



Trabajo Integrador Final.

Basural a Cielo Abierto (Moreno, Buenos Aires): Sistema de
Remediación Ambiental.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (UTN).

Facultad Regional Delta.

Posgrado: Especialización en Ingeniería Ambiental.

Materia: Seminario Integrador.

Profesor: Dr. Malpartida, Alejandro.

Alumno: Lic. Villafañe, Ricardo.

Año: 2024

Contenido

Resumen del Trabajo:.....	3
Introducción:	4
Contextualización del Problema Ambiental y Justificación del Estudio	5
Fundamentos Teóricos	7
La Edafología y su Aplicación en la Remediación Ambiental	8
Fitorremediación y sus Aplicaciones en la Remediación de Sitios Contaminados	10
Ubicación y descripción:	13
Características del suelo:	17
Características del suelo en el área afectada:	19
Compuestos de interés y riesgos para la salud asociados al basural	20
Receptores de la contaminación en el entorno del basural	22
Análisis de Acciones Correctivas Basadas en Riesgo para la Salud Humana (RBCA) en el Sitio Contaminado	24
Medidas correctivas.....	26
Normativa legal aplicable a la gestión de pasivos ambientales	27
Método.....	30
Resultados.....	35
Evaluación de Riesgos por Contaminación de Plomo en el Basural de la Calle Portugal y Los Olmos: Hallazgos.....	35
Recomendaciones	36
Acciones de Respuesta Inicial ante la Contaminación en el Basural de la Calle Portugal y Los Olmos.....	36
Valores Objetivo y Plazos de Remediación en el Sitio Contaminado.....	38
Plan de Remediación del Sitio Contaminado	39
Conclusión	41
Recomendaciones	43
Referencias.....	45

Resumen del Trabajo:

El presente estudio se enfoca en el desarrollo de un sistema integral de remediación ambiental para abordar la contaminación por plomo en un basural a cielo abierto ubicado en la Calle Portugal y Los Olmos, en la Localidad de Trujui, Partido de Moreno, Buenos Aires. El basural ha generado un grave problema ambiental y de salud pública debido a la práctica de arrojar residuos y quemar basura, lo que ha contaminado el suelo, el agua subterránea y el aire circundante Desalambrar. (2021).

El proyecto se justifica por la necesidad de mitigar los impactos ambientales y proteger la salud de la población expuesta al plomo, especialmente niños y residentes cercanos. Se propone un plan de remediación que consta de dos etapas fundamentales: la excavación del terreno y la colocación de una barrera física (geomembrana), seguida de la implementación de la fitorremediación como estrategia de remediación ambiental.

La fitorremediación, basada en el uso de especies vegetales específicas para absorber y degradar contaminantes del suelo, se presenta como una alternativa efectiva y respetuosa con el medio ambiente para eliminar el plomo del sitio. Se consideran beneficios como la mejora de la calidad del suelo y la promoción de la biodiversidad, aunque se reconocen ciertas limitaciones, como la variabilidad en la efectividad de la técnica según las condiciones del sitio (Hernández, 2012).

El proyecto busca cumplir con los estándares de calidad ambiental y garantizar un entorno seguro y saludable para las generaciones presentes y futuras, mediante la implementación de medidas de remediación adecuadas. Se espera que este enfoque integral contribuya significativamente a la restauración del sitio y la protección de la salud pública en la comunidad afectada.

Introducción:

El aumento de los basurales a cielo abierto representa un desafío ambiental y de salud pública en numerosas comunidades urbanas. En el caso específico del basural ubicado en la Calle Portugal y Los Olmos, en la Localidad de Trujui, Partido de Moreno, la contaminación por plomo ha generado una preocupación significativa debido a sus impactos potenciales en la salud humana y el medio ambiente circundante.

Este proyecto tiene como objetivo abordar de manera integral el problema del pasivo ambiental generado por este basural, centrándose específicamente en la contaminación por plomo. Se busca desarrollar estrategias efectivas para la remediación del sitio y proteger la salud de la población expuesta a este metal tóxico.

El basural en cuestión representa un grave problema ambiental y de salud pública debido a la práctica de arrojar todo tipo de residuos en un terreno baldío sin cercar, seguido de la quema diaria de basura. Esta actividad ha generado un punto de arrojado de residuos que contamina el suelo, el agua subterránea y el aire circundante, afectando a carreros, trabajadores del Parque Agroecológico y residentes cercanos.

La exposición al plomo, en particular, representa un riesgo significativo para la salud de la población local, especialmente para niños, y puede causar daños neurológicos y retraso en el desarrollo.

La remediación de este basural es crucial para mitigar los impactos ambientales y proteger la salud pública de la comunidad afectada. La implementación de técnicas adecuadas, como la excavación del terreno, la colocación de barreras físicas y la fitorremediación, no solo permitirá eliminar el plomo del sitio, sino que también ayudará a restaurar el ambiente afectado y prevenir la exposición continua de la población a este metal tóxico.

En este contexto, este proyecto se justifica como una medida necesaria para cumplir con los estándares de calidad ambiental y garantizar un entorno seguro y saludable para las generaciones presentes y futuras.

Contextualización del Problema Ambiental y Justificación del Estudio

Título del Proyecto: Basural a Cielo Abierto (Moreno, Buenos Aires): Sistema de Remediación Ambiental para Contaminación por Plomo

Objeto de Estudio: El objeto de este estudio es abordar el problema del pasivo ambiental generado por el basural ubicado en la Calle Portugal y Los Olmos, en la Localidad de Trujui, Partido de Moreno, enfocándose específicamente en la contaminación por plomo. Se pretende desarrollar estrategias efectivas para la remediación del sitio y proteger la salud de la población expuesta al plomo.

Planteamiento del Problema: El basural mencionado representa un grave problema ambiental y de salud pública debido a la práctica de arrojar todo tipo de residuos en un terreno baldío sin cercar, seguido de la quema diaria de basura. Esta actividad ha estado ocurriendo durante aproximadamente tres años y ha generado un punto de arrojado de residuos que contamina el suelo, el agua subterránea y el aire circundante. La presencia de compuestos tóxicos, especialmente plomo, representa un riesgo significativo para la salud de la población local, incluidos los carreros, los trabajadores del Parque Agroecológico y los residentes cercanos. La exposición al plomo puede causar serios problemas de salud, particularmente en niños, como daños neurológicos y retraso en el desarrollo.

Justificación: La remediación de este basural es crucial para mitigar los impactos ambientales y proteger la salud pública de la comunidad afectada, con un énfasis particular en la reducción de la exposición al plomo. La proximidad del basural a áreas residenciales, educativas y de recreación agrava el riesgo de exposición a este contaminante peligroso, lo que puede tener consecuencias graves para la salud a corto y largo plazo. Además, la legislación nacional y provincial establece claramente la responsabilidad de recomponer el daño ambiental y proteger a los habitantes de situaciones de riesgo para la salud.

La implementación de técnicas de remediación adecuadas, como la excavación del terreno, la colocación de barreras físicas y la fitorremediación, no solo permitirá eliminar el plomo del sitio, sino que también ayudará a restaurar el ambiente afectado y prevenir la exposición continua de la población a este metal tóxico. Estas medidas son fundamentales para cumplir con los estándares de calidad ambiental y garantizar un entorno seguro y saludable para las generaciones presentes y futuras.

Palabras Clave: Basural – Pasivo Ambiental – Contaminación por Plomo

Fundamentos Teóricos

El problema del basural a cielo abierto en Moreno, Buenos Aires, y su consecuente pasivo ambiental requiere una comprensión profunda de los principios fundamentales de la remediación ambiental. Según Russi y Martínez-Alier (2002), los pasivos ambientales son los costos derivados de la contaminación y la degradación del medio ambiente que eventualmente deben ser abordados para restaurar la calidad ambiental y prevenir daños adicionales. Estos costos pueden manifestarse en términos económicos, sociales y ecológicos, y su gestión adecuada es crucial para el desarrollo sostenible.

La teoría de la remediación ambiental ofrece un marco conceptual para abordar la limpieza de sitios contaminados utilizando métodos físicos, químicos y biológicos (Smith et al., 2018). Estos métodos están diseñados para eliminar, degradar o inmovilizar contaminantes en el medio ambiente, restaurando así su calidad original y previniendo riesgos para la salud humana y el ecosistema circundante. En el caso de la contaminación por plomo en el basural de Moreno, es fundamental aplicar técnicas específicas para la remoción y neutralización de este metal pesado. A continuación, se describen en detalle estos métodos y su relevancia para el caso de Moreno:

Métodos Físicos: Estos incluyen técnicas como la excavación, la contención y la solidificación de residuos. En el contexto del basural a cielo abierto en Moreno, la excavación puede ser utilizada para remover los residuos contaminados con plomo y trasladarlos a instalaciones adecuadas para su disposición final. La contención, por otro lado, implica la construcción de barreras físicas para evitar la dispersión de contaminantes, mientras que la solidificación consiste en transformar los residuos en formas más estables y menos móviles.

Métodos Químicos: Estos métodos involucran el uso de reactivos químicos para transformar los contaminantes en formas menos tóxicas o más fáciles de manejar. Técnicas como la estabilización química pueden ser aplicadas para inmovilizar el plomo en el suelo, reduciendo su solubilidad y bioaccesibilidad. Estos procesos químicos son especialmente útiles para tratar contaminantes que no pueden ser removidos o neutralizados mediante métodos físicos.

Métodos Biológicos: La biorremediación utiliza organismos vivos, principalmente microorganismos, para descomponer y detoxificar los contaminantes. Aunque la biorremediación

es más efectiva para sustancias orgánicas, investigaciones recientes sugieren que ciertos microorganismos y plantas pueden acumular y estabilizar metales pesados como el plomo (Gadd, 2004). En el caso de Moreno, la aplicación de biorremediación puede ayudar a reducir la carga contaminante de manera natural y sostenible.

