



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Capacidad del *Chrysopogon zizanioides* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero del sector Alfaro, Soritor - 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero ambiental

AUTORES:

Altamirano Ramos, Miller Hamilton Enrique (orcid.org/0000-0001-7507-0300)

Valles Gonzales, Vanessa Estefany (orcid.org/0000-0002-9086-8553)

ASESOR:

Dr. Vásquez Molocho, Carlos Edin (orcid.org/0000-0001-6496-4667)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Apoyo a la reducción de brechas y carencias en la educación en todos sus niveles

MOYOBAMBA – PERÚ

2024

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VASQUEZ MOLOCHO CARLOS EDIN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, asesor de Tesis titulada: "Capacidad del Chrysopogon zizanioides en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero Alfaro, Soritor - 2024", cuyos autores son VALLES GONZALES VANESSA ESTEFANY, ALTAMIRANO RAMOS MILLER HAMILTON ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

MOYOBAMBA, 30 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VASQUEZ MOLOCHO CARLOS EDIN DNI: 00839070 ORCID: 0000-0001-6496-4667	Firmado electrónicamente por: CVASQUEZMO77 el 20-07-2024 19:14:57

Código documento Trilce: TRI - 0783144



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ALTAMIRANO RAMOS MILLER HAMILTON ENRIQUE, VALLES GONZALES VANESSA ESTEFANY estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Capacidad del Chrysopogon zizanioides en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero Alfaro, Soritor - 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
VALLES GONZALES VANESSA ESTEFANY DNI: 72762140 ORCID: 0000-0002-9086-8553	Firmado electrónicamente por: VVALLES el 03-07-2024 11:11:19
ALTAMIRANO RAMOS MILLER HAMILTON ENRIQUE DNI: 71998308 ORCID: 0000-0001-7507-0300	Firmado electrónicamente por: HALTAMIRANORAM el 03-07-2024 19:17:50

Código documento Trilce: INV - 1687336



DEDICATORIA

A Dios con todo el amor del mundo, por darnos soporte espiritual en cada etapa de nuestras vidas; por la familia que nos otorgó, por la sabiduría y las fuerzas para seguir adelante. A nuestros padres, el motor y la motivación de nuestras vidas, quiénes con su esfuerzo y empeño nos han brindado su apoyo incondicional durante el desarrollo de nuestra preparación profesional. Esto es para ustedes con todo el amor del mundo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por brindarnos esta vida, asimismo agradecemos a nuestros padres quiénes nos dieron el apoyo día a día, a nuestro asesor del proyecto y desarrollo de esta investigación el Dr. Carlos Edin, Vásquez Molocho, quién nos apoyó constantemente con sus correcciones, sugerencias y aportaciones en todo el proceso de la investigación, por otro lado, a la Universidad Cesar Vallejo, por permitirnos lograr este sueño el ser profesionales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. METODOLOGÍA	23
III. RESULTADOS.....	31
IV. DISCUSIÓN	39
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de desarrollo vegetativo promedio del Chrysopogon Zizanioides, en suelos contaminados con metales pesado	32
Tabla 2. Determinación de los días óptimos para la remoción de cadmio	33
Tabla 3. Determinación de los días óptimos para la remoción de arsénico	34
Tabla 4. Determinación de los días óptimos para la remoción de plomo Tabla	35
Tabla 5. Eficiencia del Chrysopogon Zizanioides en la reducción de metales pesados en suelos contaminados.	36
Tabla 6. Pruebas de efectos Inter sujetos	37
Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables	53
Tabla 8. Ficha de registro de campo	54
Tabla 9. Ficha de control de crecimiento de planta	56
Tabla 10. Remuneraciones	69
Tabla 11. Bienes disponibles	70
Tabla 12. Servicios disponibles.....	71
Tabla 13. Servicios no disponibles.....	71
<i>Tabla 14. Resumen total</i>	71
Tabla 15. Cronograma de ejecución.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema representativo de las unidades experimentales para cada tratamiento.....	28
Figura 2. Nivel inicial de metales pesados presentes en el suelo del botadero municipal “Alfaro” del distrito de Soritor en relación a los estándares de calidad de suelo de categoría suelo agrícola	31
Figura 3. Nivel de desarrollo vegetativo promedio del Chrysopogon Zizanioides, en suelos contaminados con metales pesados.....	32
Figura 4. Formato de validación 1	57
Figura 5. Formato de validación 2	61
Figura 6. Formato de validación 3	65

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de *Chrysopogon zizanioides* para remover metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero Alfaro, ubicado en Soritor, durante el año 2024. Este estudio fue de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo y un diseño de nivel pre-experimental. La población de la investigación incluyó todo el suelo del botadero Alfaro, que abarca un área de 5,831.82 m². Se empleó la técnica de observación y se utilizaron como instrumentos una ficha de campo, una ficha de control del crecimiento de la especie y un informe de ensayo de laboratorio. Los resultados iniciales mostraron que el suelo del botadero Alfaro en el distrito de Soritor tenía concentraciones de cadmio de 7.8 mg/kg PS, superando los estándares ambientales permitidos (ECA). Los niveles de plomo y arsénico eran de 76.5 mg/kg PS y 90.4 mg/kg PS, respectivamente. Después de 90 días de evaluación, se observó una reducción considerable en la concentración de estos metales: 62.82% para el cadmio, 35.92% para el arsénico y 29.15% para el plomo. Estos resultados sugieren una mayor eficacia del tratamiento aplicado con el tiempo, respaldando la efectividad de las medidas implementadas para mitigar la contaminación por metales pesados en el área analizada. Se concluye que la hipótesis de que *Chrysopogon zizanioides* permite la remoción de metales pesados del suelo del botadero Alfaro se acepta, ya que el valor de p obtenido fue 0.00, menor que el nivel de significancia de 0.05.

Palabras clave: Cadmio, Plomo, Arsénico, *Chrysopogon zizanioides*.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the capacity of *Chrysopogon zizanioides* to remove heavy metals in soils contaminated by leachate from the Alfaro dump, located in Soritor, during the year 2024. This study was experimental with a quantitative approach and a pre-level design. - experimental. The research population included the entire land of the Alfaro dump, which covers an area of 5,831.82 m². The observation technique was used and a field sheet, a species growth control sheet and a laboratory test report were used as instruments. Initial results showed that the soil from the Alfaro dump in the Soritor district had cadmium concentrations of 7.8 mg/kg PS, exceeding the permitted environmental standards (ECA). Lead and arsenic levels were 76.5 mg/kg DW and 90.4 mg/kg DW, respectively. After 90 days of evaluation, a considerable reduction in the concentration of these metals was observed: 62.82% for cadmium, 35.92% for arsenic and 29.15% for lead. These results suggest greater effectiveness of the treatment applied over time, supporting the effectiveness of the measures implemented to mitigate heavy metal contamination in the analyzed area. It is concluded that the hypothesis that *Chrysopogon zizanioides* allows the removal of heavy metals from the soil of the Alfaro dump is accepted, since the p value obtained was 0.00, lower than the significance level of 0.05.

