

Assessment of soil contamination by leachates from the municipal landfill in the district of San Pablo

Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo

Benny Walker Díaz-Fonseca¹  , Carlos Mauricio Lozano-Carranza¹  , Andi Lozano-Chung¹  

¹Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería. Tarapoto, Perú.

Cite as

Díaz-Fonseca BW, Lozano-Carranza CM, Lozano-Chung A. Assessment of soil contamination by leachates from the municipal landfill in the district of San Pablo. SAP Biomedical & Chemical Engineering Innovation. 2022; 1:36. <https://doi.org/10.56294/evk202236>

Publication History

Submitted: 07-10-2021

Revised: 12-01-2022

Accepted: 09-04-2022

Published: 10-04-2022

Corresponding Author

Benny Walker Díaz-Fonseca 

ABSTRACT

The present investigation, it had as general aim evaluate the pollution of the soil affected for lixiviados of the municipal botadero of San Paul's District, by means of a descriptive investigation of type, in which they were analyzed to the metals weighed as Cadmium (CD), Lead (Pb), Chrome the VIth (Cr+6) and Total Chrome (Cr Total) in soil, in addition they are established in the D. S N ° 002-2013 MINAM, standards of Environmental Quality (ECA) for soil. The samples were obtained of the soil and later sent to the laboratory of soils of San's Martin National University. The investigation concludes that it was reached to evaluate the pollution of the soil affected for lixiviados of the municipal botadero of San Paul's District, realizing two samplings in different dates, they were sampled to the Cadmium (CD), Lead (Pb), Chrome the VIth (Cr+6) and Total Chrome (Cr Total), the sampling was realized in three different points of the municipal botadero (P1: Agricultural Soil, P2: central Soil of the botadero, P3: Soil of control or initial soil of the botadero), Likewise it was achieved to find the presence of the Cadmium, Lead and Total Chrome in three points of sampling with the exception of the Chrome the VIth. The comparison of the levels of concentration of the heavy metals evaluated with the Standards of Environmental Quality for soil - ECA allowed to establish that the levels of Cadmium (CD) in three sampled points overcome the values established by the ECA for an agricultural soil, with regard to the Lead (Pb) in three sampled points they do not overcome the values established by the ECA for an agricultural soil.

Keywords: Pollution of the Soil; Lixiviados; Botadero Municipal.

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo general evaluar la contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, mediante una investigación de tipo descriptiva, en el que se analizaron a los metales pesados como Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo VI (Cr+6) y Cromo Total (Cr Total) en suelo, además se encuentran establecidos en el D. S N° 002-2013 MINAM, estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. Las muestras fueron obtenidas del suelo y posteriormente enviadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de San Martín. La investigación concluye que se alcanzó evaluar la contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, realizando dos muestreos en diferentes fechas, se muestrearon al Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo VI (Cr+6) y Cromo Total (Cr Total), el muestreo se realizó en tres diferentes puntos del botadero municipal (P1: Suelo Agrícola, P2: Suelo central del botadero, P3: Suelo de control o suelo inicial del botadero), así mismo se logró encontrar la presencia del Cadmio, Plomo y Cromo Total en los tres puntos de muestreo a excepción del Cromo VI. La comparación de los niveles de concentración de los metales pesados evaluados con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo – ECA permitió establecer que los niveles de Cadmio (Cd) en los tres puntos muestreados superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola, con respecto al Plomo (Pb) en los tres puntos muestreados no superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola.

Palabras clave: Contaminación del Suelo; Lixiviados; Botadero Municipal.

INTRODUCCIÓN

La problemática de la contaminación del suelo constituye uno de los desafíos ambientales más relevantes en la actualidad, especialmente en contextos donde la disposición final de los residuos sólidos se realiza sin un adecuado control técnico ni medidas de tratamiento. En muchos municipios, los botaderos a cielo abierto representan la principal forma de manejo de los desechos, generando impactos negativos significativos sobre el medio ambiente y la salud pública.⁽¹⁾ Entre estos impactos, la infiltración de lixiviados cargados de contaminantes orgánicos e inorgánicos, particularmente metales pesados, es uno de los factores de mayor riesgo, dado su potencial de bioacumulación y toxicidad en los ecosistemas y en la cadena alimentaria.⁽²⁾

El distrito de San Pablo, ubicado en la provincia de Bellavista, región San Martín, enfrenta esta situación debido a la presencia de un botadero municipal que recibe diariamente los residuos sólidos generados por la población local.⁽³⁾ La ausencia de un sistema de gestión integral de residuos y de infraestructura especializada para el confinamiento seguro de los desechos ha propiciado la formación de lixiviados que percolan hacia el suelo, pudiendo generar procesos de degradación físico-química y contaminación por metales pesados como cadmio (Cd), plomo (Pb) y cromo (Cr), elementos reconocidos por sus efectos adversos sobre la salud humana y el ambiente.⁽⁴⁾

Ante esta realidad, se plantea la necesidad de evaluar el estado de contaminación del suelo en el área de influencia del botadero, no solo como ejercicio técnico-científico, sino como una herramienta que permita fundamentar políticas de mitigación y prevención.⁽⁵⁾ El presente estudio se enmarca en un enfoque de investigación descriptiva, con un diseño no experimental, en el cual se recolectaron muestras de suelo en distintos puntos estratégicos para su posterior análisis en laboratorio.⁽⁶⁾ Este procedimiento permitió determinar las concentraciones de metales pesados y compararlas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos establecidos en la normativa peruana, con el fin de identificar posibles excedencias y establecer el nivel de riesgo ambiental.⁽⁷⁾

Asimismo, la investigación busca contribuir al conocimiento técnico sobre la relación entre la gestión de residuos sólidos y la calidad del suelo en zonas rurales y periurbanas, donde los recursos destinados al manejo ambiental suelen ser limitados.⁽⁸⁾ Se pretende que los resultados obtenidos sirvan de base para el desarrollo de un plan de mitigación que contemple acciones correctivas y preventivas, integrando la participación activa de la municipalidad, las autoridades competentes y la comunidad local.⁽⁹⁾

En este sentido, el estudio no se limita a un diagnóstico, sino que propone un aporte a la toma de decisiones y a la formulación de estrategias orientadas a minimizar la contaminación del suelo, proteger los recursos naturales y promover la sostenibilidad ambiental en el distrito de San Pablo.⁽¹⁰⁾ El compromiso con la preservación del entorno y la salud de la población exige investigaciones como la presente, que integren rigurosidad científica con pertinencia social, enmarcadas en el cumplimiento de la legislación ambiental vigente y en la búsqueda de soluciones viables y sostenibles.⁽¹¹⁾

Problema General

¿Existe contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo – 2018?

Problemas Específicos

¿Cuáles serán los niveles de concentración de los metales pesados (Plomo, Cadmio y Cromo) en suelos afectados por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo – 2018?

¿Los niveles de concentración de los metales pesados evaluados estarán dentro de los valores permitidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo - ECA?

¿Será factible realizar un Plan de Mitigación de Residuos Sólidos para el botadero municipal del Distrito de San Pablo – 2018?

Hipótesis General

Los lixiviados generan contaminación en el suelo del botadero municipal del Distrito de San Pablo – 2018.

Objetivo General

Evaluar la contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo – 2018.

