Doctoral, Doctorado en Química, Facultad de Química, Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. Universidad de Murcia, España.* 370h.

- Tepanosyan G, Maghakyan G, Sahakyan L. & Saghatelvan A. 2017. Heavy metals pollution levels and children health risk assessment of Yerevan kindergartens soils. *Ecotoxicology and environmental safety*. Volume 142, august 2017. Pages 257-265.
- Walkley A & Black I. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*. 37:29-38.
- Witzling L., Wander M. & Phillips E. 2011. Testing and educating on urban soil lead: A case of Chicago community gardens. *Journal of agricultura, food system, and community development*.
- Xu F., Liu Z, Cao Y., Qiu L., Feng J., Xu F. & Tian X. 2017. Assessment of heavy metal contamination in urban river sediments in the Jiaozhou Bay catchment, Qingdao, China. En *Elsevier Catena*. Volume 150: 9-16.
- Yang-Guang G. & Yan-Peng G. 2016. Contamination, bioaccessibility and human health risk of heavy metals in exposed-lawn soils from 28 urban parks in southern China's largest city, Guangzhou. *Geochemistry*. Volume 67, april 2016. Pages 52-58.

Anexo 1. Puntos de muestreo de identificación y detalle de los GPLM.

Puntos de muestreo de identificación y detalle de los GPLM.

Campo de Marte: Coordenadas: Zona 18 L Muestreo de Identificación Pb (ppm) Coordenadas: Zona 18 L Muestreo de Detalle Pb (ppm) CM1 278021 8665367 369.68 CM2 277974 8665376 302.15 CM3 277985 8665360 112.49 CM4 278020 8665334 485.64 CM5 277972 8665309 375.18 CM6 278008 8665303 124.71 CM7 277962 8665319 202.86 CM8 277972 8665246 225.38 CM9 277627 8665081 153.62 CM10 277641 8665030 134.51 CM11 277985 8665281 361.97 CM12 277739 8664997 286.55 CM13 277770 8664943 197.48 CM14 277829 8665005 134.77 CM15 277856 8665107 140.29 CM16 277882 8665282 166.47 CM17 277607 8665112 136.18 CM18 277931 8665186 163.84 CM19 277979 8665099 203.00 CM20 277911 8665108 244.54 CM21 277909 8665074 188.32 CM22 277920 8665072 212.48 CM23 277940 8665066 229.21 CM24 277974 8665062 413.2 CM25 277962 8665034 270.2 CM26 277941 8665036 220.63 CM27 277895 8665048 247.40 CM28 277872 8665021 156.86 CM29 277887 8665010 150.09 CM30 277915 8665003 258.6 CM31 277658 8664819 297.98 CM32 277643 8664813 132.84 CM33 277604 8664834 365.63 CM34 277586 8664837 311.17 CM35 277572 8664844 408.38 CM36 277570 8664830 228.23 CM37 277573 8664792 215.94 CM38 277557 8664805 243.76 CM39 277553 8664820 314.17 CM40 277561 8664845 248.85 CM41 277569 8664938 66.42 CM42 277552 8665049 91.17 CM43 277534 8664855 302.73 CM44 277525 8664873 217.72 CM45 277559 8664898 315.5 CM46 277534 8664952 167.32 CM47 277473 8664991 202.1 CM48 277495 8665031 187.61 CM49 277529 8665057 143.27 CM50 277611 8665033 157.21 CM51 278018 8665399 324.24 CM52 277961 8665321 267.26 CM53 277997 8665233 383.98 CM54 277995 8665214 307.53 CM55 277985 8665228 210.02 CM56 277965 8665223 183.34 CM57 277957 8665219 200.43 CM58 277968 8665203 359.16 CM59 277983 8665186 92.09 CM60 277983 8665169 175.42 CM61 277986 8665148 109.43 CM62 277951 8665142 357.48 CM63 277927 8665167 251.73 CM64 277933 8665183 201.01 CM65 277941 8665195 178.19 CM66 277889 8664859 237.52 CM67 277871 8664867 361.86 CM68 277857 8664874 226.01 CM69 277845 8664857 313.22 CM70 277856 8664846 224.62 CM71 277876 8664835 312.56 CM72 277871 8664819 251.1 CM73 277840 8664815 271.72 CM74 277818 8664809 307.86 CM75 277550 8664967 362.54 CM76 277531 8664965 198.8 CM77 277513 8664972 247.34 CM78 277514 8664987 187.78 CM79 277539 8664996 297.98 CM80 277557 8664999 411.86 CM81 277560 8665010 224.85 CM82 277573 8665001 178.4 CM83 277588 8664993 280.77 CM84 277576 8664978 173.3 CM85 277597 8664994 146.91 CM86 277620 8665016 131.22 CM87 277652 8665033 106.31 CM88 277676 8665043 114.45 CM89 277676 8665069 188.72 CM90 277648 8665059 128.91 CM91 277607