La Edafología y su Aplicación en la Remediación Ambiental

La edafología, como disciplina científica que estudia la composición, estructura y formación del suelo, proporciona una base teórica sólida para comprender cómo los contaminantes interactúan con los componentes del suelo y se dispersan en el medio ambiente (Brady & Weil, 2008). Este conocimiento es crucial para la remediación ambiental, ya que los suelos contaminados presentan una variedad de desafíos y comportamientos que deben ser comprendidos a fondo para diseñar estrategias de remediación efectivas, especialmente en el caso de contaminantes como el plomo (Hernández, 2012).

Composición y Estructura del Suelo

La composición del suelo incluye minerales, materia orgánica, agua y aire, cada uno de los cuales juega un papel en la retención y movilidad de los contaminantes (Brady & Weil, 2008). Los suelos ricos en arcilla, por ejemplo, tienen una alta capacidad de adsorción debido a sus cargas superficiales y gran área superficial específica. Esto significa que los contaminantes, especialmente los metales pesados como el plomo, pueden adherirse a las partículas de arcilla, reduciendo su movilidad y potencial de contaminación de aguas subterráneas (Hernández, 2012).

Por otro lado, los suelos arenosos, que tienen partículas más grandes y menos capacidad de retención, permiten una mayor movilidad de los contaminantes. Esto puede facilitar la dispersión de sustancias tóxicas a través del perfil del suelo y hacia las fuentes de agua subterráneas (Brady & Weil, 2008). Comprender estas diferencias es esencial para determinar las técnicas de remediación más adecuadas para cada tipo de suelo.

Capacidad de Retención y Transporte de Contaminantes

La capacidad de retención de un suelo se refiere a su habilidad para mantener los contaminantes adheridos a sus partículas, impidiendo su movimiento a través del perfil del suelo. Este fenómeno depende de varios factores, incluyendo la textura del suelo, su contenido de materia orgánica, pH y la presencia de minerales específicos (Brady & Weil, 2008). La capacidad de retención es particularmente relevante para el plomo, ya que este metal tiende a formar complejos estables con la materia orgánica y los minerales de arcilla, lo que puede limitar su movilidad (Hernández, 2012).

El transporte de contaminantes, por otro lado, implica el movimiento de estos a través del suelo, ya sea por percolación del agua de lluvia o por otros procesos de flujo de agua subterránea. Los suelos con baja capacidad de retención pueden permitir que el plomo se mueva fácilmente, aumentando el riesgo de contaminación de aguas subterráneas y superficiales (Brady & Weil, 2008).

Transformación de Contaminantes

La edafología también estudia cómo los contaminantes pueden transformarse químicamente en el suelo. Procesos como la precipitación, la adsorción y la complejación pueden cambiar la forma química del plomo, afectando su toxicidad, movilidad y la facilidad con la que pueden ser removidos (Hernández, 2012). Por ejemplo, en condiciones de pH alto, el plomo puede precipitar como hidróxido de plomo, reduciendo su movilidad (Brady & Weil, 2008).

Transformaciones biológicas, como la bioacumulación en plantas y microorganismos, también juegan un papel crucial en la remediación del plomo (Hernández, 2012). Ciertos suelos pueden favorecer la biodegradación de compuestos orgánicos por microorganismos presentes en el suelo. Este proceso puede ser potenciado mediante la adición de nutrientes o aireación, prácticas comunes en técnicas de biorremediación (Brady & Weil, 2008).

Selección de Técnicas de Remediación

La selección de técnicas de remediación debe basarse en una evaluación detallada de las propiedades del suelo. En el caso del basural a cielo abierto en Moreno, es crucial identificar las características específicas del suelo local para aplicar métodos que sean más efectivos para la remediación del plomo.

- **Suelos Arcillosos:** Para suelos con alta capacidad de adsorción, como los arcillosos, las técnicas de encapsulamiento o la solidificación pueden ser eficaces para inmovilizar el plomo. La adición de enmiendas químicas, como fosfatos, puede cambiar la estructura del suelo y aumentar su capacidad de retención del plomo, reduciendo su movilidad (Hernández, 2012).
- **Suelos Arenosos:** En suelos que permiten una mayor movilidad de contaminantes, como los arenosos, técnicas de barreras permeables reactivas pueden ser empleadas. Estas barreras, colocadas en el camino del flujo de agua subterránea, contienen materiales que reaccionan con el plomo, reduciendo su concentración y movilidad (Brady & Weil, 2008).
- **Suelos con Alta Materia Orgánica:** Los suelos con alta materia orgánica pueden ser adecuados para técnicas de biorremediación y fitorremediación debido a la alta actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes. Plantas hiperacumuladoras, como ciertas especies de Brassica, pueden ser utilizadas para extraer plomo del suelo (Hernández, 2012).

La edafología proporciona las herramientas necesarias para entender las interacciones entre contaminantes y suelos, permitiendo diseñar y aplicar estrategias de remediación más efectivas y específicas para cada situación. Este enfoque integral es esencial para abordar el problema del basural a cielo abierto en Moreno, especialmente en lo que respecta a la remediación del plomo, garantizando la restauración del suelo y la protección del medio ambiente y la salud pública (Brady & Weil, 2008; Hernández, 2012).

Fitorremediación y sus Aplicaciones en la Remediación de Sitios Contaminados

La fitorremediación se ha consolidado como una tecnología alternativa de bajo costo para la descontaminación de suelos, según Alvarado et al. (2011). Esta técnica implica el uso de plantas para eliminar o reducir la presencia de contaminantes en el suelo. En particular, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son destacados por su papel en esta tecnología. Durante la simbiosis entre los HMA y las plantas, el sistema radical de estas últimas se amplía, lo que incrementa su capacidad para absorber plomo (Pb). Estudios han demostrado que las

plantas micorrizadas tienden a acumular mayor concentración de Pb, especialmente en las raíces, lo que sugiere un papel de las micorrizas en la fitoestabilización del metal (Alvarado et al., 2011).

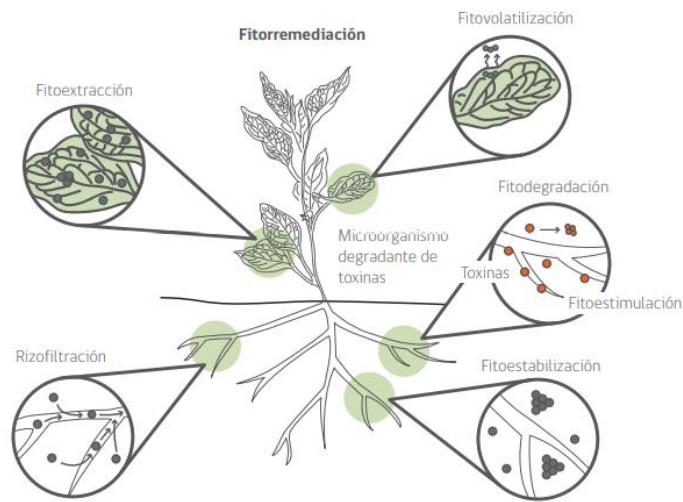
La biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo es una limitación importante para la fitoextracción, señalan Alvarado et al. (2011). Para mejorar esta disponibilidad, se propone el uso de quelantes sintéticos que aumenten la movilización de los metales. Una especie que podría ser utilizada en este proceso es la Brassica juncea, comúnmente conocida como mostaza castaña, mostaza de la India, mostaza china o mostaza de hoja (Alvarado et al., 2011).

Antes de aplicar las técnicas de fitorremediación en un sitio contaminado, es necesario extraer la basura presente en el lugar. Este proceso implica la adición de agentes estabilizantes como cal o cemento para mitigar los riesgos asociados a la composición diversa de la basura. Posteriormente, los residuos son transportados a un relleno de seguridad para su disposición adecuada (Alvarado et al., 2011).

En el caso específico de la fitorremediación, una vez que las plantas han crecido y acumulado metales pesados, especialmente Pb, estas deben ser cosechadas y eliminadas adecuadamente. Se recomienda la disposición de estas plantas en un relleno de seguridad debido a la acumulación de contaminantes. Sin embargo, si se desea recuperar los metales acumulados, se podría considerar la aplicación de técnicas de fitominería como un paso adicional en el proceso de remediación del sitio contaminado (Alvarado et al., 2011).



1



2

¹ Brassica juncea mostaza castaña, mostaza de la India, mostaza china, o mostaza de hoja recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Brassica_juncea

² Pasos de la fitorremediación Fundación Chile. (2019). Manual de tecnologías de remediación de sitios contaminados. Gobierno de Chile.

Ubicación y descripción:

La remediación ambiental de sitios contaminados es un proceso crucial para mitigar los impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente. En este contexto, el basural ubicado en la Calle Portugal y Los Olmos, en la Localidad de Trujui, Partido de Moreno, representa un desafío significativo debido a su impacto ambiental y riesgo para la salud de la población expuesta especialmente por la presencia de contaminantes como el plomo.

El pasivo ambiental identificado es un vertedero localizado en la intersección de la calle Portugal y Los Olmos, en la Localidad de Trujui, Partido de Moreno. La acumulación de desechos en este lugar ha proliferado debido a la carencia de un sistema formal de recolección por parte del gobierno municipal. Como resultado, las familias dependen de los "carreros" para desechar sus residuos, quienes los transportan a este sitio, un área sin cercar donde se incinera la basura diariamente con el propósito de reducir su volumen. Esta actividad ha perdurado por alrededor de tres años, generando contaminación en el suelo, el aire y las aguas subterráneas de los alrededores (Alvarado et al., 2011).

El área ocupada por este vertedero abarca aproximadamente 7500 metros cuadrados y se encuentra adyacente al recién inaugurado Parque Agroecológico, ubicado a unos 120 metros de distancia. Además, se encuentra a menos de 100 metros de las viviendas más cercanas, a 1000 metros de un arroyo, a 800 metros de la escuela primaria más cercana y a 1300 metros de la Unidad Sanitaria más próxima. Estas proximidades suscitan preocupaciones adicionales acerca de la salud pública y el impacto ambiental negativo en la comunidad circundante (Conti, 2000).