MÉTODO

Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación según la naturaleza de la información se considera una investigación descriptiva.

Diseño de investigación

El tipo de diseño de la investigación fue no experimental, “las características de estos estudios es que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos.”

O: Observación.

M: Medición.

O → M

Variable, Operacionalización de variables

Variables

Variable dependiente: contaminación del suelo.

Variable independiente: lixiviados del botadero municipal de san pablo.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente:					
Lixiviados del Botadero Municipal	“Aquel suelo que han entrado en contacto con los desechos de un botadero, y se producen por la disolución de uno o más compuestos de los residuos sólidos urbanos en contacto con el suelo, o por la propia dinámica de descomposición de los residuos.”	Su característica principal es de contener compuestos de alta peligrosidad que perjudican y/o contaminan el ambiente y especialmente los cuerpos de agua y suelos.	Efectos nocivos en la salud de las personas. Contaminación del suelo.	• Persistentes • Bioacumulables. • Afecta la calidad del agua, aire y suelo.	Intervalo
Dependiente:					
Contaminación del Suelo.	“El aumento en los niveles de contaminación del suelo hace que exista la necesidad de monitorear el suelo para detectar su grado y/o nivel de contaminación, esto conduce a obtener una inmensa cantidad de datos de varios parámetros.”	El Estándar de Calidad del Suelo (ECA), indica los niveles que no debe de exceder o superar el suelo con presencia de alguna sustancia o compuesto para que no esté siendo considerado como contaminado.	Permite conocer y/o establecer el grado o nivel de contaminación del suelo, mediante el ECA para agua.	▪ Número de compuestos encontrados en el suelo. ▪ Cantidad en PPM. ▪ Tipo de compuestos.	Intervalo

Figura 1. Operacionalización de variables

Población y muestra

Población

Suelo del botadero Municipal de la localidad de San Pablo.

Muestra

Tres puntos de los suelos pertenecientes al botadero municipal de San Pablo.

1 kg de suelo (por cada parámetro que fueron recolectadas en bolsas)

Unidad de análisis: 250 gr de suelo

Criterios de selección

Punto 1: zona con actividad antrópica y/o afectada. (Parte baja del botadero)

Punto 2: zona con actividad antrópica y/o afectada. (Parte central del botadero)

Punto 3: zona aledaña a un sembrío agrícola. (Punto de control)

Muestreo

No probabilístico.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas

- Toma de muestra.
- Lista de cotejo.
- Guía.

Instrumentos

- Ficha de recolección de datos.
- Estándar de Calidad Ambiental para suelo (ECA).

Métodos de análisis de datos

Los datos se presentarán de manera objetiva utilizando la estadística experimental, que será a través del análisis de los parámetros en estudio.

El presente diseño se llevará a cabo en 3 etapas.

Etapas 1: gabinete inicial

En la presente etapa se realizarán las siguientes actividades:

- Recopilación de información bibliográfica.
- Consulta a profesionales ligados en temas a la investigación.
- Preparación de Equipos y materiales necesarios para la toma de muestras.
- Recopilación de información y material bibliográfico sobre la zona de estudio.

Etapas 2: laboratorio y campo

- Ubicación del proyecto y de los puntos a muestrear.
- Georreferenciación de los puntos a muestrear en coordenadas UTM WGS 84 18S.
- Muestreo de suelo del botadero municipal Según la (Guía para Muestreo de Suelos. 2014, p9) aplicando “el muestreo de identificación que tiene por objetivo investigar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los Estándares de Calidad Ambiental y/o los valores de fondo de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM.”
- Análisis de las muestras de suelo, estos se realizarán en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de San Martín, elaborado por el Ingeniero Carlos Verde Girbau, situado en la ciudad de Tarapoto.

Etapas 3: gabinete final

- Sistematización de la información recopilada en campo en las etapas anteriores.
- Análisis e interpretación de resultados.
- Impresión del informe final del trabajo de investigación.
- Presentación del informe final.
- Sustentación del proyecto final.

Aspectos éticos

Para la elaboración del presente estudio, se tuvo que contar con la aprobación de la Municipalidad Distrital de San Pablo, con la finalidad de contar con los permisos necesarios para las visitas al botadero municipal e igualmente para informarles que la presente investigación será presentando a su institución, con el fin de alcanzar un documento para que sea aplicable y plantear alternativas y/o estrategias para minimizar la contaminación del suelo en esta parte del distrito.

Esta autorización fue aceptada, llegando a un acuerdo, que esta investigación se proporcionará a la municipalidad Distrital de San Pablo e igualmente las fuentes utilizadas en la presente investigación están citadas de acuerdo a sus autores.

RESULTADOS

Ubicación

El botadero municipal del distrito de San Pablo se encuentra ubicado a 2 kilómetros del centro poblado de Consuelo, a 5 kilómetros del distrito de San Pablo.

Puntos de muestreo	Datum WGS 84	
	Este	Norte
P1 Final/pendiente	0323745	9245233
P2 Parte Central	0323740	9245198
P3 Punto Control	0323716	9245093

Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo

Política

Región: San Martín.
Provincia: Bellavista.
Distrito: San Pablo.

Limites Políticos

- Por el norte: Localidad de Fausa Lamista.
- Por el sur: Localidad de Dos Unidos.
- Por el este: Localidad de San Pablo.
- Por el oeste: Localidad de Huingoyacu.

Geografía

El distrito de San Pablo geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas:

- Norte: 0323700 a 0323154

- Este: 9245095 a 9245822
- Datum: WGS-84
- Zona: 18
- Superficie: 362,49 km²

La zona afectada se encuentra dentro del centro poblado Consuelo, la ubicación de los distritos está determinada según el Instituto Nacional de Estadística e Informática 2007.