Keywords: Cadmium, Lead, Arsenic, *Chrysopogon zizanioides*.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el inadecuado manejo de residuos sólidos representa un problema de gran magnitud a nivel global. Este problema se origina cuando los residuos se acumulan sin una disposición adecuada, sin tener en cuenta los lugares apropiados para su depósito. El suelo, en particular, es uno de los principales afectados por esta situación, ya que es el único lugar donde se pueden desechar los residuos sólidos en vertederos. La descomposición de la materia orgánica en estos vertederos genera lixiviados, que son líquidos contaminantes que perjudican los suelos circundantes. Estos suelos, al ser los únicos receptores disponibles, sufren una alteración en su composición normal como resultado de esta contaminación. En consecuencia, se produce la contaminación del suelo. Este problema es relevante porque la contaminación del suelo no solo afecta la calidad del suelo en sí, sino que también puede tener consecuencias negativas en la salud humana y en el medio ambiente en general. Por lo tanto, es esencial abordar de manera adecuada la gestión de residuos para evitar la degradación del suelo y proteger la salud pública y el entorno natural (Collazos, 2013, p.21).

resalta una de las preocupaciones más significativas en cuanto a la contaminación ambiental causada por residuos sólidos. Este problema radica en la generación de metales pesados, como el cobre (Cu), el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el cromo (Cr), el níquel (Ni), el mercurio (Hg), el cobalto (Co), la plata (Ag) y el oro (Au), como resultado de la disposición final inadecuada de estos residuos en vertederos mal gestionados. Con el tiempo, la acumulación progresiva de residuos conduce a la producción de lixiviados y gases tóxicos que causan daños significativos en el suelo, incluyendo la pérdida de fertilidad de este recurso vital. Además, esta problemática también afecta a los acuíferos cercanos a los vertederos, ya que algunas sustancias contaminantes se filtran en ellos. Esta contaminación de los acuíferos tiene un impacto negativo en la agricultura, ya que los recursos hídricos afectados se utilizan para el riego de cultivos. Esto puede resultar en la contaminación de los alimentos y, en última instancia, en riesgos para la salud humana debido a la ingestión de alimentos contaminados (Julca, 2022, p.12).

En nuestro país, se ha registrado un alarmante total de 1704 botaderos a cielo abierto a nivel nacional. Entre los departamentos con mayor presencia de estos botaderos se

destacan Ancash con 151, Cajamarca con 129 y Puno con 132. De estos botaderos identificados, se ha determinado que 27 de ellos tienen potencial para ser convertidos en infraestructuras formales de disposición final de residuos sólidos. Estos botaderos representan no solo un problema sanitario debido a la generación de vectores y riesgos para la salud pública, sino que también tienen un impacto crítico en el factor ambiental (Organismo de Fiscalización Ambiental, 2022, p.2).

La presencia de estos botaderos a cielo abierto puede ocasionar efectos negativos significativos sobre los recursos naturales, incluyendo el suelo, el agua y el aire. Esto subraya la importancia de abordar adecuadamente la gestión de residuos sólidos en el país y la necesidad de promover prácticas más sostenibles en la disposición de estos residuos. La conversión de algunos de estos botaderos en instalaciones de disposición final adecuadas es un paso positivo en esta dirección, pero también se requiere una planificación y gestión eficaz para reducir la proliferación de estos sitios de disposición informal en el futuro (Chucos, 2020, p.4).

A nivel regional, durante el año 2022 se llevó a cabo el Operativo de Control "Prestación del Servicio de Limpieza Pública en Municipalidades 2022", el cual reveló preocupantes hallazgos en tres municipios provinciales. En estos municipios, se identificó que no cuentan con el Instrumento de Gestión Ambiental (IGA), lo que podría poner en riesgo la ejecución de acciones destinadas a la recuperación de áreas degradadas debido a la disposición inadecuada de residuos sólidos (Contraloría General de la República, 2022, p.1).

A nivel regional, en particular en el Distrito de San Pablo, se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo que reveló niveles alarmantemente altos de metales pesados en el suelo del botadero Municipal. En el análisis, se destacaron especialmente tres metales: plomo, cromo y cadmio. Los datos obtenidos muestran que las concentraciones de estos metales pesados superan significativamente los Estándares de Calidad Ambiental de Suelo (ECAS), lo que es motivo de gran preocupación. La presencia elevada de plomo, cromo y cadmio en el suelo no solo indica una posible contaminación del entorno, sino que también plantea serios riesgos para la salud de los habitantes de la región. El plomo, conocido por sus efectos tóxicos sobre el sistema nervioso y el desarrollo cognitivo, el

romo, que puede causar problemas respiratorios y dermatológicos, y el cadmio, asociado con enfermedades renales y óseas, son metales que representan una amenaza considerable cuando sus concentraciones en el suelo exceden los límites seguros establecidos por las normativas ambientales.

La situación en el distrito de Soritor es preocupante debido a la presencia de un botadero de residuos sólidos a cielo abierto administrado por la municipalidad. Este botadero tiene una superficie de 5.831,82 metros cuadrados y se utiliza para la disposición final de residuos provenientes de áreas residenciales, comerciales y de otros servicios. Sin embargo, esta práctica de disposición final inadecuada conlleva varios problemas ambientales graves. Uno de los principales problemas es la generación de lixiviados, que son líquidos contaminantes producidos durante el proceso de descomposición microbiana y la mezcla de componentes presentes en los residuos. Estos lixiviados son altamente tóxicos y tienen un impacto negativo en el suelo y el ambiente circundante. Los lixiviados pueden causar problemas de salud y ambientales a medida que se infiltran en el suelo o se desplazan a través del agua de escorrentía. El suelo es uno de los recursos más afectados debido a la acumulación de residuos sólidos, lo que crea condiciones propicias para la proliferación de focos infecciosos. Además, el vertido inadecuado de residuos especiales, como productos químicos y materiales biocontaminados, así como residuos peligrosos que contienen metales pesados, agrava aún más la contaminación del suelo.

Es importante abordar de manera urgente esta problemática, ya que los efectos negativos en el suelo y el entorno pueden no ser evidentes de inmediato, sino que pueden manifestarse varios años después. La gestión adecuada de los residuos sólidos es esencial para mitigar los impactos ambientales y proteger la salud de la comunidad. Según el último informe emitido por la OEFA en el año 2022, esta área se ha categorizado como degradada debido a la disposición de residuos sólidos, lo que resalta la urgente necesidad de adoptar medidas y mecanismos para su recuperación. Esta situación subraya la importancia de implementar prácticas adecuadas de gestión de residuos sólidos a nivel local y regional para prevenir futuros daños ambientales y proteger la salud pública.