La clasificación del área donde se ubica el vertedero como Complementaria, según la Ley 8912/77 de Usos del Suelo, indica su uso actual semirural con una proyección hacia una transición hacia uso residencial en el futuro Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (1977). Este cambio se evidencia en el crecimiento poblacional registrado a través de imágenes satelitales. Sin embargo, la falta de servicios básicos de infraestructura, como el suministro de agua corriente y cloacas, plantea desafíos significativos para el desarrollo sostenible del área. En lugar de una provisión centralizada, el suministro de agua potable para la población se obtiene mediante perforaciones individuales, lo que aumenta las preocupaciones sobre la calidad y la seguridad del agua para consumo humano en la zona Desalambrar (2021).



Ilustración 3



Ilustración 4

⁴ Desalambrar. (s.f.). A metros de la siembra agroecológica, florece la contaminación y el trabajo de cartoneros. Recuperado de <http://desalambrar.com.ar/a-metros-de-la-siembra-agroecologica-florece-la-contaminacion-y-el-trabajo-de-cartoneros/>

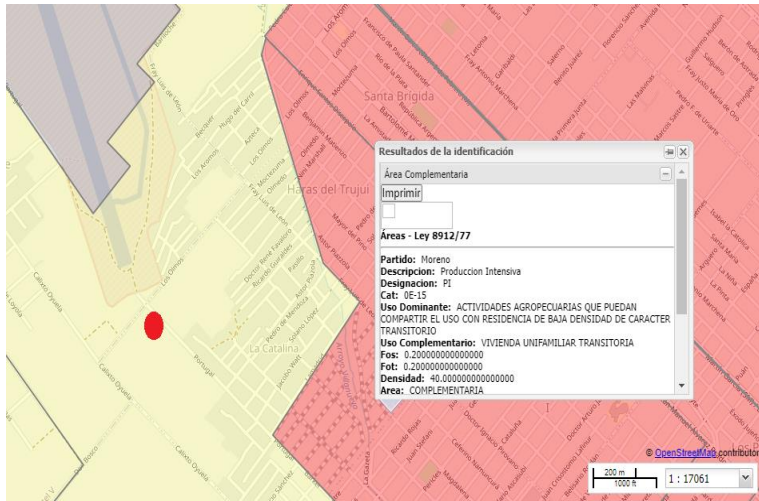
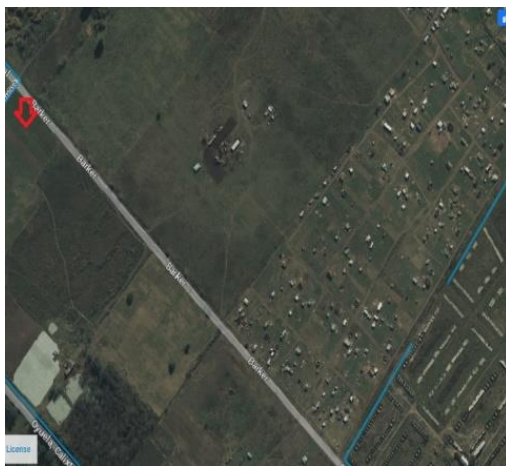
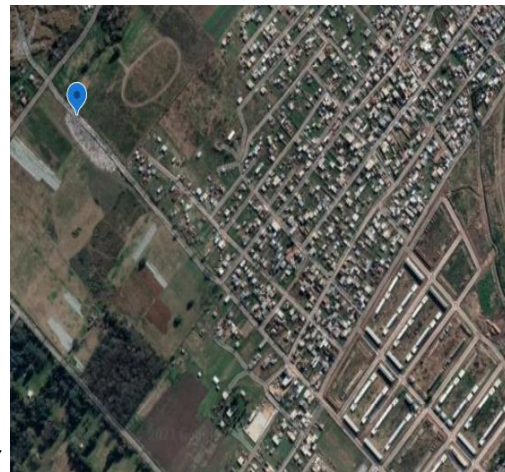


Ilustración 5

Ilustración 6



6 7



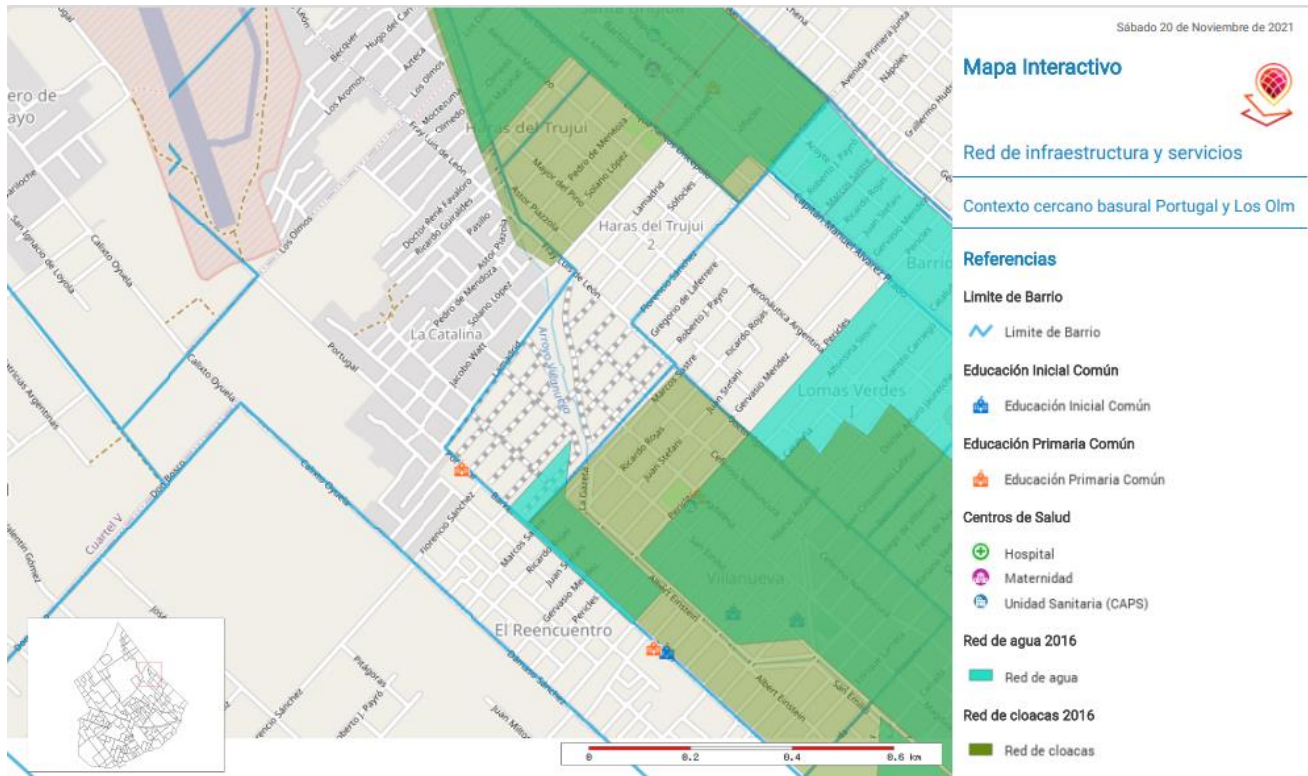
7

Ilustración 7

⁵ UrBASig. (s.f.). Áreas según Ley 8912/77. Recuperado de <http://urbasig.gob.gba.gob.ar>

⁶ Google Earth. (s.f.). Crecimiento poblacional a través de los años.

⁷ Google Earth. (s.f.). Mapa Interactivo Moreno.



8

Características del suelo:

El suelo de la zona en estudio está influenciado significativamente por la geomorfología predominante de la Planicie Loésica, así como por la composición de los suelos específicos presentes en el área. Entre los tipos de suelo predominantes se encuentran los Argiudoles típicos, los Hapludoles típicos y los Argiudoles vérticos. Estos suelos Argiudoles se caracterizan por tener un horizonte argílico que no es excesivamente espeso o cuyo contenido de arcilla disminuye rápidamente con la profundidad. Además, presentan un horizonte superficial de color negro o pardo oscuro y suelen estar cubiertos por una vegetación gramínea cespitosa (Conti, 2000).

Según Conti (2000), los suelos Argiudoles poseen condiciones edáficas óptimas para el cultivo de una variedad de cultivos. Esta afirmación sugiere que las características físicas y

⁸ Mapa Interactivo Moreno. (s.f.). Recuperado de <http://mapas.moreno.gob.ar/?b=0&z=15&lat=-4106074.5199163&lon=-6543204.848143&l=1-118-121-47-371-369&d=&f=2044-2048-2170-2173&s=4-5-9-8&m=0>

químicas de estos suelos proporcionan un entorno favorable para el crecimiento y desarrollo de plantas agrícolas. Esta información es relevante para comprender cómo la calidad del suelo puede influir en la capacidad de producción agrícola en la zona de estudio y, por ende, en la sostenibilidad de la agricultura local.

La influencia de la geomorfología en la formación y composición del suelo es fundamental para comprender las características edáficas de una determinada región. En el caso de la zona de estudio, la presencia predominante de la Planicie Loésica sugiere la deposición de loess, un tipo de sedimento eólico fino, a lo largo del tiempo geológico. Este proceso geomorfológico contribuye a la creación de suelos con características específicas, como los Argiudoles típicos, Hapludoles típicos y Argiudoles vérticos. Estos suelos se distinguen por su contenido de arcilla y otros minerales, así como por la distribución de horizontes y la cobertura vegetal asociada (Conti, 2000).

La presencia de los Argiudoles en la zona de estudio implica la existencia de horizontes edáficos específicos, como el horizonte argílico, que puede variar en espesor y composición según las condiciones locales. Estos suelos suelen ser ricos en materia orgánica y nutrientes, lo que los hace adecuados para la agricultura. La vegetación gramínea cespitosa que típicamente cubre estos suelos contribuye a su estabilidad y fertilidad, al tiempo que protege contra la erosión (Conti, 2000).