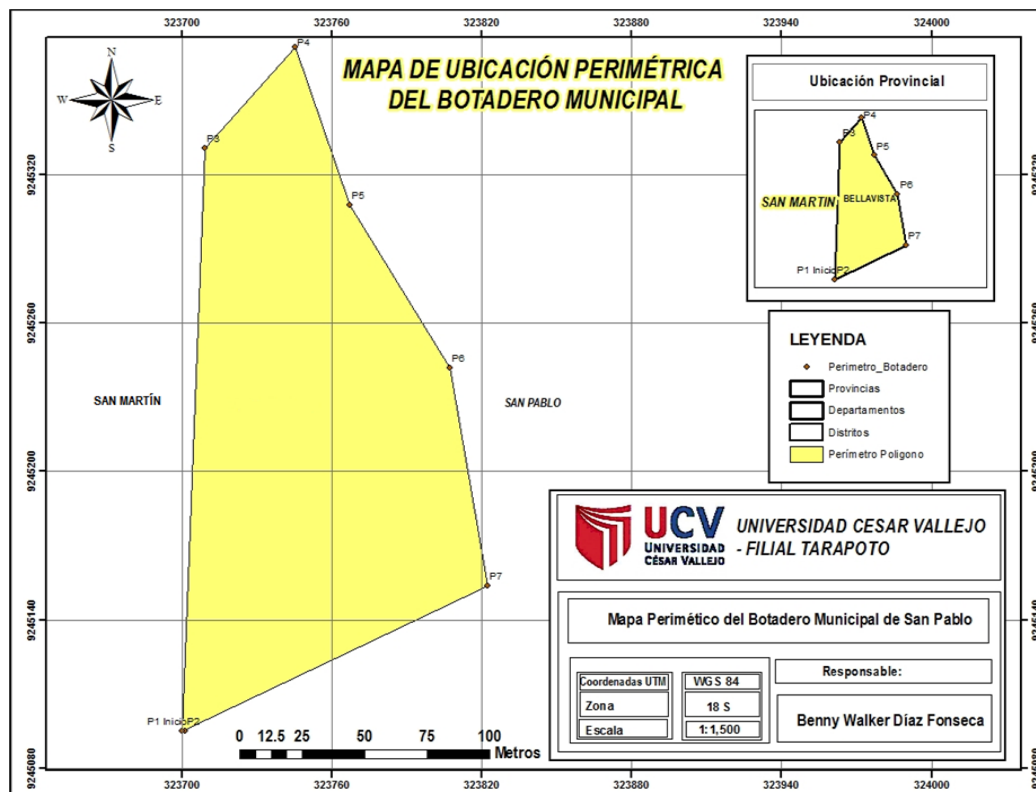


Figura 3. Mapa de Ubicación Perimétrico del Botadero Municipal

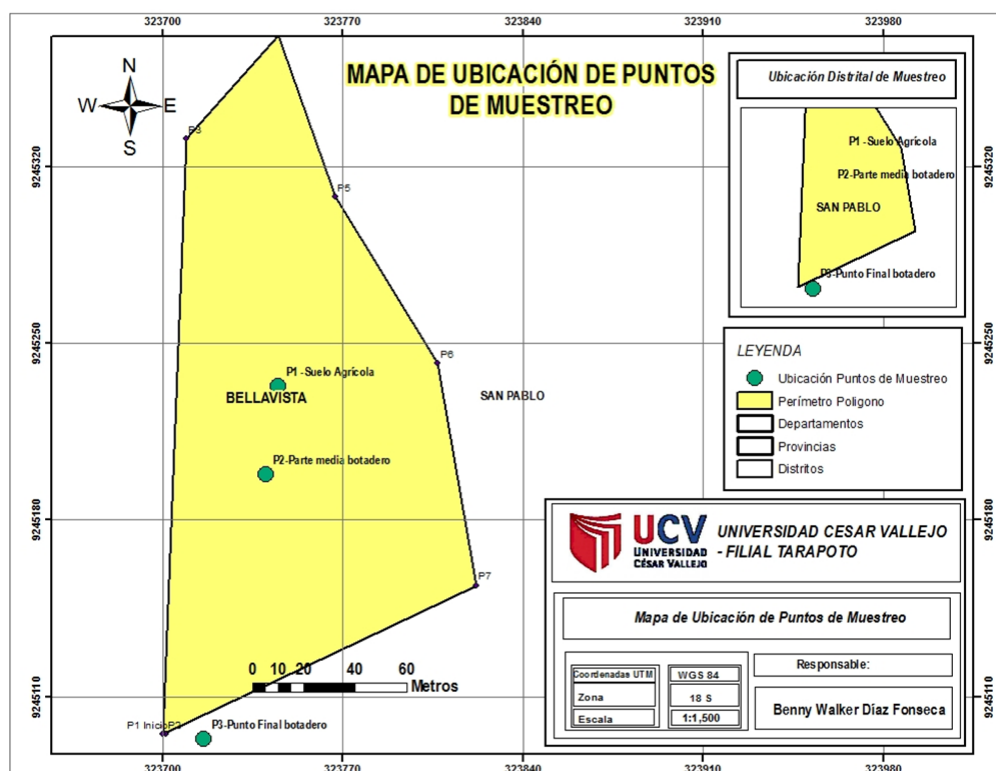


Figura 4. Mapa de Ubicación de Puntos de Muestreo

Resultados de Primer ensayo de metales pesados

RESULTADOS PRIMER MUESTREO				
Muestra	Parámetros de Campo (mg/kg)			
	Cd	Pb	Cr VI	Cromo Total
P1	18,752	16,255	nd	0,0363
P2	15,126	12,037	nd	0,0231
P3	6,321	11,123	nd	0,0123

Figura 5. Resultados Generales de Primer muestreo

Interpretación: la figura 6 muestra que los niveles más altos en mg/kg (ppm) es el Cadmio (Cd), obteniendo 18,752; seguido del Plomo (Pb) con 16,255 mg/kg, así mismo el Cromo VI (Cr+6) no se logró determinar la presencia en el suelo, sin embargo, se encontró trazas de Cromo Total, obteniendo niveles de 0,0363 mg/kg, los análisis corresponden al Punto 1.

Interpretación: según los resultados mostrados en la figura 7 el metal pesado que tiene mayor presencia en el suelo muestreado es el cadmio (Cd), con un valor de 15,126 mg/kg (ppm); seguido del Plomo (Pb) con 12,037 mg/kg. Finalmente, no se logró determinar presencia de Cromo VI en el suelo muestreado, sin embargo, se encontró trazas de Cromo Total, a un nivel de 0,0231 mg/kg. Los análisis corresponden al Punto 2 (suelo central del botadero).

