

CONTAMINACIÓN DE ALIMENTOS POR PLOMO EN COLOMBIA Y TECNOLOGÍAS PARA SU MANEJO AMBIENTAL

ANEXOS

Área: ambiental

Fecha de recibido: 25-10-2023

Fecha de aceptado: 02/05/2024

DOI: 10.22490/21456453.7273

Anexo A. Matriz de evaluación de impacto socioambiental

Tabla 6.

Matriz de evaluación de impactos socioambientales proyecto reciclaje de baterías plomo-ácido

Componentes del entorno		Impactos	CA	MG	EXT	DUR	REV	REC	PE	TD	TP	PO	MP	Calificación Importancia	Promedio IMP	
Biótico	Hidrología	Caudales	-1	4	4	8	8	8	1	2	1	1	-49	Moderado	-30.5	
		Dinámica fluvial	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-12	Irrelevante		
	Agua	Usos del agua	-1	8	8	8	8	8	8	8	1	2	8	-83	Crítico	-84
		Calidad físico-química	-1	8	8	8	8	8	8	8	2	2	8	-84	Crítico	
		Calidad bacteriológica	-1	8	8	8	8	8	8	8	2	2	8	-84	Crítico	

Biótico	Hidrogeología	Calidad fisicoquímica de aguas subterráneas	Alteración en propiedades físico químicas y bacteriológicas del agua subterránea	-1	8	4	8	8	8	1	2	1	1	-61	Severo	-36	
		Nivel freático	Contaminación de las aguas subterráneas al sobrepasarse el nivel freático en las excavaciones	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-12		Irrelevante
		Capacidad de infiltración	Cambio en la capacidad de infiltración	-1	1	1	4	8	8	4	2	1	4	-36	Moderado		
Suelo	Calidad fisicoquímica	Alteración de la calidad fisicoquímica por plomo	-1	1	8	8	12	12	4	2	1	1	-59	Severo	-53		
		Usos del suelo	Agricultura	-1	1	8	4	12	12	4	1	1	1	-54		Severo	
			Paisajismo	-1	1	4	4	12	12	4	1	1	1	-46		Moderado	
Abiótico	Fauna	Especies	Cambio en la presencia y cantidad	-1	4	4	8	4	8	8	2	2	8	-60	Severo	-55	
		Hábitat	Cambio en el estado del hábitat	-1	4	4	8	4	8	12	2	2	8	-64	Severo		
		Dinámica de la población	Cambio en la dinámica de la población	-1	4	1	4	4	4	4	2	1	8	-41	Moderado		
Socioeconómico	Dimensión demográfica	Salud de la población	Afectación a la salud por inhalación de plomo, contacto directo en la piel y consumo de alimentos contaminados	-1	4	8	12	12	12	8	2	2	8	-84	Crítico	-84	

Fuente: autores.

Anexo B. Ficha evaluación técnica de fitorrecuperación

Tabla 7.

Tecnologías aplicadas para remoción de plomo. Estudio 3

Ficha de evaluación tecnología	
Título del estudio:	Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado, remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost
Autor o Autores:	Munive, R., Gamarra, G., Munive, Y., Puertas, F., Valdiviezo, L. y Cabello, R.
Nombre de la tecnología o técnica:	
Técnicas de fitorrecuperación con adición de enmiendas	
Tipo de estudio:	artículo de revista
Descripción de la tecnología o técnica:	
<p>La fitorrecuperación es una técnica novedosa que aprovecha ciertas plantas resistentes a la contaminación por metales pesados, como el plomo, para eliminar estos contaminantes del suelo mediante sus raíces y tejidos. En este proyecto, se utiliza el girasol como planta fitorremediadora y se mejora el suelo con compost y vermicompost, sustancias orgánicas y agentes quelantes que mejoran las condiciones para el crecimiento de las plantas. Esta técnica es una alternativa económica y natural a los métodos químicos costosos y agresivos. Sin embargo, su principal desventaja es que puede llevar tiempo lograr un crecimiento de plantas suficiente para tener un impacto significativo en la descontaminación del suelo.</p>	
Criterios de evaluación	
Criterio	Puntaje
Facilidad de implementación	5
% Eficiencia	3.5
Costos	5
Generación de residuos	5
Aporte ambiental	3.5
TOTAL	4.4

Fuente: autores.