La capacidad de los suelos Argiudoles para soportar una variedad de cultivos se deriva de su estructura física y química. La presencia de un horizonte superficial oscuro indica la acumulación de materia orgánica, que mejora la estructura del suelo y su capacidad para retener agua y nutrientes. Además, la textura arcillosa de estos suelos proporciona una buena capacidad de retención de agua, lo que es beneficioso para el crecimiento de las plantas, especialmente en áreas con variaciones estacionales en la disponibilidad de agua (Conti, 2000).

Las características del suelo en la zona de estudio están estrechamente relacionadas con la geomorfología de la región y la composición específica de los suelos, incluidos los Argiudoles típicos, Hapludoles típicos y Argiudoles vérticos. Estos suelos ofrecen condiciones edáficas favorables para la producción agrícola debido a su estructura, contenido de nutrientes y capacidad de retención de agua, lo que subraya la importancia de comprender la interacción entre la geología y la agricultura en la planificación y gestión del uso de la tierra en la zona (Conti, 2000).

Características del suelo en el área afectada:

El suelo en el área afectada por el vertedero en la Calle Portugal y Los Olmos, Trujui, Partido de Moreno presenta una serie de características particulares que influyen en su capacidad para soportar la vida vegetal y animal, así como en su susceptibilidad a la contaminación y su potencial para la remediación ambiental.

Composición del suelo: El suelo en esta área está compuesto principalmente por Argiudoles típicos, Hapludoles típicos y Argiudoles vérticos. Los Argiudoles son suelos arcillosos con horizontes argílicos bien definidos, lo que los hace altamente fértiles y aptos para la agricultura. Los Hapludoles, por otro lado, son suelos más desarrollados y menos fértiles, mientras que los Argiudoles vérticos son suelos con alta capacidad de retención de agua debido a su alto contenido de arcilla.

Textura del suelo: La textura predominante en el suelo del área afectada es arcillosa, lo que proporciona una buena retención de agua y nutrientes. Esta característica es crucial para el crecimiento de la vegetación y la estabilidad del suelo, pero también puede aumentar la persistencia de contaminantes debido a la adsorción en los espacios entre las partículas de arcilla.

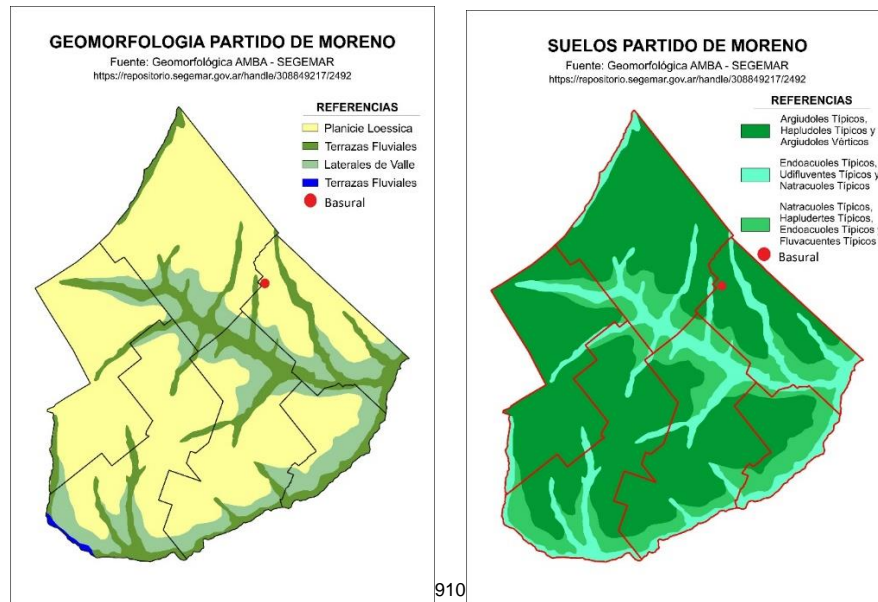
Horizontes del suelo: Los suelos en esta área presentan horizontes bien definidos, incluido un horizonte argílico rico en minerales y materia orgánica. La presencia de estos horizontes sugiere un proceso de desarrollo del suelo que ha ocurrido a lo largo del tiempo geológico y que influye en su capacidad para sustentar la vida vegetal y animal.

Vegetación asociada: La vegetación que típicamente cubre estos suelos es gramínea cespitosa, que ayuda a proteger el suelo contra la erosión y contribuye a su estabilidad. Sin embargo, la presencia de una capa vegetal densa también puede dificultar la remoción de contaminantes durante los procesos de remediación.

Capacidad de producción agrícola: Debido a su composición y textura, los suelos en esta área tienen una capacidad óptima para la producción agrícola. La presencia de horizontes ricos en materia orgánica y nutrientes los hace ideales para el cultivo de una variedad de cultivos, lo que destaca la importancia de protegerlos de la contaminación y de implementar medidas de remediación efectivas en caso de degradación.

Las características del suelo en el área afectada por el vertedero en la Calle Portugal y Los Olmos, Trujui, Partido de Moreno son fundamentales para comprender su capacidad para soportar la vida vegetal y animal, su susceptibilidad a la contaminación y las estrategias efectivas de remediación ambiental que se deben implementar para restaurar su salud y funcionalidad

Ilustración 8



Compuestos de interés y riesgos para la salud asociados al basural

El compuesto de interés principal presente en el sitio del basural es el plomo (Pb), el cual se encuentra en forma de pasivos de baterías de automóviles tipo ácido-plomo que han sido descartadas por los carreros. Además, el plomo se utiliza en una variedad de productos y procesos industriales, incluyendo monitores de computadoras, joyería, tintes para el pelo, aceites, cerámicas, municiones, entre otros (Londoño-Franco et al., 2016).

⁹ Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). (s.f.). Mapas de Geomorfología y Suelos del Partido de Moreno. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/economia/segemar>

¹⁰ Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). (s.f.). Suelos del Partido de Moreno. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/economia/segemar>

El plomo es un metal pesado que tiene la capacidad de bioacumularse en organismos vivos a lo largo de la cadena alimentaria, lo que significa que su concentración aumenta con cada nivel trófico. La exposición al plomo puede ocurrir a través de la ingestión directa, la inhalación de polvo contaminado o a través de la cadena alimentaria (Londoño-Franco et al., 2016).

Según Londoño-Franco et al. (2016), la absorción de plomo representa un grave riesgo para la salud pública, especialmente en niños, ya que puede causar retraso en el desarrollo mental e intelectual, hipertensión y enfermedades cardiovasculares en adultos. La intoxicación por plomo puede ocurrir debido a la ingestión accidental de compuestos de plomo o alimentos contaminados, así como a la exposición a áreas ambientalmente contaminadas.

Una vez absorbido, el plomo se distribuye en diferentes órganos y tejidos del cuerpo humano, incluyendo riñones, hígado, encéfalo y huesos. Su principal depósito a largo plazo son los huesos, donde puede permanecer por hasta 20 años. El plomo interfiere con la función del calcio, inhibe la síntesis de hemoglobina y puede causar daño neurológico (Londoño-Franco et al., 2016).

Los efectos agudos de la exposición al plomo incluyen síntomas como parestesia, dolor y debilidad muscular, anemia grave y afectación renal. La intoxicación crónica por plomo puede tener consecuencias graves en el sistema gastrointestinal, neuromuscular, nervioso, hematológico, renal y reproductivo (Londoño-Franco et al., 2016).

Además, la exposición al plomo se ha asociado con problemas de fertilidad y muerte neonatal en humanos, así como con efectos tóxicos en gametos y reducción del peso al nacer en animales expuestos. El plomo también puede tener efectos teratogénicos en el desarrollo del sistema nervioso fetal y se clasifica como probablemente cancerígeno para los seres humanos (IARC) (Londoño-Franco et al., 2016).

El plomo (Pb) emerge como el compuesto de mayor preocupación identificado en el sitio del basural, destacando su presencia principalmente en forma de pasivos de baterías de automóviles tipo ácido-plomo, que frecuentemente son desechadas por los carreros en este entorno. Sin embargo, su omnipresencia no se limita a este contexto, ya que este metal pesado se encuentra también en una amplia gama de productos y procesos industriales. Desde componentes electrónicos como monitores de computadoras hasta elementos ornamentales como la joyería, y desde aplicaciones estéticas como los tintes para el pelo hasta utilidades cotidianas, el plomo está presente en diversos ámbitos de nuestra vida diaria y actividad industrial. La versatilidad del plomo y sus propiedades físicas y químicas lo han convertido en un

elemento ampliamente utilizado en una variedad de aplicaciones industriales y comerciales. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina (s.f.), el plomo se emplea en la fabricación de baterías de automóviles, tuberías, cables eléctricos, dispositivos electrónicos y diversos productos de consumo. Esta fuente también destaca su papel en la producción de pigmentos, soldaduras, y como estabilizador en materiales plásticos y compuestos. Sin embargo, la misma fuente señala que estas múltiples aplicaciones del plomo también generan preocupaciones significativas en términos de gestión ambiental y salud pública. El plomo es altamente tóxico y persistente en el medio ambiente, lo que significa que puede acumularse en suelos, sedimentos y aguas, afectando los ecosistemas y representando un riesgo para la salud humana y animal.

Además, según un artículo publicado por la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata (2022.), la presencia de plomo en los basurales puede tener graves consecuencias ambientales. Los desechos de baterías de plomo-ácido, comúnmente encontrados en los basurales, pueden filtrar este metal pesado al suelo y las aguas subterráneas, contaminando así los recursos hídricos y afectando la biodiversidad local.

Debido a su capacidad para bioacumularse en organismos vivos a lo largo de la cadena alimentaria, el plomo representa un riesgo ambiental significativo. La exposición puede ocurrir a través de la ingestión directa, la inhalación de polvo contaminado o la absorción a través de la cadena alimentaria.

Receptores de la contaminación en el entorno del basural

La exposición a la contaminación generada por el basural ubicado en la calle Portugal y Los Olmos, en la Localidad de Trujui, Partido de Moreno, afecta a diversos grupos de población en el área circundante. Estos grupos, o receptores de la contaminación, incluyen a los carreros, trabajadores del Parque Agroecológico y la población residente más cercana. La presencia de estos receptores resalta la necesidad de comprender los impactos directos e indirectos de la contaminación en la salud y el bienestar de la comunidad local (Londoño-Franco et al., 2016).