Ante lo expuesto se formula el siguiente problema general: ¿Cuál es la capacidad del *Chrysopogon zizanioides* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero en el Sector Alfaro, del Distrito de Soritor, 2024?

La presente investigación cuenta con una justificación sólida y conveniente en varios aspectos. En primer lugar, es importante abordar el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados debido a los lixiviados procedentes de vertederos, ya que esta contaminación representa una amenaza significativa para el medio ambiente y la salud humana. Además, esta investigación es viable en términos de su implicancia práctica, ya que se enfoca en el uso de la especie *Chrysopogon zizanioides* para la remoción de metales pesados, como el cadmio y el plomo, en suelos contaminados por lixiviados. En segundo lugar, este enfoque puede ofrecer soluciones efectivas y sostenibles para abordar la contaminación de suelos en áreas cercanas a vertederos. La justificación social de esta investigación se relaciona con la mejora de la calidad del suelo en el botadero del distrito de Soritor. La recuperación de estos suelos no solo tiene beneficios ambientales al reducir la contaminación y proteger los recursos naturales, sino que también tiene un impacto positivo en la salud y el bienestar de la comunidad local. La mejora de la calidad del suelo puede tener efectos beneficiosos en la agricultura, la disponibilidad de alimentos seguros y la calidad del agua subterránea.

Por objetivo general de la investigación es evaluar la capacidad de *Chrysopogon zizanioides* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero en el Sector Alfaro, del Distrito de Soritor, 2024. Los objetivos específicos incluyen: analizar las cantidades de metales pesados antes y después del tratamiento en el suelo contaminado, determinar el tiempo óptimo para la remoción de metales pesados por *Chrysopogon zizanioides*, medir la concentración de metales pesados en las partes aéreas y radicales de *Chrysopogon zizanioides* después del experimento, describir las variaciones morfológicas de *Chrysopogon zizanioides* antes y después de la remoción de metales pesados, y calcular la eficiencia de *Chrysopogon zizanioides* en la remoción de estos metales en suelos contaminados por lixiviados del botadero en el Sector Alfaro, del Distrito de Soritor, 2024.

La investigación presenta como hipótesis lo siguiente: Hipótesis nula: El *Chrysopogon zizanioides* no tiene la capacidad para la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero Alfaro, Soritor, 2024. Hipótesis alterna: El *Chrysopogon zizanioides* tiene la capacidad para la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero en el Sector Alfaro, del Distrito de Soritor, 2024.

Para esta investigación se ha requerido a antecedentes internacionales con el fin de obtener información acerca del tema que se está tratando, como lo sustenta los siguientes autores:

Salamanca et al. (2023, p. 123) se centró en remediar suelos contaminados con metales pesados en Mosquera, Colombia. Utilizando Brócoli y Cilantro. Para llevar a cabo el estudio, se implementó un diseño experimental, se probó su eficacia en diferentes proporciones y periodos (30%/70%, 50/50, 70/30 y 3, 6, 9 meses). Mediante espectrofotometría de absorción atómica, se analizaron suelo y tejido vegetal para detectar cadmio, plomo y cromo. Los resultados mostraron altas concentraciones en las plantas de brócoli y cilantro comparadas con el control, y mezclas de suelo con mayores niveles. Destacó la efectividad en la reducción de estos metales, especialmente el cadmio. En resumen, Brócoli y Cilantro demostraron ser útiles en la fitorremediación de suelos contaminados.

La investigación de Jiménez y Márquez (2022, p.34) se enfocó en evaluar la fitorremediación de suelos contaminados provenientes de Guamal, Meta, afectados por desechos de fluidos de perforación con altos niveles de metales pesados. El estudio experimental se concentró en la biorremediación del suelo, empleando la planta Brassica Juncea como agente fitorremediador para combatir el cadmio (Cd) y cromo (Cr) generados por la fricción de la sarta de perforación. Se midieron las concentraciones de Cd y Cr mediante digestión HF en frío y espectrofotometría de absorción atómica, antes y después del proceso. Los resultados no evidenciaron cambios significativos en los niveles de metales pesados tras la fitorremediación. Se sugiere que la concentración de Bentonita en el fluido, el pH extremadamente ácido del suelo y su tipo franco-arcilloso podrían haber afectado el éxito de la fitorremediación en este contexto específico.

La investigación de Vegas (2022, p.98) se enfocó en la capacidad de la especie Cannabis sativa AK47 para fitorremediar el cadmio en suelos agrícolas de Guasca, Cundinamarca. El estudio tiene un enfoque de investigación mixto y de alcance descriptivo. El cual la Cannabis sativa AK47 se utilizó para el cultivo de arándanos en la finca La Chuqua. Tras establecer una línea base, se determinó que la concentración inicial de cadmio en el suelo era de 0,57 mg Cd/Kg. Además, se evaluaron parámetros del suelo como materia orgánica (26%), capacidad de intercambio catiónico (59,3 meq/100g) y pH (4,9) para entender la dinámica del cadmio en el suelo. Se realizó un experimento de fitorremediación sembrando Cannabis sativa AK47 en tres tratamientos diferentes durante 30 días. Las plantas demostraron ser hiperacumuladoras de cadmio, absorbiendo grandes cantidades del metal en su biomasa. La fitoextracción fue el mecanismo identificado, sugiriendo que el cannabis puede ser una solución efectiva para abordar la contaminación de suelos por cadmio.

Por su Parte el estudio de Plaza (2021, p.83) se enfocó en proponer la fitorremediación para suelos agrícolas contaminados por Metales Pesados en zonas maiceras de Los Ríos. Se encuestaron 260 agricultores sobre prácticas agrícolas y se evaluó el uso de plaguicidas en el cultivo de maíz. La revisión de literatura y SCOPUS identificó plantas fitorremediadoras como Sansevieria, Helianthus annuus, Sorghum y Acalypha hispida. El análisis estadístico reveló el alto uso de glifosato, urea, fungicidas e insecticidas, vinculándose a concentraciones elevadas de metales pesados en el suelo. Se señaló la presencia de plantas capaces de fitorremediación, sugiriendo su uso para abordar esta problemática ambiental.

De la misma manera, Gallardo (2019, p. 9) El trabajo aborda el creciente problema de la contaminación derivada de la actividad minera, impactando tanto el suelo como el entorno ecológico. Se busca en esta revisión bibliográfica una solución respetuosa con el medio ambiente para contrarrestar los efectos de la minería en el suelo. La fitorremediación se perfila como una alternativa para eliminar los contaminantes presentes en el suelo, especialmente los metales pesados de difícil extracción. Se propone el empleo de la planta Helianthus annuus para llevar a cabo la fitorremediación en suelos afectados por la minería en Camilo Ponce Enríquez.