Se muestra las técnicas electrocinéticas para la remoción de plomo en suelos.

Anexo C. Ficha evaluación técnica de biorremediación

Tabla 8.

Tecnologías aplicadas para remoción de plomo. Estudio 4

Ficha de evaluación tecnología	
Título del estudio:	Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao
Autor o Autores:	Castebianco, J.
Nombre de la tecnología o técnica:	
Técnicas de Biorremediación	
Tipo de estudio:	Artículo de revista
Descripción de la tecnología o técnica:	
Este proyecto destaca la utilidad de la biorremediación como complemento a la fitorrecuperación, señalando que, cuando se utiliza la biorremediación sola, el proceso puede ser lento debido al tiempo que los microorganismos requieren para tener un impacto. El artículo argumenta que las bacterias endófitas asociadas a plantas hiperacumuladoras mejoran significativamente la eficiencia de la biorremediación al facilitar el crecimiento de las plantas fitorrecuperadoras a través de tres mecanismos: (1) aumentando la superficie de las raíces y la producción de pelos radiculares, (2) incrementando la disponibilidad de los metales, y (3) mejorando la transferencia de metales solubles desde la rizósfera hasta la planta.	
Criterios de evaluación	
Criterio	Puntaje
Facilidad de implementación	4
% Eficiencia	3
Costos	4
Generación de residuos	4
Aporte ambiental	3
TOTAL	3.6

Fuente: autores.

Se muestra las técnicas de biorremediación para la remoción de plomo en suelos.

Anexo D. Ficha evaluación técnica de humedales artificiales con técnicas de biorremediación

Tabla 9.

Tecnologías aplicadas para remoción de plomo. Estudio 5

Ficha de evaluación tecnología	
Título del estudio:	Remoción de mercurio, cromo y plomo por humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes
Autor o Autores:	Castebianco, J.
Nombre de la tecnología o técnica:	
Humedales artificiales con técnicas de Biorremediación	
Tipo de estudio:	Artículo de revista
Descripción de la tecnología o técnica:	
<p>En este proyecto, se demuestra la eficacia de la biorremediación para eliminar la contaminación de plomo en aguas a través de cepas tolerantes en humedales artificiales. Las cepas utilizadas pertenecen a la especie <i>Phragmites australis</i>. En el caso de los tres humedales inoculados con cepas tolerantes, se esterilizó la rizosfera utilizando una solución de NaClO al 10% seguida de C₂H₆O al 70%.</p> <p>Para evaluar la toxicidad de las aguas contaminadas, se llevaron a cabo bioensayos utilizando semillas de <i>Lactuca sativa</i> y se evaluaron los efectos de metales pesados, como el plomo. La concentración de metales se determinó mediante técnicas de espectrometría de absorción atómica, generando hidruros para las muestras de mercurio y utilizando el método de flama para analizar plomo y cromo.</p>	
Criterios de evaluación	
Criterio	Puntaje
Facilidad de implementación	4
% Eficiencia	3
Costos	4
Generación de residuos	3
Aporte ambiental	3
TOTAL	3.4

Fuente: autores.

Se muestra las técnicas de humedales artificiales con biorremediación para la remoción de plomo en agua.

Anexo E. Ficha evaluación técnica de Vitrificación

Tabla 10.

Tecnologías aplicadas para remoción de plomo. Estudio 6

Ficha de evaluación tecnología	
Título del estudio:	Reducción de la peligrosidad de una escoria de plomo secundario mediante un proceso de vitrificación
Autor o Autores:	Narváez, M.
Nombre de la tecnología o técnica:	
Vitrificación	
Tipo de estudio:	Trabajo de grado maestría
Descripción de la tecnología o técnica:	
<p>Este proyecto demuestra la eficacia de la vitrificación para convertir el plomo en partículas de vidrio, reduciendo significativamente su peligrosidad. Se llevó a cabo en una empresa colombiana que procesa baterías de plomo y produce grandes cantidades de escoria de plomo, representando un riesgo ambiental.</p> <p>El proceso de vitrificación consiste en mezclar la escoria de plomo con arena y carbonato de sodio (Na_2CO_3) y luego someter la mezcla a altas temperaturas (entre 1000 y 1200°C) durante 2 horas. Esto resulta en la formación de vitrificados que encapsulan el plomo, cumpliendo con los estándares de seguridad.</p> <p>Aunque esta técnica tiene la ventaja de permitir la reutilización de residuos en otras áreas, como la construcción, su principal desventaja es su alto costo. Además, si se lleva a cabo in situ, podría afectar negativamente la calidad del suelo y su capacidad para ser fértil.</p>	
Criterios de evaluación	
Criterio	Puntaje
Facilidad de implementación	2
% Eficiencia	4
Costos	1
Generación de residuos	3
Aporte ambiental	3
TOTAL	2.6

Fuente: autores.