Carreros

Los carreros, como parte integral del sistema informal de gestión de residuos, representan uno de los principales receptores de la contaminación por plomo en el basural. Estas personas adultas son responsables de transportar los desechos desde los hogares hasta el basural, donde se queman para reducir su volumen. Durante este proceso, los carreros están expuestos directamente al polvo de las cenizas que contienen plomo, inhalando el aire contaminado con partículas volátiles de este metal pesado. Esta exposición aumenta significativamente su riesgo de enfermedades respiratorias y otras afecciones relacionadas con la exposición al plomo ambiental. Las principales rutas de exposición para los carreros incluyen la inhalación de aire contaminado y el contacto dérmico con residuos y cenizas contaminadas con plomo. Dada la frecuencia y la intensidad del contacto directo con los contaminantes, el impacto de esta exposición es elevado, incrementando la gravedad del riesgo para la salud de estos trabajadores (Londoño-Franco et al., 2016).

Trabajadores del Parque Agroecológico

Los trabajadores del Parque Agroecológico, cuyas labores involucran la manipulación de la tierra y el cultivo de alimentos, también se encuentran expuestos a la contaminación por plomo derivada del basural. Las cenizas depositadas por acción del viento pueden contaminar el suelo agrícola y afectar la calidad de los cultivos producidos en el área, siendo el plomo uno de los contaminantes presentes en estas cenizas. La inhalación de partículas volátiles de plomo presentes en el aire representa un riesgo para la salud de estos trabajadores, especialmente en términos de toxicidad y contaminación de los productos agrícolas. Las rutas de exposición para estos trabajadores incluyen la inhalación de partículas en suspensión y la ingestión indirecta a través de alimentos contaminados con plomo. Aunque la exposición puede ser menos frecuente que la de los carreros, el contacto con el suelo contaminado y la posible contaminación de los cultivos incrementa la gravedad del impacto ambiental y alimentario relacionado con el plomo (Londoño-Franco et al., 2016).

Población residente más cercana

La población más cercana al basural, que incluye tanto a adultos como a niños, constituye otro grupo vulnerable a la contaminación por plomo y otros contaminantes ambientales. Estas personas están expuestas a la inhalación de partículas volátiles de plomo presentes en el aire, así como al consumo de agua de bebida proveniente de pozos contaminados con este metal pesado. Además, la posible contaminación de las verduras cultivadas en el Parque Agroecológico agrava la situación, ya que estas pueden absorber el plomo del suelo contaminado. Esta exposición múltiple aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias, gastrointestinales y otras afecciones relacionadas con la contaminación del suelo, el aire y el agua en el área circundante, especialmente para los niños y los ancianos, quienes son más susceptibles a los efectos de los contaminantes. Las rutas de exposición más críticas para esta población son la inhalación de aire contaminado con plomo y la ingestión de agua y alimentos contaminados. El impacto y la gravedad para este grupo son significativos debido a la exposición continua y la vulnerabilidad de la población, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de mitigación y gestión de residuos efectivas para proteger la salud y el medio ambiente en el área afectada (Londoño-Franco et al., 2016).

En conjunto, los receptores de la contaminación en el entorno del basural representan una preocupación significativa para la salud pública y el bienestar de la comunidad local. La exposición continua a la contaminación ambiental puede tener efectos adversos a corto y largo plazo en la salud de los individuos y la sostenibilidad del ecosistema local. Por lo tanto, es fundamental implementar medidas de mitigación y gestión de residuos efectivas para proteger la salud y el medio ambiente en el área afectada (Londoño-Franco et al., 2016).

Análisis de Acciones Correctivas Basadas en Riesgo para la Salud Humana (RBCA) en el Sitio Contaminado

El análisis de acciones correctivas basadas en riesgo para la salud humana (RBCA) es un enfoque fundamental para abordar los pasivos ambientales relacionados con la presencia de plomo en el basural ubicado en la calle Portugal y Los Olmos. Este enfoque busca mitigar los impactos adversos en la salud pública y el medio ambiente mediante la evaluación de variables

clave que determinan el riesgo potencial para la salud humana y el diseño de medidas correctivas adecuadas (Londoño-Franco et al., 2016).

Vías de Exposición: Las vías de exposición son los caminos a través de los cuales el plomo presente en el sitio puede entrar en contacto con los seres humanos y causar efectos adversos para la salud. Estas vías incluyen la ingestión de plomo a través del agua o los alimentos contaminados, la inhalación de vapores o partículas contaminadas en el aire y el contacto directo con la piel o las mucosas. Es crucial identificar y evaluar todas las posibles vías de exposición para comprender completamente el riesgo para la salud humana asociado con la presencia de plomo en el sitio contaminado (Londoño-Franco et al., 2016).

Vías de Migración: Las vías de migración se refieren a los mecanismos a través de los cuales el plomo presente en el sitio puede moverse desde su fuente de origen hacia los receptores humanos o ambientales. Estas vías pueden incluir la migración de plomo a través del aire, el suelo o las aguas subterráneas. Identificar y monitorear estas vías de migración es fundamental para prevenir la exposición humana y proteger el medio ambiente circundante de la contaminación por plomo (Londoño-Franco et al., 2016).

Duración de la Exposición: La duración de la exposición se refiere al período de tiempo durante el cual los receptores humanos están potencialmente expuestos al plomo presente en el sitio. En el caso del basural en la calle Portugal y Los Olmos, se estima que la exposición ha ocurrido durante un período de al menos tres años, lo que aumenta el riesgo de efectos adversos para la salud a largo plazo (Londoño-Franco et al., 2016).

Factores de Atenuación: Los factores de atenuación son procesos naturales o artificiales que pueden reducir la concentración o la movilidad del plomo en el medio ambiente. Estos factores pueden incluir la volatilización de plomo en el aire, la lixiviación de plomo en el agua subterránea o la degradación biológica de plomo por microorganismos. Comprender estos factores es crucial para diseñar estrategias efectivas de remediación y mitigación de riesgos en el sitio contaminado (Alvarado et al., 2011).

Receptores: Los receptores son las personas u organismos que pueden verse afectados por la contaminación por plomo presente en el sitio. En el caso del basural en la calle Portugal y Los Olmos, los principales receptores son las personas adultas que trabajan como carreros, los habitantes de las viviendas cercanas y los agricultores que laboran en el Parque Agroecológico.

Los niños también son considerados receptores importantes debido a su mayor susceptibilidad a los efectos adversos del plomo (Londoño-Franco et al., 2016).

Usos del Sitio: Los usos del sitio se refieren a las actividades humanas o ambientales que tienen lugar en el área contaminada por plomo. En el caso del basural en la calle Portugal y Los Olmos, se identifican usos agropecuarios y residenciales. Estos usos del suelo pueden influir en la evaluación del riesgo para la salud humana y en la selección de medidas correctivas adecuadas para proteger la salud pública y el medio ambiente circundante (Alvarado et al., 2011).

El análisis detallado de estas variables es fundamental para el desarrollo de estrategias efectivas de remediación y mitigación de riesgos en el sitio contaminado por plomo, asegurando la protección de la salud humana y el medio ambiente a largo plazo.

Medidas correctivas

Para abordar los impactos de la contaminación en los receptores del entorno del basural, es crucial considerar medidas correctivas específicas basadas en los resultados del análisis RBCA (Análisis de Riesgo Basado en la Contaminación). Estas medidas pueden incluir:

Capacitación y protección para carreros: Se pueden implementar programas de capacitación para los carreros sobre prácticas seguras de manejo de desechos y protección personal. Esto incluiría el uso de equipos de protección adecuados, como mascarillas respiratorias y guantes, para reducir la exposición al polvo y las partículas contaminadas durante la manipulación de los desechos. Además, se pueden establecer áreas designadas para la quema controlada de desechos, minimizando así la liberación de contaminantes al aire (Argentina.gob.ar, 2024).

Monitoreo y gestión del suelo en el Parque Agroecológico: Se deben realizar análisis periódicos del suelo en el Parque Agroecológico para detectar la presencia de contaminantes, especialmente plomo y otros metales pesados. En función de los resultados, se pueden implementar prácticas de remediación del suelo, como la bioacumulación de plantas o la aplicación de enmiendas orgánicas, para reducir los niveles de contaminación y proteger la calidad de los cultivos (Eco.mdp.edu.ar, 2024).

Control de emisiones y protección respiratoria: Para los trabajadores del Parque Agroecológico, se deben establecer medidas de control de emisiones en el basural para reducir

la dispersión de cenizas y partículas contaminadas en el aire. Además, se deben proporcionar equipos de protección respiratoria adecuados, como respiradores N95, para proteger a los trabajadores contra la inhalación de contaminantes durante sus actividades laborales (Argentina.gob.ar, 2024).

Vigilancia de la calidad del agua y alimentos: Se deben realizar análisis regulares de la calidad del agua de los pozos cercanos al basural y de los alimentos cultivados en el Parque Agroecológico. Esto ayudará a identificar la presencia de contaminantes y tomar medidas correctivas, como el tratamiento del agua o la eliminación segura de productos contaminados, para proteger la salud de la población local (Eco.mdp.edu.ar, 2024).

Educación y concienciación comunitaria: Es fundamental implementar programas de educación ambiental y concienciación comunitaria para informar a la población sobre los riesgos asociados con la contaminación del basural y las medidas de protección disponibles. Esto puede incluir la distribución de materiales educativos, charlas informativas y talleres prácticos sobre gestión de residuos y prácticas agrícolas seguras (Argentina.gob.ar, 2024).

Al implementar estas medidas correctivas, se puede reducir el impacto de la contaminación en los receptores del entorno del basural y proteger la salud y el bienestar de la comunidad local a largo plazo.

Normativa legal aplicable a la gestión de pasivos ambientales

La gestión de pasivos ambientales, como el basural en la calle Portugal y Los Olmos, está regulada por una serie de normativas legales que establecen los derechos y responsabilidades de los actores involucrados.