Asimismo, se acontece de información en antecedentes nacionales para contrastar con la investigación:

Tal como lo manifiestan, Ríos y Sánchez (2022, p.6) se enfocó en la remoción de cadmio y cromo en el suelo del botadero municipal de la provincia de Tarapoto, utilizando frijol castilla. El objetivo fue evaluar la capacidad de esta planta para remediar estos metales pesados en el suelo del botadero. El estudio se llevó a cabo experimentalmente en tres áreas con diferentes cantidades de plantas. Los niveles iniciales de cadmio en el suelo estaban por debajo de los límites establecidos, mientras que los de cromo superaban estos límites. Tras la fitorremediación, se observaron variaciones en las concentraciones. El cadmio excedió los límites en dos áreas experimentales, pero disminuyó en una, mientras que el cromo se mantuvo dentro de los límites permitidos en todos los tratamientos. La investigación sugiere que el frijol castilla no fue eficiente para reducir el cadmio en algunos tratamientos, aunque mantuvo los niveles de cromo dentro de los límites establecidos.

Mago y Muro (2022, p.3) en su investigación tuvo como fin lograr estimar la eficacia que presenta las malezas para la fitorremediación de plomo en el suelo del botadero Municipal del distrito de Reque, en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo. Para el desarrollo de la investigación se realizó un análisis para lograr determinar las características fisicoquímicas y biológicas del suelo, la cual permitió la identificación de malezas que logran tolerar hasta 800 ppm de plomo, en ese sentido se determinó las propiedades que permiten el crecimiento vegetal de bacterias de tipo rizosféricas de las malezas que son tolerantes al plomo, para lo cual se realizó la evaluación del crecimiento y fitotoxicidad de estas malezas sobre el suelo en el cual se desarrolló el proceso de fitorremediación. Finalmente, se logró determinar que las bacterias de género *Cyperus corymbosus*, *Sorghum halepense* y *Echinochloa colonum* son tolerantes al plomo, por tal motivos estas bacterias fueron solubilizadas hacia las malezas mediante el uso de fosfato tricálcico y ácido indolacético.

Con relación a las teorías relacionadas al tema en términos simples, un botadero es un lugar donde los residuos sólidos son arrojados sin ningún tipo de separación o tratamiento. Estos sitios generalmente carecen de medidas técnicas y de control, y a

menudo se ubican cerca de cuerpos de agua o drenajes naturales. Como resultado, los botaderos pueden tener graves impactos ambientales, incluyendo la contaminación del aire, el agua y el suelo debido a la liberación de gases, líquidos lixiviados y otros contaminantes. Además, las actividades como quemas de residuos sólidos pueden generar humo y olores desagradables. La gestión inadecuada de los residuos en botaderos a cielo abierto es una preocupación importante en términos de salud pública y ambiental, y se buscan alternativas más sostenibles y responsables para la disposición de residuos (Tchobanoglus, 1994).

Los lixiviados son líquidos que se originan debido a la interacción entre el agua y los residuos sólidos en rellenos sanitarios o vertederos. Estos líquidos pueden contener una amplia variedad de compuestos disueltos que se derivan de la descomposición de los residuos, lo que los convierte en una fuente significativa de contaminación ambiental. Los lixiviados pueden albergar sustancias químicas peligrosas y es crucial gestionarlos adecuadamente para evitar la contaminación del suelo y del agua subterránea en las áreas circundantes a los vertederos. La gestión de estos lixiviados es esencial para reducir al mínimo los efectos negativos en el medio ambiente asociados con la disposición de residuos sólidos. (Álvarez, 2006, p.5). Los lixiviados contienen más de 200 compuestos químicos diversos, abarcando categorías amplias como hidrocarburos cíclicos y aromáticos, bencenos, alcoholes, éteres cíclicos, ácidos y ésteres, fenoles, lantánidos, furanos, y compuestos que contienen elementos como nitrógeno, fósforo, azufre y sílice, junto con rastros no identificadas. Entre estos se incluyen sustancias conocidas por su potencial contaminante, como tolueno, etilbenceno, xileno, estireno, naftaleno, pireno, entre otros (Bauer et al., 1998, p. 75).

La composición de los lixiviados está mayormente influenciada por las reacciones bioquímicas que tienen lugar en el vertedero y por las condiciones ambientales presentes en dicho entorno". En el suelo, se depositan de manera natural sustancias solubles, así como aquellas que se vuelven solubles en agua debido a procesos bioquímicos, que incluyen los productos finales derivados de estas reacciones (Ehrig, 2003, p.18).

Utilizando microorganismos vegetales a través de procesos bioquímicos para disminuir la concentración o los peligros de compuestos orgánicos e inorgánicos en suelos,

sedimentos, agua y aire, la fitorremediación es una tecnología sostenible (Núñez et al, 2017, p.65). La fitorremediación como una técnica que aprovecha diversas plantas para degradar, estimular, estabilizar y, en última instancia, eliminar contaminantes. Esta técnica, ampliamente empleada y económica, desencadena procesos biológicos, físicos o químicos a través de las plantas para facilitar la metabolización, eliminación o absorción de contaminantes, ya sea por las propias plantas o por microorganismos degradadores (Merkl, 2004, p.3). La fitorremediación es un método ambiental que consiste en que las plantas acumulen metales pesados en las raíces o los frutos sin afectar la actividad o la estructura del suelo para extraerlos del suelo y del agua. Además, reduce los contaminantes del agua, el suelo y el aire mediante el uso de microorganismos y plantas. Para extraer o inmovilizar metales, metaloides, radionucleótidos y xenobióticos orgánicos, esta técnica no contamina (Rigoletto et al., 2020).

La fitorremediación presenta una tecnología emergente asociados a plantas superiores y microorganismos, que proporciona una opción tanto para la remoción in situ como ex situ de contaminantes (Munive et al, 2018, p.8). Esta técnica consiste en el uso de plantas para la eliminación de contaminantes del suelo mediante la acumulación en los tejidos, considerando este método como una tecnología prometedora de limpieza para diversos suelos contaminados con metales (Ferrua, 2019, p.2). Asimismo, se define como una técnica que analiza la capacidad de determinadas especies y microorganismos ante agentes contaminantes, extrayendo, acumulando, inmovilizando o transformando dichos contaminantes tanto in situ como fuera de las plantas (Paredes y Rodríguez, 2020, p.3). Finalmente, Lizcano (2020) lo caracteriza como un método que reduce, elimina o inmoviliza contaminantes dañinos, mediante la purificación del suelo para el saneamiento de plantas junto con sus microorganismos rizosféricos.