8665054 135.9 CM92 277580 8665055 142.09 CM93 277582 8665088 117.14 CM94 277565 8665069 158.66 CM95 277550 8665056 250.44 CM96 277532 8665032 175.49 CM97 277557 8665037 225.72 CM98 277554 8665011 98.05 CM99 277530 8665025 239.62 CM100 277518 8665034 240.09 CM101 277504 8665011 167.08 CM102 277489 8665011 265.12 CM103 277479 8664983 154.78 CM104 277487 8664961 178.08 CM105 277496 8664949 169.34 CM106 277516 8664945 101.34 CM107 277532 8664928 344.74 Importar tabla

Anexo 1. Puntos de muestreo de identificación y detalle de los GPLM. Bosque El Olivar Coordenadas: Zona 18 L Muestreo de Identificación Pb (ppm) Coordenadas: Zona 18 L Muestreo de Detalle Pb (ppm) BO1 278509 8661792 127.76 BO2 278501 8661761 205.86 BO3 278484 8661708 176.78 BO4 278471 8661659 169.41 BO5 278461 8661599 256.24 BO6 278466 8661640 154.79 BO7 278476 8661688 145.50 BO8 278495 8661778 197.89 BO9 278501 8661782 136.72 BO10 278430 8661440 111.39 BO11 278421 8661375 71.28 BO12 278445 8661522 74.13 BO13 278472 8661652 102.20 BO14 278414 8661322 270.75 BO15 278408 8661274 167.19 BO16 278402 8661216 210.23 BO17 278390 8661102 124.13 BO18 278450 8661414 149.58 BO19 278461 8661587 134.19 BO20 278386 8661062 229.56 BO21 278379 8660982 107.90 BO22 278457 8661057 123.55 BO23 278466 8661134 128.11 BO24 278474 8661209 136.52 BO25 278382 8660992 198.18 BO26 278480 8661250 209.93 BO27 278485 8661320 152.58 BO28 278481 8661291 96.00 BO29 278479 8661269 288.38 BO30 278476 8661229 212.37 BO31 278489 8661369 120.02 BO32 278492 8661298 115.32 BO33 278527 8661650 82.24 BO34 278586 8661761 134.67 BO35 278577 8661743 114.24 BO36 278562 8661711 123.39 BO37 278554 8661681 135.97 BO38 278562 8661502 73.70 BO39 278487 8661346 181.47 BO40 278497 8661437 160.21 BO41 278510 8661536 327.74 BO42 278504 8661494 250.64 BO43 278529 8661678 160.48 BO44 278529 8661703 191.99 BO45 278553 8661793 208.82 BO46 278613 8661834 169.89 BO47 278596 8661785 151.37 BO48 278563 8661641 300.54 BO49 278566 8661529 181.05 BO50 278558 8661475 133.31 BO51 278556 8661452 75.28 BO52 278548 8661376 110.07 BO53 278540 8661220 111.00 BO54 278584 8661042 154.31 BO55 278603 8661063 186.53 BO56 278637 8661209 155.59 BO57 278656 8661464 186.96 BO58 278688 8661606 147.30 BO59 278710 8661668 398.48 BO60 278698 8661637 329.04 BO61 278713 8661728 76.50 BO62 278705 8661801 281.15 BO63 278705 8661785 99.19 BO64 278699 8661810 172.97 BO65 278595 8661056 243.31 BO66 278619 8661097 165.99 BO67 278625 8661135 256.72 BO68 278630 8661170 270.21 BO69 278637 8661314 188.34 BO70 278644 8661364 186.67 BO71 278637 8661348 133.48 BO72 278707 8661754 121.60 Importar tabla