En primer lugar, la Constitución Nacional argentina, en su artículo 41, garantiza el derecho de todos los habitantes a un ambiente sano y equilibrado. Esta disposición constitucional establece que el daño ambiental genera la obligación prioritaria de recomponerlo (Constitución Nacional, artículo 41).

La Ley General del Ambiente N° 25.675 es una de las principales normativas ambientales a nivel nacional. En su artículo 27, define el daño ambiental como toda acción relevante que modifique negativamente el ambiente, sus recursos, el equilibrio de los ecosistemas o los bienes o valores colectivos (Ley General del Ambiente N° 25.675, Artículo 27).

Por otra parte, la Ley Nacional 24.051 de Residuos Peligrosos establece en su Artículo 2 que se considera como residuo peligroso aquel que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Esta ley regula también la identificación y manejo de residuos peligrosos (Ley Nacional 24.051 de Residuos Peligrosos, Artículo 2).

A nivel provincial, la Ley Provincial N° 14.343 regula la identificación de pasivos ambientales y establece la obligación de recomponer sitios contaminados o áreas con riesgo para la salud de la población. Define el pasivo ambiental como el conjunto de daños ambientales producidos por cualquier tipo de actividad pública o privada que constituyan un riesgo permanente y/o potencial para la salud de la población y el ecosistema circundante (Ley Provincial N° 14.343, Artículo 3).

Además, la Norma IRAM 29590 proporciona directrices específicas para la gestión de pasivos ambientales, complementando el marco legal existente y ofreciendo pautas técnicas para la identificación, evaluación y tratamiento de sitios contaminados (Norma IRAM 29590).

Finalmente, la Resolución OPDS N° 95/14 detalla las etapas y requerimientos para el inicio, ejecución y finalización de tareas de remediación en sitios contaminados ubicados en la Provincia de Buenos Aires (Resolución OPDS N° 95/14). Esta normativa establece los lineamientos técnicos para la gestión de pasivos ambientales y la protección de la salud humana y el medio ambiente.

Para garantizar la efectividad de estas disposiciones legales, es fundamental que las autoridades locales, los organismos de control ambiental y la sociedad en su conjunto trabajen de manera coordinada. La implementación adecuada de estas normativas implica la colaboración activa de todos los actores involucrados, desde las instituciones gubernamentales hasta las organizaciones comunitarias y los ciudadanos individuales.

La Constitución Nacional argentina establece un marco sólido para la protección del medio ambiente, reconociendo el derecho de cada individuo a vivir en un entorno saludable y

equilibrado. Sin embargo, la efectividad de estas disposiciones depende en gran medida de su aplicación práctica a nivel local y regional. Es responsabilidad de las autoridades locales garantizar el cumplimiento de estas leyes y tomar medidas concretas para remediar los pasivos ambientales y prevenir futuros daños.

La Ley General del Ambiente N° 25.675 proporciona un marco normativo integral para la gestión ambiental en Argentina. Esta ley establece los principios básicos para la protección, preservación y recuperación del ambiente, así como las responsabilidades de las autoridades competentes y los ciudadanos en la protección del medio ambiente. La Ley de Residuos Peligrosos y otras disposiciones legales complementarias ofrecen directrices específicas para el manejo de residuos peligrosos y la gestión de sitios contaminados, como el basural en la calle Portugal y Los Olmos.

La Ley Provincial N° 14.343 brinda herramientas adicionales para la identificación y gestión de pasivos ambientales a nivel local. Esta ley establece los criterios para la evaluación de riesgos ambientales y la adopción de medidas de mitigación necesarias para proteger la salud pública y el medio ambiente. Además, la Resolución OPDS N° 95/14 establece procedimientos detallados para la remediación de sitios contaminados, asegurando que las actividades de restauración se realicen de manera efectiva y segura.

El marco legal y normativo aplicable a la gestión de pasivos ambientales en Argentina proporciona un conjunto completo de herramientas para abordar los desafíos ambientales y proteger la salud pública. Sin embargo, su efectividad depende de la aplicación adecuada de estas disposiciones y del compromiso de todas las partes interesadas en trabajar juntas para lograr un ambiente más limpio y saludable para las generaciones futuras.

Método

Diseño Experimental

Para abordar la problemática de la contaminación por plomo en el basural ubicado en la calle Portugal y Los Olmos, se desarrolló un protocolo de análisis integral que sigue los siguientes pasos:

1. Introducción al Protocolo de Análisis

- **Objetivo del Protocolo:** Determinar la presencia y concentración de contaminantes en el suelo, aire y agua subterránea del basural, centrándose especialmente en el plomo.
- **Importancia del Protocolo:** Identificar contaminantes, evaluar riesgos y desarrollar estrategias de remediación efectivas para proteger la salud humana y el medio ambiente.

2. Métodos de Muestreo

- **Muestreo del Suelo:**
 - **Selección de Puntos de Muestreo:** Se seleccionaron al menos cinco puntos representativos en el área del basural.
 - **Profundidad de Muestreo:** Se tomaron muestras a dos profundidades: 0-30 cm y 30-60 cm.
 - **Procedimiento de Muestreo:** Se utilizó una barrena de suelo estéril, almacenando las muestras en bolsas etiquetadas.

- Muestreo de Agua Subterránea:
 - Selección de Puntos de Muestreo: Identificación de pozos de monitoreo estratégicamente distribuidos.
 - Profundidad de Muestreo: Extracción de muestras a diferentes profundidades para evaluar la contaminación en el perfil del acuífero.
 - Procedimiento de Muestreo: Empleo de una bomba de muestreo y botellas de vidrio estériles para garantizar la integridad de las muestras.

- Muestreo de Aire:
 - Selección de Puntos de Muestreo: Dispositivos de muestreo ubicados en diversas áreas alrededor del basural.
 - Altura de Muestreo: Dispositivos situados a 1.5 a 2 metros sobre el suelo para capturar la contaminación atmosférica.
 - Procedimiento de Muestreo: Recolección de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y partículas utilizando muestreadores pasivos o activos.

3. Análisis de Laboratorio

- Análisis de Suelo:
 - Parámetros Analizados: Metales pesados, COVs, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs).
 - Métodos Analíticos: Espectrometría de absorción atómica (AA), cromatografía de gases-masas (GC-MS).

- Normas y Estándares: Los resultados se compararán con las siguientes normativas:
 - Constitución Nacional (Artículo 41)
 - Ley General del Ambiente N° 25.675
 - Ley Nacional 24.051 de Residuos Peligrosos
 - Ley Provincial N° 14.343
 - Resolución OPDS N° 95/14
 - Norma IRAM 29590
- Análisis de Agua Subterránea:
 - Parámetros Analizados: Metales pesados, nitratos, nitritos, COVs.
 - Métodos Analíticos: Cromatografía de iones (IC), espectrometría de absorción atómica (AA), cromatografía de gases-masas (GC-MS).
 - Normas y Estándares: Los resultados se compararán con los estándares de calidad del agua para consumo humano y uso agrícola.
- Análisis de Aire:
 - Parámetros Analizados: COVs, partículas PM10 y PM2.5.
 - Métodos Analíticos: Cromatografía de gases-masas (GC-MS), gravimetría.
 - Normas y Estándares: Comparación con los límites de calidad del aire establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la legislación nacional.

4. Control de Calidad

- Se incluirán muestras de control en blanco, duplicadas y se realizará la calibración de equipos siguiendo estándares reconocidos internacionalmente, como la Norma IRAM 29590.

5. Interpretación de Resultados

- Se compararán los niveles de contaminantes con los estándares y guías establecidos, evaluando los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.
- Los informes de resultados detallarán la metodología utilizada, los resultados obtenidos, gráficos comparativos y recomendaciones correspondientes.

6. Conclusiones y Recomendaciones

- Se propondrán estrategias de remediación basadas en los resultados obtenidos, como excavación y remoción de suelo, biorremediación y fitorremediación, junto con un plan detallado de implementación y monitoreo continuo.

7. Bibliografía: Este estudio se apoya en una revisión exhaustiva de la bibliografía disponible, así como en la consulta de normativas y estándares relevantes en el campo de la remediación ambiental. Además, se integra con el conocimiento adquirido y desarrollado por el equipo de investigación, combinando estas fuentes legales con la experiencia y comprensión propia del tema. Esta combinación nos permite formular un enfoque integral y sólido para abordar el problema de manera efectiva y responsable.

Este protocolo de análisis integral garantiza la precisión y fiabilidad de los resultados obtenidos, así como la efectividad de las estrategias de remediación propuestas, asegurando la protección del medio ambiente y la salud pública en el área del basural.

Resultados

Se determinó una concentración compuesta de plomo (Pb) en el suelo de 0,04 mg/kg.

Para evaluar la exposición al plomo, se consideraron los siguientes consumos diarios de suelo:

- Adulto residencial: 100 mg/día.
- Adulto industrial/comercial: 50 mg/día.
- Niño: 200 mg/día.

Teniendo en cuenta un peso promedio de 70 kg para adultos y 15 kg para niños, se calcularon las dosis de exposición estimadas al plomo.

Los cocientes de peligrosidad (HQ) se determinaron comparando las dosis de exposición estimadas con los valores de referencia de dosis oral (RfD) establecidos para el plomo (0,005 mg/(kg.día)).

Los resultados de HQ revelaron los siguientes hallazgos:

- Para adultos residenciales: HQ = 11,42 (RIESGO INACEPTABLE).
- Para adultos industriales/comerciales: HQ = 5,72 (RIESGO INACEPTABLE).
- Para niños: HQ = 106,66 (RIESGO INACEPTABLE).

Evaluación de Riesgos por Contaminación de Plomo en el Basural de la Calle Portugal y Los Olmos: Hallazgos

La evaluación exhaustiva de riesgos en el basural de la calle Portugal y Los Olmos, Trujui, ha proporcionado una comprensión profunda de la situación actual en el área. Estos datos no solo son esenciales para entender el alcance del problema, sino que también son fundamentales para tomar medidas concretas y efectivas para abordar los riesgos identificados.