La fitorremediación es un método que utiliza la habilidad de algunas plantas para interactuar con sustancias contaminantes que se encuentran en los sedimentos, el aire, el suelo o los compuestos orgánicos, como los metales pesados, los metales radioactivos y los compuestos orgánicos. Su amplia aplicación y su bajo costo son algunas de las ventajas de estas técnicas fitocorrectivas sobre los fisicoquímicos convencionales. Examinando el potencial de las plantas transgénicas, esta revisión ofrece una visión

general de varias técnicas empleadas para reparar suelos y efluentes contaminados (Ríos, 2017, p.3).

Liu et al. (2018) subrayan la importancia de elegir un método o uno en función de su efectividad y costos asociados. resalta la mejora de la eficiencia en técnicas de fitorremediación para suelos contaminados por metales pesados a través de la adición de sustratos o nutrientes que ajusten el pH. Esta estrategia requiere considerar la disponibilidad y toxicidad de los contaminantes, la capacidad de las plantas para eliminarlos o degradarlos, así como las condiciones ambientales (Álvarez, 2019, p.9).

Según Velásquez (2017, p.3), el éxito de la fitorremediación depende de la cuidadosa selección de plantas adaptadas al clima específico y tolerantes a los contaminantes. Estas plantas deben tener capacidad de crecimiento en suelos empobrecidos, crecer rápidamente, producir biomasa y desarrollar raíces densas. el proceso exitoso de fitorremediación no solo se limita a la planta utilizada, sino que también depende del tiempo. Cuanto más tiempo permanece el metal pesado en contacto con el suelo, mayor es la posibilidad de purificación o, por el contrario, de existencia. Por lo tanto, es crucial comprender la cinética de los metales para someter efectivamente una especie vegetativa (Coyago y Bonilla, 2019, p.5).

La sinergia entre plantas y microorganismos promotores de crecimiento (PGPR), enmiendas, quelantes transgénicos y agentes quelantes son métodos que aceleran los procesos para mejorar la fitorremediación. Al alterar el estado de oxidación de los metales, por ejemplo, al producir nitrógeno, auxinas, sideróforos, fosfatos solubles y cianuro de hidrógeno, los PGPR disminuyen el estrés de las plantas en zonas contaminadas. Puede ser de manera directa, al disminuir el impacto del contaminante tóxico, o de manera indirecta, al generar fitohormonas que fomentan el desarrollo de las raíces. La biodisponibilidad del plomo también se altera por medio de la solubilización de fosfatos, los exopolisacáridos, los sideróforos y la producción de ácidos orgánicos (Shah y Daverey, 2020; Gavrilesco, 2022, p.98).

En relación al vetiver, conocido científicamente como *Chrysopogon zizanioides*, es una hierba perenne que se desarrolla en densas agrupaciones sin ser invasiva ni fértil. A pesar de su esterilidad, no se convierte en una maleza, sino que más bien es una planta beneficiosa que fomenta la aparición de especies autóctonas. Su sistema foliar puede alcanzar alturas de hasta 1.5 metros, con tallos y hojas notoriamente altos, delgados y rígidos en comparación con otras gramíneas. Las raíces del vetiver suelen crecer verticalmente, con una resistencia a la tensión promedio de 75 pascales, o 75 kg por cm², y alcanzan profundidades de hasta 4 metros. Este atributo lo convierte en un excelente estabilizador de márgenes y terrazas; aumenta hasta un 40% la resistencia del suelo a la erosión (Truong et al., 2009, p.65).

Según Concha, Mozón y Solís (2019) el pasto Vetiver carece de estolones o rizomas; su sistema de raíces, rápido y compacto, puede alcanzar entre 3 y 4 metros de profundidad durante su primer año. Esta profundidad extrema en las raíces hace que sea altamente resistente a la sequía y difícil de desprender incluso en condiciones de fuertes corrientes. Sus tallos son robustos y erguidos, capaces de soportar flujos de agua considerables. Exhiben una notable resistencia a plagas, enfermedades y fuego. Cuando se planta a corta distancia, el vetiver forma una barrera densa que actúa como un filtro altamente efectivo para los sedimentos y dispersa el agua de escorrentía. Cuando queda sepultado por los sedimentos atrapados, desarrolla nuevas raíces desde los nudos, lo que permite que el vetiver siga creciendo hacia arriba con los sedimentos acumulados, eventualmente formando terrazas si estos sedimentos no son eliminados.

Efectividad del vetiver: Esta planta muestra una notable capacidad de adaptación a condiciones climáticas extremas como sequías prolongadas, inundaciones, sumersión e incluso temperaturas extremas que oscilan entre -15°C y +55°C. Es capaz de recuperarse rápidamente después de sufrir los efectos de sequías, heladas, alta salinidad u otras condiciones adversas, mejorando con cambios favorables en el clima o mediante la aplicación de enmiendas al suelo. Puede tolerar un amplio rango de pH, desde 3.3 hasta 12.5, sin necesidad de modificaciones en el suelo, y muestra resistencia a altos niveles de herbicidas y pesticidas. Además, es eficiente en la absorción de nutrientes como el nitrógeno, fósforo y metales pesados en aguas contaminadas. Esta planta puede

desarrollarse en medios con altos niveles de acidez, alcalinidad, salinidad, contenido de sodio o magnesio, y muestra una alta tolerancia aluminio, manganeso y varios metales pesados como arsénico, cadmio, cromo, níquel, plomo, mercurio, selenio y zinc presentes en los suelos (Truong, et al. 2009, p.34)

La especie vegetal *Chrysopogon zizanioides* se puede propagar de cuatro maneras distintas. La primera es separando brotes maduros de la planta madre, obteniendo esquejes que se pueden plantar inmediatamente en el campo o en contenedores. La segunda implica el uso de diferentes partes de la planta madre de vetiver. La tercera opción es la multiplicación de yemas o la micropropagación in vitro, lo que permite la propagación a gran escala en condiciones controladas. Por último, el cuarto método consiste en el cultivo de tejidos, utilizando una pequeña parte de la planta para su propagación en gran escala (Ohiruela, 2007, p.32).

Cuando se trata de los estándares de calidad ambiental, se establecen los parámetros físico-químicos y biológicos del suelo, del aire y del agua, con el fin de calcular las concentraciones mediante indicadores en fuentes conocidas como cuerpos receptores. Por lo tanto, no tienen efectos significativos en la sociedad y el medio ambiente. (MINAM, 2017, p. 1).

II. METODOLOGÍA

Según CONCYTEC (2018, p. 23), la investigación aplicada se enfoca en encontrar y desarrollar métodos, que incluyen tecnologías, protocolos y metodologías, con el fin de satisfacer una necesidad particular y reconocida. Según Carlesi, Reyes y Mejía (2018), esta estrategia de investigación se centra en la cuantificación tanto en la recopilación como en el análisis de datos; se presenta un enfoque cuantitativo. Se basa en una perspectiva deductiva que pone un gran énfasis en la comprobación de teorías previamente establecidas. Los investigadores utilizan este método deductivo al buscar datos empíricos después de partir de una teoría o hipótesis existente.