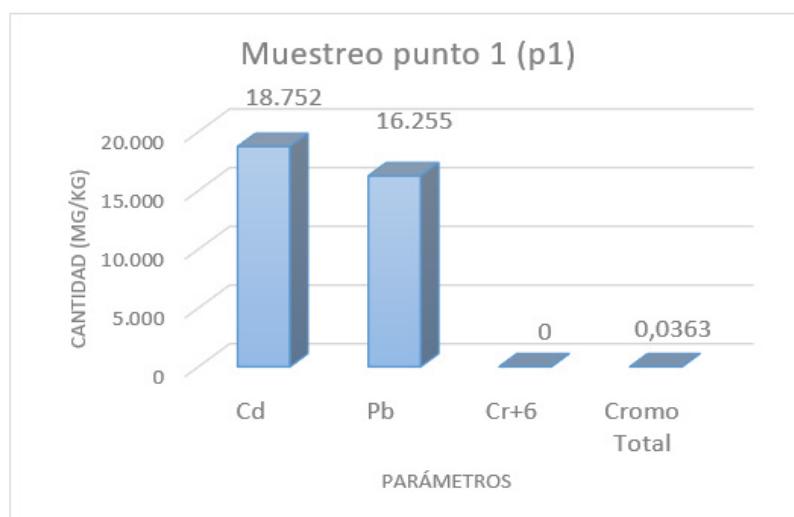


Figura 6. Resultado de ensayo de Metales pesados, punto 1

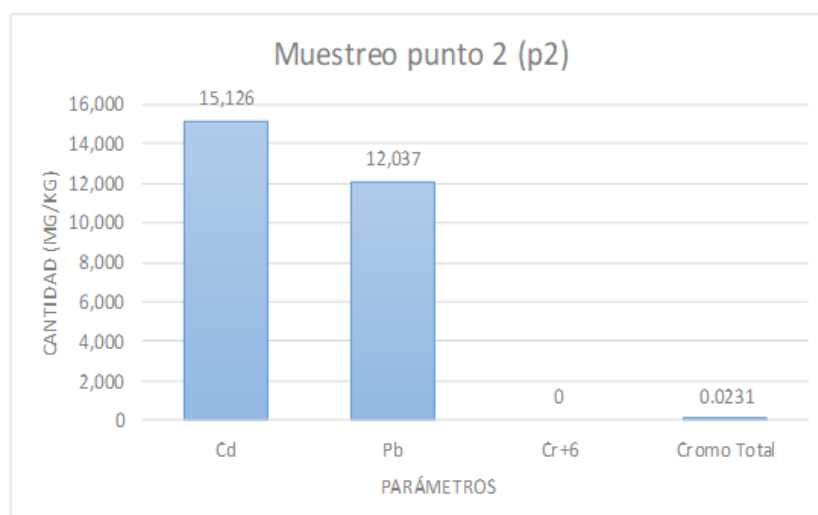


Figura 7. Resultado de ensayo de Metales pesados, punto 2

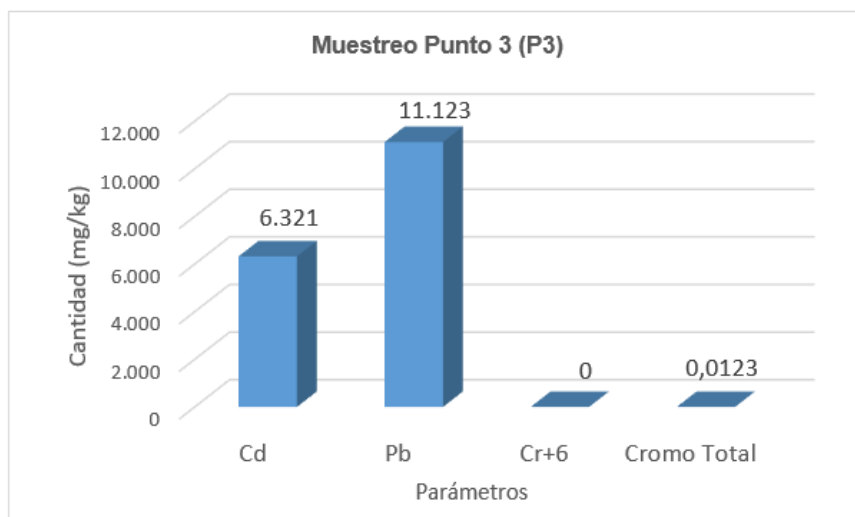


Figura 8. Resultado de ensayo de Metales pesados, punto 3

Interpretación: de acuerdo a los resultados presentados en la figura 8, se encontró mayor presencia de Plomo (Pb) en el suelo muestreado con un valor de 11,123 mg/kg (ppm); encontrándose en menor cantidad el metal pesado Cadmio (Cd) cuyo valor fue de 6,321 mg/kg. Finalmente, no se logró determinar presencia de Cromo VI en el suelo muestreado, sin embargo, se encontró trazas de Cromo Total, a un nivel de 0,0123 mg/kg. Los análisis corresponden al Punto 3 (punto de control del botadero).

Resultados de Primer ensayo de metales pesados comparado con el ECA en suelo agrícola

Cuadro comparativo del Cd y Pb con el ECA de los 3 diferentes puntos de muestreo				
Metales Pesados	ECA - Suelo Agrícola	P1	P2	P3
Cadmio (Cd)	1.4	18.752	15.126	6.321
Plomo (Pb)	70	16.255	12.037	11.123

Figura 9. Resultados Generales de Plomo y Cadmio del Primer muestreo

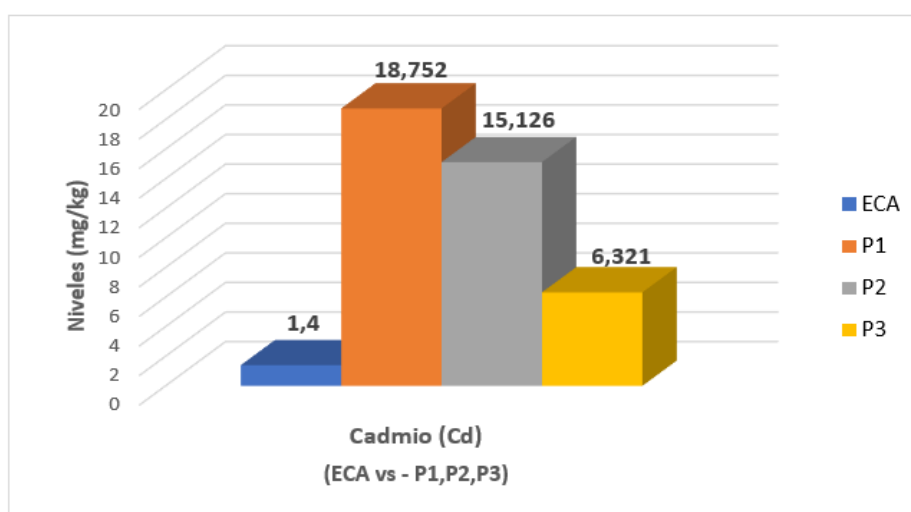


Figura 10. Resultados de las concentraciones de Cadmio (Cd) con el ECA

Interpretación: según la figura 10, los niveles de Cadmio (Cd) en los tres puntos muestreados superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola, siendo el punto 1 el que presenta mayor concentración de este metal, con un valor de 18,752 mg/kg, seguido del punto 2 con un valor de 15, 126 mg/kg; finalmente el punto 3 presenta menor concentración de este metal con un valor de 6,321 mg/kg.

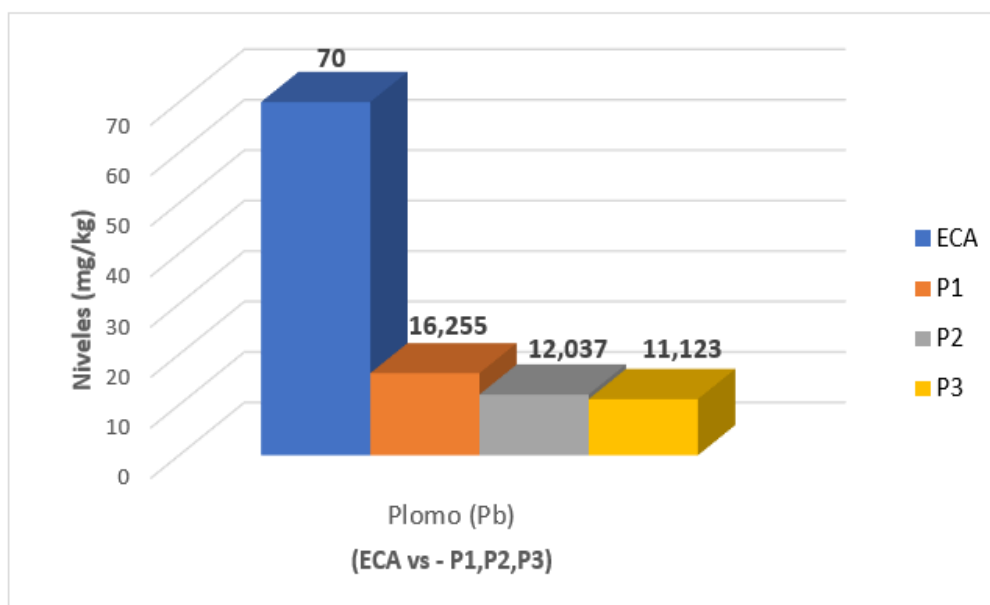


Figura 11. Resultados de las concentraciones de Plomo (Pb) con el ECA

Interpretación: según la figura 11 los niveles de Plomo (Pb) en los tres puntos muestreados no superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola, siendo el punto 1 el que presenta mayor concentración de este metal, con un valor de 16,255 mg/kg, seguido del punto 2 con un valor de 12,037 mg/kg; finalmente el punto 3 presenta menor concentración de este metal con un valor de 11,123 mg/kg.