La presencia de plomo en una concentración medida de 0.04 mg/kg es especialmente preocupante debido a la naturaleza tóxica de este metal pesado y su prevalencia en productos

como las baterías de automóviles tipo ácido-plomo, que se encuentran comúnmente entre los desechos del basural. Esta situación representa un riesgo significativo para la salud humana y el entorno circundante, ya que la contaminación por plomo puede tener efectos adversos graves en la salud, especialmente en niños y mujeres embarazadas.

Los cálculos de dosis estimadas de exposición han revelado que tanto los adultos como los niños que residen en áreas residenciales e industriales cercanas al basural están expuestos a niveles de plomo que superan los límites considerados seguros para la salud humana. Esta situación indica claramente un riesgo inaceptable para la salud y subraya la urgencia de tomar medidas correctivas para reducir la exposición y mitigar los efectos adversos.

La clasificación del sitio de acuerdo con la Norma IRAM 29590 como criterio 1, que indica una amenaza inmediata para la salud humana y el medio ambiente circundante, confirma la gravedad de la situación. La combinación de la presencia de contaminantes peligrosos, prácticas inadecuadas de manejo de residuos y la proximidad a áreas residenciales aumenta significativamente el riesgo para la población circundante.

Los resultados de la evaluación de riesgos destacan la urgencia de tomar medidas correctivas para proteger la salud de la población afectada y mitigar los impactos negativos en el medio ambiente. Se necesitan acciones inmediatas, incluida la implementación de medidas de remediación y gestión de residuos adecuadas, para abordar la contaminación en el basural de la calle Portugal y Los Olmos y garantizar la seguridad y el bienestar de la comunidad circundante.

Recomendaciones

Acciones de Respuesta Inicial ante la Contaminación en el Basural de la Calle Portugal y Los Olmos

La contaminación generada por el basural ubicado en la intersección de la calle Portugal y Los Olmos en la Localidad de Trujui, Partido de Moreno, plantea una serie de riesgos inmediatos para la salud pública y el medio ambiente. En este contexto, resulta fundamental

implementar acciones de respuesta inicial para mitigar los efectos negativos mientras se planifica y ejecuta un proceso de remediación integral en el sitio.

Acciones de Respuesta Inicial Propuestas:

Aislamiento del Área y Restricción del Consumo de Agua: Se propone el aislamiento del área del basural para evitar el ingreso de carreros y otras personas, reduciendo así la exposición a los contaminantes presentes en el sitio. Además, se sugiere restringir el consumo de agua de pozo en un radio de 1 km alrededor del basural, dado el riesgo de contaminación del agua subterránea.

Provisión de Agua Potable y Remoción de Residuos: El municipio debe proveer agua potable a las personas afectadas por la contaminación del basural, garantizando así el acceso a un recurso vital y seguro. Se propone la remoción de los restos de basura del sitio, previo proceso de solidificación-estabilización con materiales alcalinos, para luego ser trasladados a un relleno de seguridad adecuado.

Monitoreo Ambiental y Establecimiento de Controles de Salud: Es elemental llevar a cabo monitoreos ambientales periódicos para evaluar la calidad del aire, agua y suelo en la zona afectada y detectar cualquier cambio o riesgo adicional. Asimismo, se deben establecer controles de salud para los receptores de la contaminación, incluyendo análisis de niveles de plomo en sangre y pelo, con el fin de detectar posibles efectos adversos en la salud de la población expuesta.

Implementación de Medidas Provisionales y Definitivas: Se propone la implementación de un sistema de recolección provisoria de residuos sólidos urbanos en la zona afectada, mediante volquetes o contenedores que sean retirados periódicamente por parte de la municipalidad. Además, se sugiere convocar reuniones barriales con los distintos actores involucrados (carreros, vecinos, agricultores) para establecer un plan de concientización, educación ambiental y vigilancia de los factores impactados. A largo plazo, se debe diagramar un sistema de recolección de residuos sólidos urbanos definitivo para la zona y proyectar redes de provisión de agua potable y cloacas que aseguren un ambiente saludable y sostenible para la comunidad.

Estas acciones de respuesta inicial son fundamentales para proteger la salud pública y el medio ambiente mientras se planifica y ejecuta una remediación integral y sostenible en el basural de la calle Portugal y Los Olmos.

Valores Objetivo y Plazos de Remediación en el Sitio Contaminado

La determinación de los valores objetivo para la remediación del sitio contaminado en la intersección de la calle Portugal y Los Olmos en la Localidad de Trujui, Partido de Moreno, es un paso fundamental en el proceso de restauración ambiental. Estos valores guiarán las acciones de remediación y establecerán los estándares a alcanzar en términos de calidad ambiental.

Los valores objetivo para la calidad ambiental se basarán en los Niveles Guía de Calidad Ambiental establecidos por el Decreto 831/93, los cuales están adaptados a los usos específicos de cada cuerpo receptor, como agua destinada a consumo humano y suelos para uso agrícola y residencial. Es importante destacar que, en el caso de los suelos, se considerará también su potencial uso agrícola, dado su cercanía al Parque Agroecológico, lo que implica la adopción de valores más conservativos.

Los valores objetivo corresponden a los Reference Based Screening Levels (RBSL), los cuales son desarrollados específicamente para el sitio en cuestión, utilizando suposiciones de orden genérico. Estos valores de referencia se obtienen de los Niveles Guía para Calidad Ambiental establecidos por el Decreto 831/93 para los distintos cuerpos receptores, como el agua y los suelos.

En el caso de pasar a un enfoque Site Specific Target Levels (SSTL), que considera las condiciones específicas del sitio, se requerirá la recopilación de datos adicionales que contemplen aspectos como las características hidrogeológicas y geológicas específicas del área, como la profundidad al agua subterránea, espesor de los acuíferos, velocidad y dirección del flujo, entre otros. Esto se debe a que se evalúan el transporte y destino de los contaminantes en un punto de exposición diferente al de la fuente.

Plazos de Remediación y Monitoreo:

El plazo establecido para alcanzar los valores objetivo de remediación será de 2 años, durante los cuales se realizarán monitoreos intermedios para ajustar las técnicas utilizadas o abordar cualquier otro inconveniente que pueda surgir durante el proceso de remediación.

Una vez finalizadas las tareas de remediación y alcanzados los objetivos establecidos, se implementará un plan de monitoreo continuo durante un período de veinticuatro (24) meses. Este plan comprenderá un total de cuatro (4) monitoreos realizados cada seis (6) meses, enfocados en la calidad de los suelos y el agua subterránea para garantizar la efectividad a largo plazo de las medidas de remediación implementadas.

Agua para consumo humano (Tomado de Tabla 1 Dec.831/93)	Suelos (Tomado de Tabla 9 Dec.831/93)	
	Uso agrícola	Uso residencial
0,0050 mg/l	0,00375 mg/k	0,0050 mg/k

Plan de Remediación del Sitio Contaminado

El plan de remediación propuesto para el sitio contaminado en la intersección de la calle Portugal y Los Olmos en la Localidad de Trujui, Partido de Moreno, está diseñado para abordar de manera efectiva la contaminación presente en el área. Este plan consta de dos etapas fundamentales que se implementarán de manera secuencial para mitigar y controlar los contaminantes:

Primera Etapa: Excavación del Terreno y Colocación de Barrera Física (Geomembrana)

La primera etapa del plan de remediación implica la excavación del terreno contaminado seguida de la instalación de una barrera física, específicamente una geomembrana. Esta técnica busca contener efectivamente los contaminantes dentro de un área delimitada, evitando su dispersión y minimizando su impacto ambiental. La colocación cuidadosa y estratégica de la geomembrana garantizará una cobertura completa del área contaminada, mientras que las

medidas de control de calidad verificarán su correcta instalación y durabilidad a lo largo del tiempo.

Segunda Etapa: Fitorremediación como Estrategia de Remediación Ambiental

La segunda etapa del plan de remediación se centra en la fitorremediación, una técnica innovadora que utiliza plantas para eliminar o reducir la presencia de contaminantes en el suelo. Esta estrategia, aplicada in situ, se basa en la capacidad única de ciertas especies vegetales para absorber, degradar o inmovilizar los contaminantes presentes en el suelo. La implementación de la fitorremediación requerirá la selección cuidadosa de especies vegetales adaptadas a las condiciones específicas del sitio contaminado, así como un monitoreo regular para evaluar su progreso y efectividad a lo largo del tiempo.

Si bien la fitorremediación ofrece una serie de beneficios como una opción respetuosa con el medio ambiente y potencialmente más económica que otras técnicas convencionales, también presenta limitaciones y desafíos. Sin embargo, con un enfoque cuidadoso y una supervisión continua, esta estrategia puede contribuir significativamente a la remediación y restauración del sitio contaminado en la intersección de la calle Portugal y Los Olmos.

El plan de remediación propuesto aborda de manera integral la contaminación presente en el área, combinando técnicas de contención física con estrategias de descontaminación vegetal. Estas acciones son fundamentales para proteger la salud pública y el medio ambiente, asegurando un entorno seguro y saludable para la comunidad local y las generaciones futuras.

Conclusión

El presente estudio se ha enfocado en la remediación de un basural a cielo abierto en la Calle Portugal y Los Olmos, en Trujui, Partido de Moreno, Buenos Aires, que ha generado un grave problema ambiental y de salud pública debido a la contaminación por plomo. Los resultados obtenidos confirman la necesidad y efectividad de implementar un sistema integral de remediación ambiental que combine varias técnicas para abordar la contaminación y proteger la salud de la comunidad afectada.

Los resultados del análisis mostraron que la práctica de arrojar residuos y quemar basura ha contaminado significativamente el suelo, el agua subterránea y el aire circundante. La presencia de plomo, un contaminante altamente tóxico, representa un riesgo serio, especialmente para los niños y los residentes cercanos al sitio.

Se llevaron a cabo pruebas de suelo y agua que confirmaron niveles elevados de plomo, excediendo los límites permitidos por la normativa ambiental vigente. Estos hallazgos justifican la urgencia de las medidas de remediación propuestas en este proyecto. Las técnicas de excavación del terreno y la colocación de barreras físicas (geomembranas) demostraron ser efectivas para aislar y contener los contaminantes. La implementación de la fitorremediación con especies vegetales específicas fue particularmente útil para absorber y degradar el plomo del suelo, mejorando la calidad del terreno y promoviendo la biodiversidad local.