La investigación se basa en un diseño pre-experimental, que implica el registro de valores tanto iniciales como finales durante la aplicación de un tratamiento. El objetivo de este diseño es evaluar y determinar el efecto resultante del tratamiento. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.121), este diseño permite comparar los datos antes y después de la intervención, facilitando la medición del impacto y proporcionando una base para análisis posteriores.

El diseño fue el siguiente:

G.E: O1 X G.C: O2

Donde:

G.E: Grupo experimental

G.C: Grupo control

X: Capacidad del *Chrysopogon zizanioides* la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados.

La investigación presenta un alcance explicativo, según Carlesi, Reyes y Mejía (2018), se enfoca en identificar las causas detrás de eventos y fenómenos físicos o sociales, buscando explicar por qué ocurren y bajo qué condiciones se manifiestan. Este tipo de investigación no solo se limita a describir los fenómenos, sino que también profundiza en las razones y mecanismos subyacentes que los provocan. Asimismo, se analiza cómo y por qué se

relacionan dos o más variables, proporcionando una comprensión más detallada y profunda de las conexiones y dependencias entre ellas.

Variables y operacionalización: Variable independiente: Capacidad del *Chrysopogon zizanioides*. Definición conceptual: Las condiciones de experimentación serán medidas por medio de las condiciones de número de plántulas y tiempo óptimo. Definición operacional: Para la determinación de la eficiencia de las plantas en la remoción de metales pesados se utilizará la siguiente fórmula: $E = (C_i - C_f) / C_i \times 100$ Dimensiones: Condiciones de experimentación, características morfológicas y eficiencia Variable dependiente: remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados. Definición conceptual: Se analizará la cantidad de metales pesados por medio de la norma EPA Method 6020B (Preparación de muestra: EPA Method 3051A, 2007) para determinar la cantidad de metales en el suelo. Dimensiones: Metales pesados.

Operacionalización de la variable: Véase en el Anexo 1 el cuadro de operacionalización de las variables.

Población, muestra y unidad de análisis: Población: En la presente investigación tendrá como población toda el área que presentada el botadero Alfaro del distrito de Soritor, el cual presenta un total de 5.831,82 m². Muestra: La presenta investigación, se trabajó la muestra un total de 90 kilos de suelo del botadero en el Sector Alfaro los cuales fueron utilizados para el proceso de experimentación y 1 kg se utilizó para determinar la cantidad inicial de metales pesados en el suelo del botadero Alfaro. Es importante mencionar que se ha decidido hacer uso de 90 kilos debido que la capacidad de los maceteros a utilizar era de 10 kilogramos.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Técnicas: La técnica a utilizar en el presente trabajo de investigación será la observación, la cual se basa en registrar de manera sistemática, válida y confiable el comportamiento de la especie vegetal. Esta técnica se puede emplear en diversas circunstancias y se realiza a través de la participación de los investigadores, quienes observan, registran y analizan los hechos de interés, (Carlessi, Reyes y Mejía, 2018). La observación de la especie vegetal *Chrysopogon zizanioides* permitirá la interacción directa con las variables de interés en el estudio. Instrumentos: En cuanto a los instrumentos que se utilizarán en la investigación, se emplearán los siguientes:

Ficha de campo: Este instrumento se utilizó para establecer la ubicación de muestreo mediante la georreferenciación. Ayudó a registrar y documentar de manera precisa el lugar de interés donde se llevaron a cabo las observaciones. Ficha de control del crecimiento de la especie: Esta ficha permitió identificar y registrar las variaciones en el crecimiento de la especie *Chrysopogon zizanioides* en suelos contaminados con metales pesados. Proporcionó información importante para evaluar el impacto de los contaminantes en el crecimiento de la planta, para lo cual se determinó el tamaño inicial de la planta y final después del proceso de fitorremediación. Informe de ensayo de laboratorio: Este instrumento se utilizó para identificar y registrar la cantidad inicial y final de metales pesados antes y después del proceso de experimentación en el laboratorio. Los informes de laboratorio fueron fundamentales para cuantificar y documentar los cambios en los niveles de metales pesados, lo cual fue esencial para evaluar el éxito de la experimentación.

Procedimientos: Etapa de gabinete inicial: Se organizó de la siguiente manera: Las acciones que se describen son parte de la preparación y organización necesaria para realizar una investigación de forma eficiente: Obtención de información de diversas fuentes: Este paso implica recopilar información relevante de diversas fuentes, como artículos científicos, tesis, libros, revistas, etc. Esta revisión bibliográfica es fundamental para establecer una base de conocimiento sólida y contextualizar la investigación en el contexto existente. Solicitud de permiso a la Municipalidad Distrital de Soritor: Es importante obtener la autorización correspondiente de la entidad local para llevar a cabo la toma de muestras en su jurisdicción. Esto asegura que la investigación se realice de manera legal y ética. Adquisición de herramientas para la toma de muestras: Dependiendo de la naturaleza de la investigación, puede ser necesario obtener herramientas específicas para la toma de muestras (palana, machete), lo que garantiza que el proceso de recolección de datos se realizará de manera eficiente y precisa. Elaboración de instrumentos de recolección de datos: Los instrumentos de recolección de datos, como las fichas de campo mencionadas anteriormente, deben diseñarse cuidadosamente para recopilar la información necesaria de manera sistemática y coherente. Ubicación del lugar de muestreo: Se utilizará el GPS en el campo para ubicar el lugar de muestreo lo que es una práctica eficaz. Esto garantiza que la ubicación sea precisa y que la toma de muestras se realice en el lugar correcto. Estas acciones preliminares son esenciales para la planificación y ejecución fructífero de la