Anexo 1. Puntos de muestreo de identificación y detalle de los GPLM. Parque Pentagonito Coordenadas: Zona 18 L Muestreo de Identificación Pb (ppm) Coordenadas: Zona 18 L Muestreo de Detalle Pb (ppm) PP1 283922 8661932 190.37 PP2 284403 8661656 187.08 PP3 283554 8661560 189.64 PP4 283727 8660751 196.52 PP5 284402 8661271 154.21 PP6 283560 8661059 125.85 PP7 284023 8661894 140.07 PP8 284422 8661522 157.04 PP9 283960 8660924 186.76 PP10 283571 8660899 158.04 PP11 283534 8661436 187.53 PP12 283681 8661961 191.47 Importar tabla

Anexo 1. Puntos de muestreo de identificación y detalle de los GPLM. Parque Kennedy Coordenadas: Zona 18 L Muestreo de Identificación Pb (ppm) Coordenadas: Zona 18 L Muestreo de Detalle Pb (ppm) PK1 279154 8659372 65.98 PK2 278998 8659146 50.63 PK3 279157 8659368 71.89 PK4 278967 8659100 35.22 PK5 279087 8659258 70.58 PK6 279162 8659298 76.9 PK7 279144 8659314 30.79 PK8 279151 8659362 64.3 PK9 279105 8659291 54.8 PK10 279137 8659230 31.45 PK11 279132 8659241 52.3 PK12 279149 8659353 55.68 PK13 279136 8659359 148.49 PK14 279155 8659344 40.25 PK15 279154 8659334 40.98 PK16 279143 8659337 31.81 PK17 279127 8659340 71.18 PK18 279131 8659318 56.47 PK19 279127 8659288 48.93 PK20 279163 8659366 37.36 PK21 279169 8659338 30.06 PK22 279165 8659320 74.33 PK23 279163 8659270 41.69 PK24 279158 8659262 66.95 PK25 279161 8659226 38.59 PK26 279149 8659207 38.26 PK27 279119 8659221 75.05 PK28 279036 8659211 71.85 PK29

279057 8659188 65.54 PK30 279047 8659171 91.5 PK31 279027 8659136 73.59 PK32 278999 8659108 91.09 Importar tabla

Anexo 1. Puntos de muestreo de identificación y detalle de los GPLM. Parque Las Leyendas Coordinadas: Zona 18 L Muestreo de Identificación Pb (ppm) Coordinadas: Zona 18 L Muestreo de Detalle Pb (ppm) PLL1 272798 8664994 78.4 PLL2 272811 8665039 63.15 PLL3 272817 8665100 71.07 PLL4 272834 8665134 92.87 PLL5 272838 8665189 74.7 PLL6 272850 8665234 33.83 PLL7 272767 8665330 25.06 PLL8 272764 8665262 38.23 PLL9 272748 8665197 78.72 PLL10 272742 8665148 27.77 PLL11 272736 8665107 35.21 PLL12 272751 8665081 49.27 PLL13 272742 8665036 40.87 PLL14 272770 8664980 58.08 PLL15 272745 8665000 58.73 PLL16 272726 8665015 29.97 PLL17 272669 8664930 60.65 PLL18 272648 8664963 50.88 PLL19 272639 8664946 80.51 PLL20 272677 8664958 50.33 PLL21 273099 8665300 40.01 PLL22 273148 8665318 36.18 PLL23 273156 8665363 36.25 PLL24 273124 8665375 41.55 PLL25 273111 8665343 56.06 PLL26 273229 8664988 60.02 PLL27 273252 8664992 24.26 PLL28 273234 8665020 37.97 PLL29 273250 8665047 29.59 PLL30 273287 8665058 28.31 PLL31 273279 8664844 72.79 PLL32 273000 8664529 158.75 PLL33 272972 8664522 204.5 PLL34 273196 8664859 123.7 PLL35 273198 8664815 163.2 PLL36 273227 8664806 81.37 PLL37 273253 8664776 38.25 PLL38 273204 8664746 93.54 PLL39 273181 8664730 66.55 PLL40 273146 8664692 60.82 PLL41 273122 8664671 51.21 PLL42 273166 8664656 68.15 PLL43 273039 8664823 81.07 PLL44 273021 8664842 60.37 PLL45 273002 8664854 71.25 PLL46 272923 8664752 60.84 PLL47 272885 8664714 88.27 PLL48 273113 8664857 34.18 PLL49 273095 8664703 74.48 PLL50 272748 8664862 73.28 PLL51 272963 8664440 297.04 PLL52 272961 8664500 334.96 PLL53 272786 8665008 47.41 PLL54 273192 8664845 223.04 PLL55 273202 8664837 334.98 PLL56 273114 8664857 88.69 Importar tabla