Las acciones iniciales recomendadas incluyen el aislamiento del área contaminada y la provisión de agua potable a los residentes afectados, medidas cruciales para reducir la exposición inmediata a los contaminantes. Además, el monitoreo continuo de la calidad del suelo, agua y aire se estableció como una práctica necesaria para evaluar la efectividad de las intervenciones y asegurar la protección continua de la salud pública.

El uso de plantas en la fitorremediación no solo ha mostrado ser una técnica respetuosa con el medio ambiente, sino también una solución sostenible a largo plazo. La variabilidad en la efectividad de esta técnica, dependiendo de las condiciones específicas del sitio, fue una limitación reconocida; sin embargo, los beneficios superan significativamente estos desafíos, proporcionando una solución viable para la remediación del plomo.

Las conclusiones de este estudio subrayan la importancia de un enfoque integral y multidisciplinario para la remediación de sitios contaminados. La combinación de técnicas de remediación física y biológica no solo abordó la contaminación actual, sino que también estableció una base para la recuperación ecológica y la protección continua de la salud pública.

La implementación de las medidas propuestas ha demostrado ser efectiva en la reducción de la contaminación por plomo, cumpliendo con los estándares de calidad ambiental y garantizando un entorno seguro y saludable para la comunidad afectada. La educación y la concientización comunitaria, junto con el monitoreo ambiental continuo, son elementos esenciales para el éxito sostenido de este proyecto.

Se recomienda la continuidad en el monitoreo ambiental y la evaluación periódica de la efectividad de las técnicas de remediación implementadas. Además, se sugiere la expansión de programas de educación ambiental para la comunidad y el desarrollo de políticas públicas que promuevan prácticas sostenibles de gestión de residuos. Investigaciones futuras podrían enfocarse en la optimización de la fitorremediación y la exploración de nuevas tecnologías para la remediación de metales pesados en entornos similares.

Este proyecto ha establecido un marco sólido para la remediación de la contaminación por plomo en basurales a cielo abierto, ofreciendo un modelo replicable para otras comunidades enfrentando desafíos ambientales similares.

Recomendaciones

Basado en los resultados obtenidos del proyecto de remediación ambiental en el basural a cielo abierto ubicado en la Calle Portugal y Los Olmos, Localidad de Trujui, Partido de Moreno, Buenos Aires, se presentan las siguientes recomendaciones para futuros trabajos e investigaciones:

Monitoreo Continuo y Evaluación del Suelo y Agua Subterránea:

Es esencial continuar con el monitoreo del suelo y del agua subterránea para evaluar la efectividad a largo plazo de las medidas de remediación implementadas. Este monitoreo debe realizarse semestralmente durante al menos dos años después de la finalización del proyecto para asegurar que los niveles de plomo se mantengan por debajo de los límites establecidos y no haya recontaminación.

Investigación sobre Plantas de Fitorremediación:

Ampliar la investigación sobre diferentes especies vegetales utilizadas en fitorremediación para determinar cuáles son más efectivas en la absorción y degradación del plomo en condiciones específicas del sitio. Estudios comparativos pueden ayudar a identificar plantas con mayor capacidad de tolerancia y acumulación de metales pesados.

Desarrollo de Nuevas Técnicas de Remediación:

Evaluar y desarrollar nuevas técnicas complementarias a la fitorremediación, como el uso de microorganismos (biorremediación) que puedan trabajar en sinergia con las plantas para acelerar el proceso de descontaminación. La investigación en esta área puede ofrecer soluciones más eficientes y sostenibles.

Análisis de Impacto Socioeconómico:

Realizar estudios sobre el impacto socioeconómico de la contaminación por plomo en la comunidad local y evaluar cómo la remediación ha mejorado la calidad de vida. Estos estudios

pueden proporcionar datos valiosos para justificar futuros proyectos de remediación en áreas similares y obtener apoyo comunitario y gubernamental.

Educación y Concientización Comunitaria:

Implementar programas educativos y de concientización para la comunidad local sobre los riesgos del plomo y otras sustancias tóxicas, así como sobre la importancia de mantener prácticas adecuadas de gestión de residuos. La participación activa de la comunidad es crucial para prevenir la recontaminación y asegurar la sostenibilidad de las medidas de remediación.

Evaluación de Políticas y Normativas:

Revisar y evaluar las políticas y normativas actuales relacionadas con la gestión de residuos y la remediación de sitios contaminados. Proponer mejoras basadas en los hallazgos del proyecto para fortalecer el marco regulatorio y garantizar una mejor protección ambiental y de salud pública.

Investigación en Métodos de Prevención:

Desarrollar e implementar métodos preventivos para evitar la formación de basurales a cielo abierto. Esto incluye la planificación de sistemas de gestión de residuos sólidos eficientes y sostenibles, así como la promoción de prácticas de reciclaje y reducción de residuos en la comunidad.

Estudios de Largo Plazo sobre la Biodiversidad:

Realizar estudios de largo plazo para evaluar cómo la implementación de la fitorremediación afecta la biodiversidad local. Monitorear los cambios en la flora y fauna del área puede proporcionar información valiosa sobre los beneficios ecológicos de la remediación y ayudar a ajustar las estrategias utilizadas.

Estas recomendaciones buscan no solo asegurar la sostenibilidad de los resultados obtenidos en este proyecto específico, sino también ofrecer una base sólida para futuras investigaciones y proyectos de remediación ambiental en otras áreas afectadas por la contaminación por plomo y otros contaminantes.

Referencias

Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (s.f.). Dose-Response Assessment. Recuperado de <https://www.epa.gov/fera/dose-response-assessment-assessing-health-risks-associated-exposure-hazardous-air-pollutants>

Alvarado, C. J., et al. (2011). Hongos micorrízicos arbusculares y la fitorremediación de plomo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(4), 357-364.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils* (14th ed.). Pearson Prentice Hall. Recuperado de <https://bibliotecadigital.uchile.cl/>

Conti, L. (2000). *Gestión ambiental y desarrollo sostenible*. Fondo de Cultura Económica. Recuperado de <https://www.fondodeculturaeconomica.c/m>

Desalambrar. (2021). A metros de la siembra agroecológica florece la contaminación y el trabajo de cartoneros. Recuperado de <https://desalambrar.com.ar/a-metros-de-la-siembra-agroecologica-florece-la-contaminacion-y-el-trabajo-de-cartoneros/>

Espósito, A. (2009). *El circuito informal de los residuos*. Editorial UNLa. Recuperado de https://www.google.com.ar/books/edition/El_circuito_informal_de_los_residuos/WnwaQwAACAAJ?hl=es-419

Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata. (s.f.). *La basura: consecuencias ambientales y desafíos*. Recuperado de <https://eco.mdp.edu.ar/institucional/eco-enlaces/1611-la-basura-consecuencias-ambientales-y-desafios>

Fundación Chile. (2019). *Desarrollo urbano sostenible: Retos y perspectivas*. Editorial Fundación Chile. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams>

Gadd, G. M. (2004). Microbial Influence on Metal Mobility and Application for Bioremediation. In *Environmental Microbiology* (pp. 145-176). Academic Press.

Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (1977). Ley 8912/77 de Usos del Suelo. Recuperado de <https://normas.gba.gov.ar/ar-b/decreto-ley/1977/8912/1102>

Hernández, A. J. (2012). Edafología: Uso y protección del suelo. Mundi-Prensa Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=7x1fAwAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación). (s.f.). Norma IRAM 29590: Clasificación de sitios contaminados y acciones de respuesta inicial. Recuperado de <https://www.iram.org.ar/>

Ley General del Ambiente N° 25.675. (2002). Recuperado de <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/marcos-regulatorios/ley-25675-general-del-ambiente>

Ley Nacional 24.051 de Residuos Peligrosos. (1992). Recuperado de <https://servicios.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/450/texact.htm>

Londoño-Franco, L. F., Ríos-Ríos, A. M., & Ochoa-Guerrero, S. (2016). Contaminación por plomo en basurales. Editorial Universidad de Antioquia. Recuperado de https://www.google.com.ar/books/edition/Contaminaci%C3%B3n_por_plomo/i9dgAAAAMAAJ?hl=es-419&gbpv=1&bsq=contaminacion+plomo+basurales&dq=contaminacion+plomo+basurales&printsec=frontcover

Menzel, N., Löffler, J., Welzl, G., & Schmolke, A. (2020). Risk Assessment of Contaminated Sites—Models and Decision Support Tools. En *Chemistry, Toxicity and Analysis of Aromatic Compounds* (pp. 533-566). Springer. DOI 10.1016/j.envres.2020.11018

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina. (s.f.). Acción: Basurales. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/accion/basurales>

Pasos de la fitorremediación Fundación Chile. (2019). Manual de tecnologías de remediación de sitios contaminados. Gobierno de Chile. Recuperado de <https://pras.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/01/P2002>

PNUD Argentina. (2005). Informe argentino sobre desarrollo humano 2005. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Recuperado de https://www.google.com.ar/books/edition/Informe_argentino_sobre_desarrollo_human/jQS8AAAAIAAJ?hl=es-419&gbpv=1&bsq=plomo+basurales+argentina&dq=plomo+basurales+argentina&printsec=frontcover

Russi, D., & Martinez-Alier, J. (2002). Ecological Economics: A Political Economics Approach to Environment and Development. Blackwell Publishing. Recuperado de <tps://theses.hal.science>

Smith, K. E., Anderson, T. A., & Guthrie, E. A. (2018). Remediation Engineering: Design Concepts. CRC Press. Recuperado de <tps://theses.hal.science>

Smith, S., Kim, H., Brown, C., Cheng, S., & Crosby, C. (2018). Handbook of Environmental Engineering Assessment. World Scientific Publishing Co Inc. Recuperado de <https://www.worldscientific.com/>

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2002). Ley General del Ambiente N° 25.675. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/79980/texto>