Comparación de los resultados del primer muestreo con el ECA Suelo

Tabla 1. Comparación de resultados obtenidos con el ECA para suelo, Primer muestreo						
	ECA			Resultado Análisis		
	Suelo Agrícola	Suelo Parques	Suelo Inds. Extractivo	P1	P2	P3
Cadmio (Cd)	1,4	10	22	18,752	15,126	6,321
Plomo (Pb)	70	140	800	16,255	12,037	11,123
Cromo VI (Cr)	0,4	0,4	1,4	nd	nd	nd
Cromo Total (Cr)	-	400	1000	0,0363	0,0231	0,0123

Interpretación: la tabla 1 adjunta muestra los resultados obtenidos en comparación con el ECA para suelo, de acuerdo al tipo de suelo, por cada punto de muestreo y compuesto (Cadmio, Plomo, Cromo VI, Cromo Total).

Cabe recalcar que en Cromo VI no se determinó la presencia de este en ningún punto de muestreo, así mismo el Cromo Total no se encuentra establecido en el ECA para suelo agrícola.

Resultados de Segundo muestreo de metales pesados

RESULTADOS SEGUNDO MUESTREO				
Muestra	Parámetros de Campo (mg/kg)			
	Cd	Pb	Cr VI	Cromo Total
P1	19,36	17,36	nd	0,045
P2	16,21	14,25	nd	0,036
P3	7,45	11,69	nd	0,024

Figura 12. Resultados Generales de Segundo muestreo

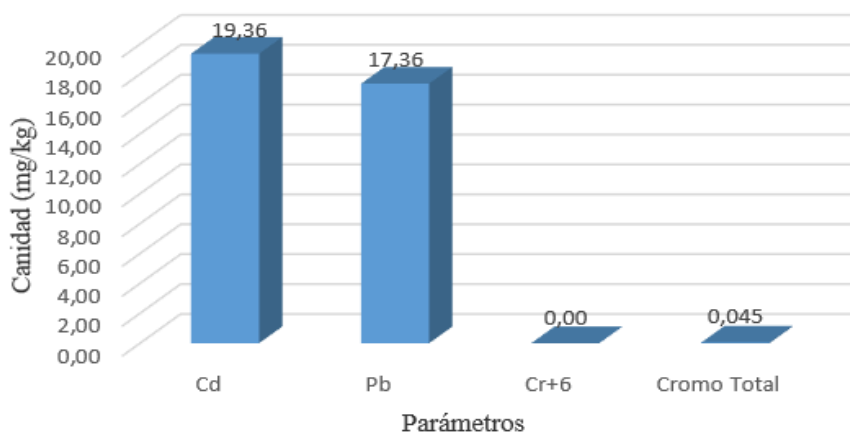


Figura 13. Resultado de ensayo de Metales pesados, punto 1

Interpretación: la figura 13 muestra que los niveles más altos en mg/kg (ppm) es el Cadmio (Cd), obteniendo 19,36; seguido del Plomo (Pb) con 17,36 mg/kg, así mismo el Cromo VI (Cr+6) no se logró determinar la presencia en el suelo, sin embargo, se encontró trazas de Cromo Total, obteniendo niveles de 0,045 mg/kg, los análisis corresponden al Punto 1 (Suelo agrícola).

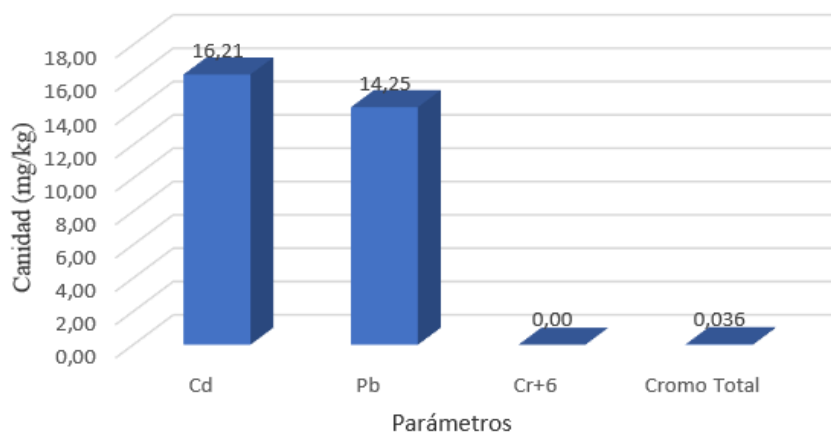


Figura 14. Resultado de ensayo de Metales pesados, punto 2

Interpretación: según los resultados mostrados en la figura 14, el metal pesado que tiene mayor presencia en el suelo muestreado es el cadmio (Cd), con un valor de 16,21 mg/kg (ppm); seguido del Plomo (Pb) con 14,25 mg/kg. Finalmente, no se logró determinar presencia de Cromo VI en el suelo muestreado, sin embargo, se encontró trazas de Cromo Total, a un nivel de 0,036 mg/kg. Los análisis corresponden al Punto 2 (suelo central del botadero).

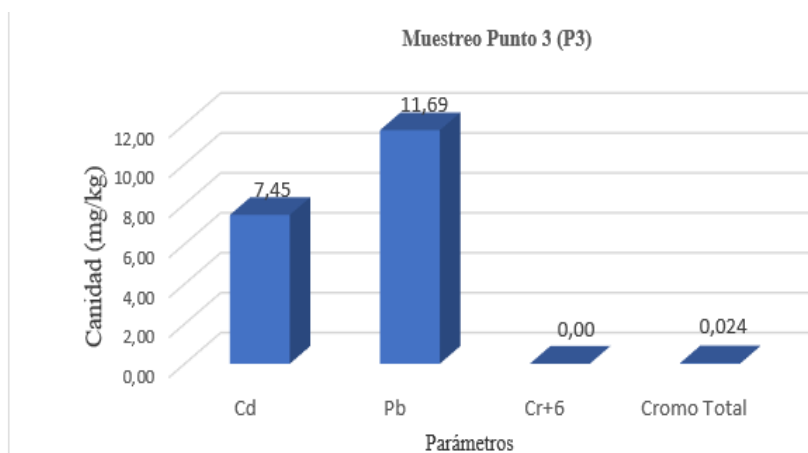


Figura 15. Resultado de ensayo de Metales pesados, punto 3

Interpretación: De acuerdo a los resultados presentados en la figura 15, se encontró mayor presencia de Plomo (Pb) en el suelo muestreado con un valor de 11,69 mg/kg (ppm); encontrándose en menor cantidad el metal pesado Cadmio (Cd) cuyo valor fue a 7,45 mg/kg. Finalmente, no se logró determinar presencia de Cromo VI en el suelo muestreado, sin embargo, se encontró trazas de Cromo Total, a un nivel de 0,024 mg/kg. Los análisis corresponden al Punto 3 (punto de control del botadero).