Anexo 1. Puntos de muestreo de identificación y detalle de los GPLM. Parque Zoológico de Huachipa Coord: Zona 18 L Muestreo de Identificación Pb (ppm) Coordinadas: Zona 18 L Muestreo de Detalle Pb (ppm) PZH1 293197 8671044 85.19 PZH2 293246 8671059 284.85 PZH3 293296 8671078 145.27 PZH4 293310 8671085 39.79 PZH5 293311 8671098 51.32 PZH6 293297 8671094 31.91 PZH7 293278 8671088 36.79 PZH8 293278 8671063 157.11 PZH9 293771 8671239 469.93 PZH10 293291 8671099 22.45 PZH11 293289 8671106 139.81 PZH12 293380 8671145 315.15 PZH13 293401 8671102 226.04 PZH14 293282 8671109 103.37 PZH15 293279 8671114 92.95 PZH16 293284 8671121 41.45 PZH17 293291 8671119 20.47 PZH18 293305 8671133 136.75 PZH19 293298 8671139 33.70 PZH20 293472 8671175 265.63 PZH21 293536 8671186 191.34 PZH22 293660 8671180 248.5 PZH23 293467 8671193 171.52 PZH24 293469 8671188 384.97 PZH25 293649 8671173 222.97 PZH26 293319 8671136 74.31 PZH27 293314 8671145 34.35 PZH28 293313 8671151 62.56 PZH29 293306 8671154 70.51 PZH30 293309 8671154 60.03 PZH31 293313 8671157 48.43 PZH32 293438 8671153 203.16 PZH33 293312 8671151 56.19 PZH34 293321 8671158 110.51 PZH35 293319 8671169 57.21 PZH36 293330 8671165 36.92 PZH37 293331 8671162 58.81 PZH38 293345 8671165 67.60 PZH39 293341 8671170 115.83 PZH40 293350 8671175 91.12 PZH41 293351 8671169 115.42 PZH42 293362 8671175 79.58 PZH43 293369 8671177 109.29 PZH44 293375 8671182 72.61 PZH45 293382 8671184 92.85 PZH46 293413 8671193 78.61 PZH47 293430 8671193 71.21 PZH48 293448 8671194 86.39 PZH49 293663 8671186 100.01 PZH50 293643 8671197 87.56 PZH51 293634 8671194 96.24 PZH52 293637 8671183 78.00 PZH53 293637 8671174 137.18 PZH54 293733 8671215 330.91 PZH55 293761 8671232 134.35 PZH56 293291 8671143 27.94 PZH57 293303 8671146 36.66 PZH58 293306 8671139 32.26 PZH59 293310 8671131 35.19 PZH60 293515 8671104 46.08 PZH61 293446 8671111 111.32 PZH62 293407 8671139 108.83 PZH63 293380 8671065 99.01 PZH64 293434 8671051 98.96 PZH65 293409 8671076 76.05 PZH66 293373 8671087 44.78 PZH67 293363 8671092 43.75 PZH68 293358 8671097 45.96 PZH69 293350 8671114 49.85 PZH70 293320 8671070 63.92 PZH71 293322 8671073 109.08 PZH72 293309 8671063 138.71 PZH73 293285 8671090 77.57 PZH74 293280 8671096 44.00 PZH75 293708 8671242 222.61 PZH76 293396 8671141 246.18 PZH77 293421 8671155 362.94

Los derechos de autor están garantizados por la Ley del Depósito Legal del Perú: Salva y difunde el patrimonio bibliográfico del país a nivel nacional e internacional. La revista tiene: Hecho el depósito legal 2002-5474, todos los años enviamos 10 ejemplares impresos a la Biblioteca Nacional del Perú según lo indica la ley. El contenido de cada artículo es responsabilidad del o los autores y conservan su derecho de autor.
CC BY-NC