investigación. Cada paso contribuye a garantizar que la recopilación de datos fue realizada de manera rigurosa y que se contó con la información necesaria para abordar el problema de investigación de manera efectiva. Etapa de campo: Reconocimiento del Área de estudio: La georreferenciación del lugar de estudio mediante el uso del GPS proporcionó información valiosa para situar de manera precisa la ubicación de la investigación. En este caso, el área de estudio se encontró en el botadero del Sector Alfaro, en el distrito de Soritor. Esta información fue fundamental para asegurarse de que la toma de muestras y cualquier otra actividad relacionada con la investigación se realizara en el lugar correcto. La georreferenciación fue una práctica común en investigaciones que involucraban ubicaciones geográficas, ya que garantizaba la precisión y la reproducibilidad de los resultados. Recolección de muestra: La recolección de muestras de suelos fue un paso trascendental en la investigación, y en nuestro caso, se llevó a cabo siguiendo ciertas pautas y métodos específicos. Aquí se resumen los aspectos clave relacionados con la toma de muestras: Guía Normativa: Se utilizó la guía establecida en el D.S. N.º 002-2013 MINAM para llevar a cabo la recolección de muestras de suelo. Muestreo Estadístico: Se optó por el muestreo estadístico, que implicó la selección de puntos de muestreo de acuerdo con modelos matemáticos. Este enfoque posibilitó la verificación uniforme de la presencia o ausencia, así como la distribución de contaminantes en el suelo. El muestreo cubrió toda la extensión del área posiblemente contaminada, seleccionando los puntos al azar para asegurar diversidad e integridad. Profundidad de Muestreo: La muestra de suelo se realizó a una profundidad específica de 30 centímetros, siguiendo las pautas del manual. Esta profundidad fue relevante para la investigación, ya que podía influir en la presencia de contaminantes en el suelo. Método de Cuarteo: Para garantizar una muestra representativa, se aplicó el método de cuarteo a la muestra compuesta. Este proceso implicó mezclar la muestra y luego dividirla en cuatro partes. Se eliminaron las dos partes opuestas, lo que ayudó a obtener una muestra que fuera representativa de la zona muestreada. Envío al Laboratorio: Para el análisis inicial, se envió 1 kilogramo de suelo al laboratorio certificado Xertek Life S.A.C., debidamente rotulado. El análisis en el laboratorio fue fundamental para determinar la presencia y cantidad de contaminantes en las muestras. Uso del Suelo en el Experimento: Para el proceso de fitorremediación, se utilizaron 90 kilos de suelo para la realización del experimento. Esta cantidad fue relevante para llevar a cabo el tratamiento

y evaluar su eficacia en la remediación del suelo contaminado. Proceso de experimentación: El proceso de experimentación que se describirá implicó la preparación de las condiciones y el cultivo de plantas de *Chrysopogon zizanioides* en macetas para realizar el estudio. A continuación, se resumen los pasos clave de esta etapa de la investigación. Adquisición de Macetas y Suelo: Se adquirieron un total de 9 macetas, y en cada una de ellas se llenaron 10 kilos de tierra como sustrato. Este sustrato sirvió como el medio de crecimiento para las plantas. Selección y Medición de las Plantas: Se utilizaron 18 plántones de *Chrysopogon zizanioides* de aproximadamente 4 meses de edad. Se llevó a cabo la medición de la raíz principal de cada planta, así como el tamaño total de la planta. Estas medidas fueron esenciales para el seguimiento del

crecimiento y desarrollo de las plantas a lo largo del experimento. Lavado de Raíces: Para garantizar que las raíces de las plantas estuvieran libres de impurezas, se procedió a lavar las raíces de las plántulas utilizando agua destilada. Este paso fue importante para mantener un entorno limpio y libre de contaminantes que pudieran afectar al experimento. Plantación en Macetas: Las plántulas se colocaron en las macetas que contenían el sustrato de tierra. La disposición de las plantas en las macetas se realizó de manera organizada y uniforme. Riego Periódico: Se llevó a cabo el riego periódico de las plantas. El riego fue esencial para mantener las condiciones de humedad adecuadas en el sustrato y permitir el crecimiento saludable de las plantas a lo largo del experimento. Estos pasos fueron fundamentales para establecer las condiciones de cultivo controladas en las que se llevó a cabo el experimento. El seguimiento y la medición de las plantas a lo largo del tiempo ayudaron a evaluar el impacto de las condiciones del suelo y las prácticas de fitorremediación en la planta de *Chrysopogon zizanioides*.

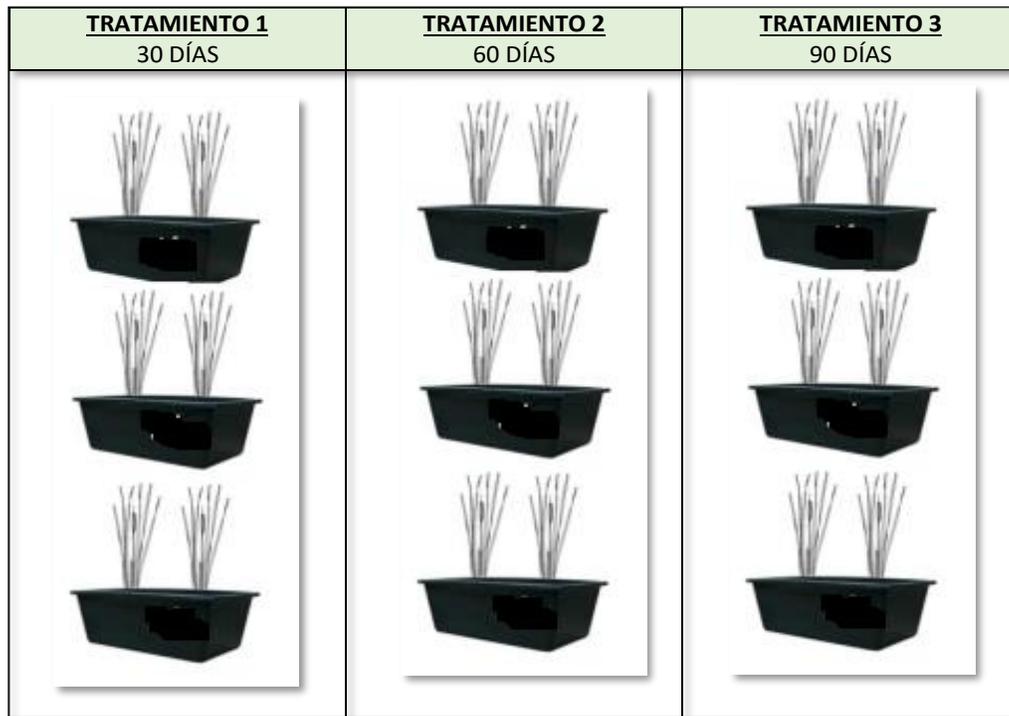


Figura 1. Esquema representativo de las unidades experimentales para cada tratamiento.

Etapa de monitoreo del proceso de post experimentación: Esta etapa del proceso de investigación involucró la evaluación periódica de las condiciones de las plantas y del suelo a lo largo del tiempo. A continuación, se resumen las acciones realizadas: Evaluación a los 30, 60 y 90 Días: Se llevaron a cabo evaluaciones a intervalos regulares, específicamente a los 30, 60 y 90 días después de la implementación del proceso de fitorremediación. Durante estas evaluaciones, se recogieron muestras representativas de cada macetero de 1 kilogramo para analizar la reducción de la concentración de metales pesados en el suelo. Estas muestras se tomaron siguiendo la misma metodología empleada en la etapa de caracterización inicial. Rotulado y Envío al Laboratorio: Las muestras de suelo fueron extraídas, rotuladas y luego enviadas al laboratorio certificado Xertek Life S.A.C para llevar a cabo los análisis correspondientes. Este proceso fue esencial para evaluar la eficacia de la fitorremediación en la reducción de la concentración de metales pesados en el suelo. Medidas Biométricas: Además de la evaluación del suelo, se realizaron medidas biométricas en las plantas a los mismos intervalos de tiempo (30, 60 y 90 días). Estas medidas incluyeron la evaluación del tamaño de la raíz principal y del tamaño total de la planta. Se utilizó una cinta métrica o wincha como instrumento de medida. El seguimiento regular de las plantas y el suelo a lo largo del experimento fue esencial para determinar si el proceso de fitorremediación estaba teniendo un impacto positivo en la reducción de la concentración de metales pesados en el suelo y si hubo variaciones morfológicas en el crecimiento de las plantas. Estos datos fueron cruciales para evaluar el éxito de la fitorremediación y extraer conclusiones significativas sobre el proceso.