Se muestra la técnica de vitrificación para la remoción de plomo en suelos.

Anexo F. Ficha evaluación técnica de barreras reactivas permeables

Tabla 11.

Tecnologías aplicadas para remoción de plomo. Estudio 7

Ficha de evaluación tecnología	
Título del estudio:	Barreras reactivas aplicables en acuíferos para la remoción de materia orgánica proveniente de residuos urbanos
Autor o Autores:	Arenas, G.
Nombre de la tecnología o técnica:	
Barreras reactivas permeables	
Tipo de estudio:	Trabajo de grado maestría
Descripción de la tecnología o técnica:	
<p>El proyecto destaca la utilidad de las barreras reactivas permeables, una técnica in situ relativamente nueva en la que se instalan filtros tipo barrera. En este estudio, se utilizaron tres celdas para simular condiciones de un acuífero, donde dos de ellas actuaron como barreras construidas con materiales como el tezontle y la composta, mientras que la tercera celda, hecha de arena, se utilizó como control.</p> <p>Se llevaron a cabo evaluaciones utilizando diferentes concentraciones de materia orgánica y plomo en la solución, y se observaron diferentes porcentajes de eliminación en cada celda. Por ejemplo, con una concentración del 10% de disolución, la celda de tezontle logró una eliminación del 93%, la de composta del 90%, y la de arena del 76%. Esto demuestra la efectividad de la técnica. Además, al combinar esta técnica con otros métodos, como la adición de caliza, es posible precipitar y retener los metales tóxicos en las paredes de la barrera.</p> <p>Sin embargo, la principal desventaja de esta técnica es la falta de estudios que determinen si las barreras requieren mantenimiento y cuál es su vida útil, lo que plantea incertidumbre sobre su sostenibilidad a largo plazo.</p>	
Criterios de evaluación	
Criterio	Puntaje
Facilidad de implementación	4
% Eficiencia	4
Costos	2
Generación de residuos	4
Aporte ambiental	4
TOTAL	3.6

Fuente: autores.

Se muestra la técnica de barreras permeables reactivas para la remoción de plomo en fuentes hídricas.

Anexo G. Ficha evaluación técnica de biotransformación

Tabla 12.

Tecnologías aplicadas para remoción de plomo. Estudio 8

Ficha de evaluación tecnología	
Título del estudio:	Biotransformación de metales pesados presentes en lodos ribereños de los ríos Bogotá y Tunjuelo
Autor o Autores:	Soto, C.; Gutiérrez, S.; Rey, A.; González, E.
Nombre de la tecnología o técnica:	
Biotransformación	
Tipo de estudio:	Artículo de revista
Descripción de la tecnología o técnica:	
<p>El proyecto resalta la utilidad de la biotransformación utilizando microorganismos presentes en los lodos ribereños de los ríos Bogotá y Tunjuelo para tratar la contaminación de metales pesados, como el plomo. Esta contaminación proviene de desechos industriales y afecta la calidad del suelo en la Sabana de Bogotá, donde la falta de vegetación es evidente y se ha convertido en un riesgo para la salud humana debido al uso de estos suelos en la agricultura.</p> <p>El proceso implicó tomar muestras de agua de la zona y crear una solución representativa para cultivos en placa. A estas muestras se les agregó un agente disgregante, el pirofosfato de sodio al 0,1%, en una proporción constante volumen/peso de 2,5.</p> <p>La biotransformación de los metales fue prácticamente completa, lo que demuestra la eficacia de diversos géneros de microorganismos utilizados, ya sea transformando directamente los metales o proporcionando otros bioelementos para facilitar el proceso con los metales pesados.</p>	
Criterios de evaluación	
Criterio	Puntaje
Facilidad de implementación	4
% Eficiencia	4
Costos	3
Generación de residuos	4
Aporte ambiental	4
TOTAL	3.8

Fuente: autores.