Resultados de Segundo ensayo de metales pesados comparado con el ECA en suelo agrícola

Cuadro comparativo del Cd y Pb con el ECA de los 3 diferentes puntos de muestreo				
Metales Pesados	ECA - Suelo Agrícola	P1	P2	P3
Cadmio (Cd)	1.4	19.36	16.21	7.45
Plomo (Pb)	70	17.36	14.25	11.69

Figura 16. Resultados Generales de Plomo y Cadmio del Segundo muestreo

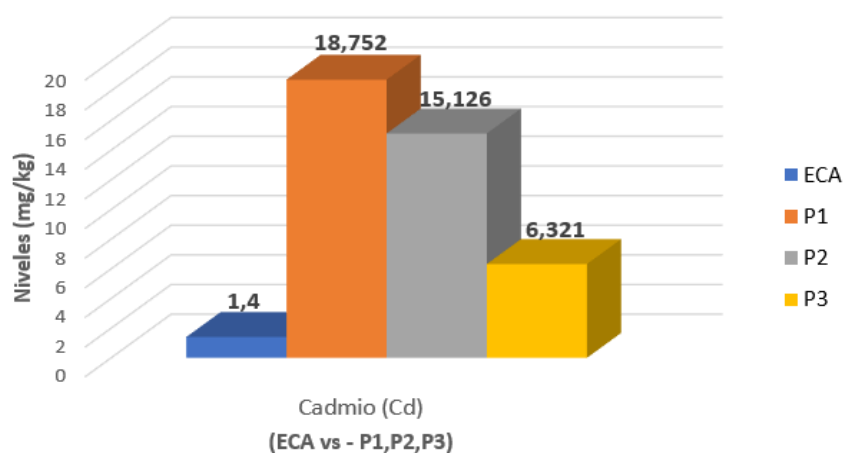


Figura 17. Resultados de las concentraciones de Cadmio (Cd) con el ECA

Interpretación: según la figura 17, los niveles de Cadmio (Cd) en los tres puntos muestreados superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola, siendo el punto 1 el que presenta mayor concentración de este metal, con un valor de 19,36 mg/kg, seguido del punto 2 con un valor de 16, 21 mg/kg; finalmente el punto 3 presenta menor concentración de este metal con un valor de 7,45 mg/kg.

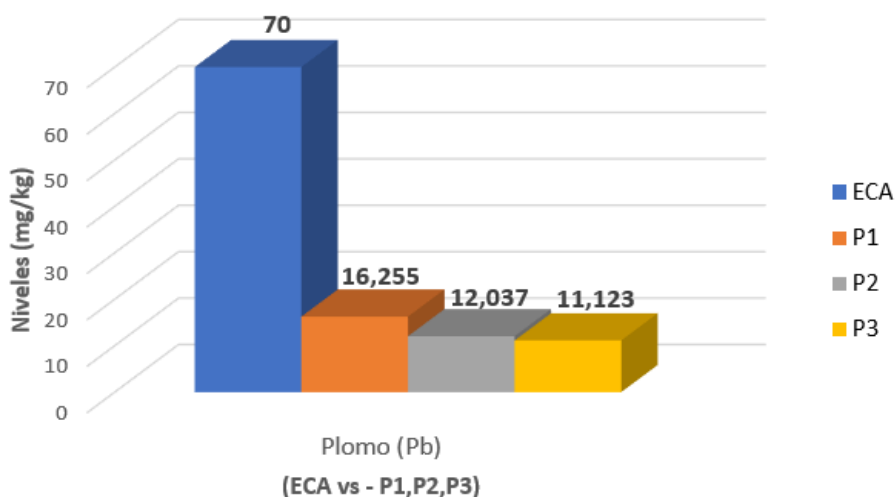


Figura 18. Resultados de las concentraciones de Plomo (Pb) con el ECA

Interpretación: según la figura 18 los niveles de Plomo (Pb) en los tres puntos muestreados no superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola, siendo el punto 1 el que presenta mayor concentración de este metal, con un valor de 17,36 mg/kg, seguido del punto 2 con un valor de 14,25 mg/kg; finalmente el punto 3 presenta menor concentración de este metal con un valor de 11,69 mg/kg.

Comparación de los resultados del Segundo muestreo con el ECA Suelo

Resultados de comparación de Metales Pesados con el ECA para suelo

	ECA			Resultado Análisis		
	Suelo Agrícola	Suelo Parques	Suelo Inds. Extractivo	P1	P2	P3
Cadmio (Cd)	1.4	10	22	19,36	16,21	7,45
Plomo (Pb)	70	140	800	17,36	14,25	11,69
Cromo VI (Cr)	0.4	0.4	1.4	nd	nd	nd
Cromo Total (Cr)		400	1000	0.045	0,036	0,024

Figura 19. Comparación de resultados obtenidos con el ECA para suelo, Segundo Muestreo

La figura 19 muestra los resultados obtenidos en comparación con el ECA para suelo, de acuerdo al tipo de suelo, por cada punto de muestreo y compuesto (Cadmio, Plomo, Cromo VI, Cromo Total). Cabe recalcar que en Cromo VI no se determinó la presencia de este en ningún punto de muestreo, así mismo el Cromo Total no se encuentra establecido en el ECA para suelo agrícola.

Resultado de Segundo muestreo para pH en el suelo

Tabla 2. Resultados de pH obtenido en el Segundo muestreo	
Resultados Segundo muestreo	
Muestra	pH
P1	7,86
P2	7,12
P3	7,32

Interpretación: la tabla 2 muestra los resultados obtenidos del pH, obteniendo que en punto 1 (Suelo agrícola) él es de 7,68; siendo este el más básico de los tres puntos, en cambio el punto 2 (centro del botadero) y punto 3 fueron de 7,12 y 7,32 respectivamente; el punto 2 es ligeramente neutro y el punto 3 tiende para más alcalino o básico.

Plan de mitigación de Impactos

El plan de mitigación de impactos de Residuos sólidos se realizó con la finalidad de lograr un adecuado manejo de los residuos sólidos que generan los pobladores del Distrito de San Pablo, los mismos que tienen como disposición final el botadero municipal ubicado en la localidad de Consuelo. Se realizó en cumplimiento del marco legal (Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos - D.S N° 014-2017 MINAM). Para ello es importante la participación de los pobladores que radican en la localidad de San Pablo (Distrito) y Consuelo, para el cumplimiento de lo establecido en este Plan de Mitigación de Residuos Sólidos.

Objetivo General

Establecer un plan de impactos para minimizar la contaminación del suelo producto de la generación de Residuos Sólidos en el Distrito de San Pablo.

Lugar de aplicación

Distrito de San Pablo, Provincia de Bellavista, Región de San Martín.

Responsables

El área de Gestión Ambiental de la Municipalidad distrital de San Pablo.

Aspecto Ambiental	Impacto Identificado	Medida Propuesta	Medio Verificación	Etapas
Generación de Residuos convencionales	Sobrecarga del botadero municipal	Educación Ambiental a todos los pobladores del distrito de San Pablo en coordinación con la municipalidad distrital, con el objetivo de minimizar el uso de residuos sólidos	Municipalidad Distrital de San Pablo	SIN PROYECTO
Generación de Residuos peligrosos	Contaminación del Suelo	Contratar a una EPS para el manejo adecuado de los residuos peligrosos	Municipalidad Distrital de San Pablo	SIN PROYECTO
Generación de Residuos Especiales	Contaminación del Suelo	Contratar a una EPS para el manejo adecuado de las llantas	Municipalidad Distrital de San Pablo	SIN PROYECTO
Generación de derrames	Contaminación del recurso hídrico	Diseñar un plan de manejo	Municipalidad Distrital de San Pablo	SIN PROYECTO
Generación de emisiones atmosféricas	Afectación al aire	Charlas de Sensibilización a los pobladores del distrito de San Pablo en coordinación con la municipalidad distrital, con el objetivo de reducir la quema de combustibles por vehículos	Municipalidad Distrital de San Pablo	CON PROYECTO
Almacenamiento de Residuos	Contaminación del Suelo	Almacenar los residuos en contenedores en puntos estratégicos de la ciudad	Municipalidad Distrital de San Pablo	CON PROYECTO
Recolección y transporte	Contaminación del Suelo	Caracterizar los residuos en dos grupos, orgánicos e inorgánicos	Municipalidad Distrital de San Pablo	CON PROYECTO
Disposición de residuos	Contaminación del Suelo	Disponer en el botadero únicamente los residuos plásticos, vidrio, metal y otros, además de realizar capacitación y talleres de minimización	Municipalidad Distrital de San Pablo	CON PROYECTO

Figura 20. Matriz de Mitigación de Impactos

DISCUSIÓN

En el presente estudio se realizó la evaluación de la contaminación del suelo producto de los lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo, dentro de los cuales los índices de contaminación se determinaron a consecuencia de los principales metales pesados presentes en los lixiviados de los botaderos de residuos sólidos (Plomo, Cadmio y Cromo VI), para determinar los niveles de concentración se realizó dos monitoreos (un monitoreo por cada mes),^(12,13) en los meses de setiembre y octubre del presente año, habiéndose considerado tres puntos de muestreo de los cuales dos se encuentran dentro del botadero denominados P1 - P2 y uno en la zona donde no hay afectación directa de los residuos sólidos municipales denominado P3 es decir, punto de control.⁽¹⁴⁾

De acuerdo al estudio realizado, en el P1 (parte final/pendiente) y P2 (Parte central) del botadero se encontró presencia tanto de residuos orgánicos (restos de comida, cáscaras y desperdicios de frutas, ramas y hojas de árboles, etc.) y residuos inorgánicos (baterías, pinturas e insecticidas, pilas, barnices, cañerías de PVC, fotografías, cemento, tintas y plásticos).^(15,16) En Medellín “determinaron que la contaminación del suelo en el botadero de Moravia es provocado por residuos de baterías, pinturas e insecticidas, pilas, baterías, pinturas, barnices, residuos curtiembre de cuero acero inoxidable cañerías de PVC además de residuos de fotografías,

conservantes de lana pirotécnicas, anticorrosión y cemento tinturas textiles, tintas y plásticos todos estos residuos determinan la presencia de metales pesados tales como: plomo, cadmio y cromo VI.⁽¹⁷⁾

Los resultados presentados en relación a la concentración de Cadmio (Cd) del presente trabajo son similares al trabajo de investigación, toda vez que, en ambos trabajos los niveles de Cadmio (Cd) superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola (1,4 mg/kg), encontrándose que el valor más alto de Cadmio en el trabajo citado está en el Punto Final del botadero con un valor de 3,16 mg/kg en comparación a los 19,36 mg/kg del presente trabajo.⁽¹⁸⁾

Los resultados presentados en relación a la concentración de Cromo VI (Cr) del presente trabajo difieren con los resultados del trabajo de investigación ya que en el trabajo citado los niveles de Cromo VI (Cr) superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola (0,4 mg/kg), encontrándose el valor más alto en el Punto Inicial del botadero con un valor de 1 810 mg/kg en comparación a que en este trabajo de investigación no se pudo determinar la presencia de este metal.⁽¹⁹⁾

Los resultados presentados en relación a la concentración de Plomo (Pb) del presente trabajo difieren con los resultados del trabajo de investigación ya que en el trabajo citado los niveles de Plomo (Pb) superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola (70 mg/kg),⁽²⁰⁾ encontrándose el valor más alto en el Punto Central del botadero con un valor de 88,09 mg/kg en comparación a los 17,36 mg/kg del presente trabajo.⁽²¹⁾

Los resultados presentados en relación a las concentraciones de Plomo (Pb) y Cromo (Cr) del presente trabajo son similares al trabajo de investigación toda vez que, en el trabajo citado los niveles de Plomo (Pb) y Cromo (Cr) no superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola (70 mg/kg) y (0,4 mg/kg) respectivamente,⁽²²⁾ encontrándose las concentraciones más altas de Plomo (Pb) en los botaderos de Lamay y Calca con valores de 0,01 mg/kg en ambos casos, en comparación a los 17,36 mg/kg del presente trabajo y con respecto al Cromo VI (Cr), la concentración más elevada se encuentra en el botadero de Calca con un valor de 0,06 mg/kg en comparación a que en mi trabajo de investigación no se pudo determinar la presencia de este metal.⁽²³⁾

Los resultados presentados en relación a la concentración de Cadmio (Cd) del presente trabajo difieren con los resultados del trabajo de investigación ya que en el trabajo citado los niveles de Cadmio (Cd) no superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola (1,4 mg/kg), no encontrándose ni en valor en traza la presencia de este metal, en comparación al valor más alto (19,36 mg/kg) del presente trabajo.⁽²⁴⁾

CONCLUSIONES

Se realizó la evaluación de la contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, encontrándose concentraciones en mg/kg de los siguientes metales pesados (Cadmio, Plomo y Cromo Total) en los tres puntos de muestreo.

Se determinó los niveles de concentración de metales pesados (Plomo, Cadmio y Cromo VI) en suelos afectados por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, encontrándose en el primer muestreo concentraciones de Cadmio (Cd) a un nivel de 18,752 mg/kg, seguido del Plomo (Pb) con 16,25 mg/kg, correspondiente al punto 1, en el punto 2 se encontró 15,126 mg/kg de Cadmio (Cd); seguido del Plomo (Pb) con 12,037 mg/kg. Por último, en el punto 3 se determinó que el Plomo (Pb) en el suelo tuvo una concentración de 11,123 mg/kg. Finalmente se encontró en menor cantidad el metal pesado Cadmio (Cd) con un valor de 6,321 mg/kg. Así mismo, en el segundo y último muestreo se determinó que el Cadmio (Cd) presentó una concentración de 19,36 mg/kg, seguido del Plomo (Pb) con 17,36 mg/kg, ambos reportes correspondientes al punto 1. En el punto 2 el metal pesado que tuvo mayor concentración en el suelo fue el cadmio (Cd), con un valor de 16,21 mg/kg; seguido del Plomo (Pb) con 14,25 mg/kg. Por último, en el punto 3 el Plomo (Pb) tuvo la concentración más alta con un valor de 11,69 mg/kg, seguido del Cadmio (Cd) cuyo valor fue de 7,45 mg/kg. Con respecto al Cromo VI (Cr), no se logró detectar su presencia en ninguno de los puntos muestreados.

La comparación de los niveles de concentración de los metales pesados evaluados con los Estándares de Calidad Ambiental para suelo – ECA permitió establecer que los niveles de Cadmio (Cd) en los tres puntos muestreados superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola, con respecto al Plomo (Pb) y Cromo VI (Cr) en los tres puntos muestreados no superan los valores establecidos por el ECA para un suelo agrícola.

El plan de mitigación de residuos sólidos, se realizó con la finalidad de lograr un adecuado manejo de los residuos sólidos generados por los pobladores del Distrito de San Pablo, el cual permitirá mejorar el funcionamiento del botadero municipal y a la vez disminuir la contaminación ambiental. Se realizó en cumplimiento del marco legal (Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos).

RECOMENDACIONES

Se recomienda acrecentar el número y la frecuencia de muestreos, de tal manera que los nuevos muestreos proporcionen y brinden mayor peso y consistencia estadística.

Debido a la elevada concentración de Cadmio en los puntos muestreados del botadero municipal se recomienda aplicar medidas conducentes para lograr un mejor tratamiento de los residuos sólidos y evitar la contaminación a causa de los metales pesados en el suelo de botadero municipal.

Se recomienda implementar un proceso educativo de mediano y largo plazo, con la finalidad de lograr una conciencia ambiental entre la población emergente, que repercutan en el mantenimiento y/o mejoramiento de las condiciones ambientales del botadero municipal del Distrito de San Pablo, especialmente en el manejo adecuado del recurso suelo.

Profundizar estudios de calidad del suelo orientados a evaluar concentraciones de contaminantes y considerar las implicaciones ambientales, sociales y económicas del mismo en las poblaciones cercanas.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Benny Walker Díaz-Fonseca, Carlos Mauricio Lozano-Carranza, Andi Lozano-Chung.

Curación de datos: Benny Walker Díaz-Fonseca, Carlos Mauricio Lozano-Carranza, Andi Lozano-Chung.

Análisis formal: Benny Walker Díaz-Fonseca, Carlos Mauricio Lozano-Carranza, Andi Lozano-Chung.

Redacción – borrador original: Benny Walker Díaz-Fonseca, Carlos Mauricio Lozano-Carranza, Andi Lozano-Chung.

Redacción – revisión y edición: Benny Walker Díaz-Fonseca, Carlos Mauricio Lozano-Carranza, Andi Lozano-Chung.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez, alexander; suarez, john. Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario “el guayabal” de la ciudad san José de Cúcuta, Colombia. 2006. 105 pp. Issn: 0122-3461
2. Conam/cepis/ops. Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos. Lima-perú. 2004. 98 pp.
3. Champi, Vilma; Villalba Balsa, Milagros. Evaluación de la contaminación por disposición final de residuos sólidos en los centros poblados de Pisac, Coya, Lama y Yacolla- región Cusco. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco-perú. 2014. 181 pp.
4. Ecorgánicas. 2009. Problemas ambientales. Medellín. [Ecorganicas.com/cont/index.php?...task](http://ecorganicas.com/cont/index.php?...task).
5. Ecorgánicas. Problemas ambientales, Medellín, revista. Setiembre 2013, vol 3. <https://ecorganicas.com/cont/index.php>.
6. Falcón, María. Afectación del suelo como consecuencia de la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero Roma-Casa Grande. Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo-perú. 2016. 51 pp.
7. Fernandez, Alex. Contaminación por lixiviados. 13 de octubre de 2006. http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/10/13/156373.php
8. Hernández, Carlos. Evaluación del índice de lixiviados de vertederos de residuos sólidos urbanos a cielo abierto en la ciudad de La Habana. Tesis de pregrado. Universidad Tecnológica de La Habana, “José Antonio Echeverría” Cuba 2009, 68 p.
9. Higuera, Leonardo Germán. Residuos sólidos, contaminación y efecto de lixiviados en suelo por el botadero municipal de La Paz y creación de una norma específica que regule su tratamiento. Tesis de posgrado. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia. 2010-95p.
10. Izquierdo, Nelson. Evaluación de la contaminación de las fuentes de agua ubicadas en el área de influencia del botadero municipal de la ciudad de Yurimaguas. Tesis de pregrado. Yurimaguas-perú. 2013, 84 p.
11. Jaramillo, Jorge. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Antioquia - Colombia. 2002. 303 pp.
12. Martínez, Fabiola. Edafología y fertilidad de suelos. Instituto Tecnológico Superior “Juan Montalvo. Loja-Ecuador. 2016. 92 pp.
13. Márquez, Liliana. Evaluación de la contaminación de suelos agrícolas por lixiviados de un botadero municipal en la parte central de México. Tesis de pregrado. Universidad del Valle de Toluca. México 2010, 45p.
14. Minam. Guía para muestreo de suelos (en el marco del decreto supremo n° 002-2013-MINAM, estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo). Perú. 2014. 39 pp.
15. Ojeda, Rosalba. Evaluación preliminar del impacto sobre el suelo del área de influencia directa del vertedero de residuos sólidos del municipio de Arauca. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia sede Arauca Ingeniería Ambiental. Colombia 2005, 45 p.
16. Ramírez, Henry Jonathan. Determinación de los niveles de contaminación del agua por la disposición final de residuos

sólidos generados en la ciudad de moyobamba- 2014. Tesis de pregrado. Universidad nacional de san martin tarapoto. Moyobamba-perú. 2014, 92p.

17. Rodríguez, juan. Hacia un uso sostenible de los recursos naturales. Andalucía - sevilla, 2008. 99 pp. Isbn: 978-84-7993-048-6
18. Rojas, marisol. Evaluación de la calidad físico química del suelo vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y sus efectos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de cancharani - puno. Tesis de posgrado-puno-perú. 2016.
19. Rojas, xiommy daniela. Evaluación ambiental y económica de la disposición final de residuos sólidos urbanos municipales de moyobamba-2015. Tesis de pregrado. Universidad nacional de san martin - tarapoto. Moyobamba-perú. 2016, 126p.
20. Salazar, juan. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Argentina. 2000. 88 pp.
21. Semarnat, programa nacional de remediación de sitios contaminados. México. 2010. 152 pp. Isbn: 978-607-7908-27-2
22. Tchobanoglous g; theisen, h y vigil a. Gestión integral de residuos sólidos. Edit. Mcgraw-hill/interamericana de españa, s.a. 1998. 1120 pp. Isbn: 9788448118303
23. Vásquez, fernando. Evaluación del índice de calidad del agua en el área de influencia del botadero municipal de tarapoto sector yacucatina-san martin-perú. Tesis de posgrado. Universidad nacional de san martin tarapoto. Tarapoto-perú. 2010, 127p.
24. Vivanco, vigny. Evaluación de la contaminación del suelo producida por el botadero municipal de abancay y sus impactos negativos en el entorno y la salud humana. Tesis de pregrado. Universidad alas peruanas, filial abancay-perú. 2012, 80 p.