Método de análisis de datos: La descripción de cómo se analizaron los datos en la investigación demostró una aproximación detallada a la metodología y las herramientas utilizadas. A continuación, se resumen las acciones clave en el proceso de análisis de datos: Medida de Tendencia Central: Se utilizó la media como medida de tendencia central en los análisis descriptivos. La media fue un indicador comúnmente empleado para resumir los datos y proporcionó una idea de la tendencia central de los valores observados. Comparación con Estándares: Se compararon los resultados obtenidos con los ECAS suelo normados en el Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM, específicamente para el parámetro de concentración de cadmio. Esta comparación permitió evaluar si los niveles de cadmio en el suelo cumplían con los estándares ambientales. Fórmula para Determinar

Eficiencia: Para evaluar la eficiencia del *Chrysopogon zizanioides* en la remoción de metales pesados, se empleó la fórmula $E = (C_i - C_f) / C_i \cdot 100$, donde:

- C_i representó la concentración inicial.
- C_f representó la concentración final.

Prueba ANOVA: Se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) en la evaluación de la hipótesis planteada en el estudio. Se utilizó un diseño completamente al azar con un nivel de significancia (alfa) de 0.05. El ANOVA se utilizó para comparar las diferencias entre grupos y determinar si existían diferencias estadísticamente significativas. **Elaboración de Gráficos:** Los gráficos se generaron utilizando el programa Microsoft Excel 2019. Los gráficos fueron útiles para visualizar los resultados de manera clara y comprensible. **Herramienta de Análisis Estadístico:** Para realizar el análisis estadístico, se utilizó el programa IBM SPSS Versión 26. Esta es una herramienta comúnmente utilizada para realizar análisis estadísticos avanzados y obtener resultados precisos

Aspectos éticos: En el contexto de esta investigación, se han adoptado principios éticos fundamentales para garantizar la integridad y el bienestar de los participantes. El principio de no maleficencia asegura que ningún participante enfrentará riesgos ni daños durante el proceso experimental. Asimismo, se prioriza el principio de beneficencia, comprometiéndonos a compartir los resultados de manera transparente y beneficiosa para la comunidad académica y la sociedad en general. Además, se sigue rigurosamente la guía de investigación formativa aprobada por la RESOLUCIÓN DEL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN N°061-2023-VI-UCV, que establece los estándares éticos y metodológicos necesarios para la realización de este estudio. Se enfatiza también el respeto irrestricto al derecho de autor, garantizando una adecuada citación de todas las fuentes utilizadas, conforme a las normas establecidas por la APA en su séptima edición. Este enfoque ético integral no solo fortalece la validez y la credibilidad de la investigación, sino que también protege los derechos y el bienestar de todos los involucrados, contribuyendo así al avance responsable del conocimiento científico

III. RESULTADOS

3.1. Nivel inicial de metales pesados en el suelo del botadero municipal Alfaro

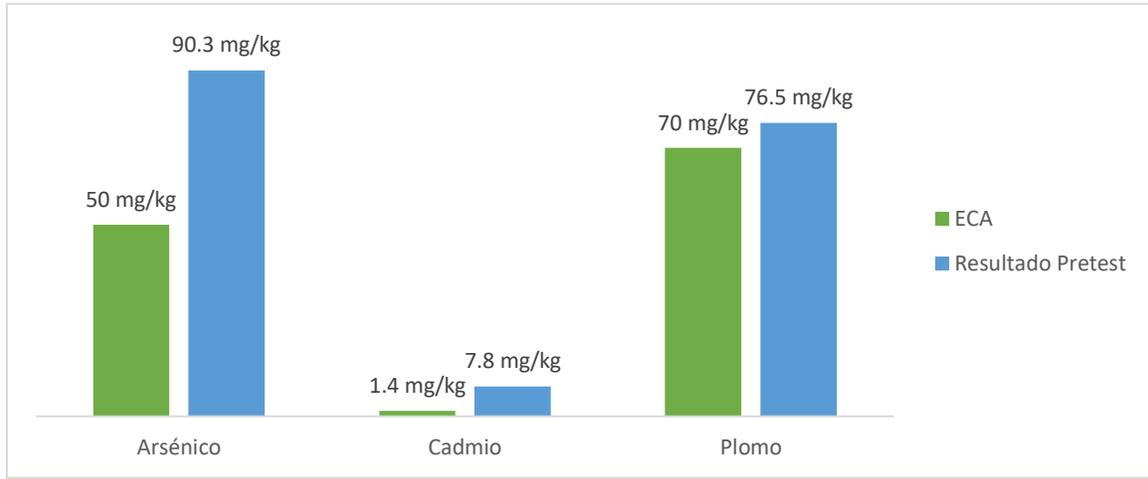


Figura 2. Nivel inicial de metales pesados presentes en el suelo del botadero municipal “Alfaro” del distrito de Soritor en relación a los estándares de calidad de suelo de categoría suelo agrícola

Nota. Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio

Interpretación:

Los resultados iniciales en la presente investigación evidencian que en el marco de los ECAS de suelo establecidos en el Decreto Supremo 011-2017-MINAM, se evidencia que los parámetros inorgánicos como arsénico, cadmio y plomo sobrepasan los niveles establecidos en el marco normativo en mención. Este hallazgo es preocupante debido a la alta toxicidad de arsénico, cadmio y plomo, que pueden causar graves efectos en la salud humana y el medio ambiente. Estos resultados destacan la necesidad urgente de implementar medidas de remediación y control para mitigar estos riesgos.

Nivel de desarrollo vegetativo del *Chrysopogon Zizanioides*, en suelos contaminados con metales pesados

Tabla 1. Nivel de desarrollo vegetativo promedio del *Chrysopogon Zizanioides*, en suelos contaminados con metales pesado

Tiempo	Tamaño inicial	Tamaño Final	Variación
30 días	20.59 cm	24.28 cm	3.69 cm
60 días	20.87 cm	27.78 cm	6.93 cm
90 días	20.79 cm	31.20 cm	10.41cm

Fuente: Resultados extraídos de la ficha de registros

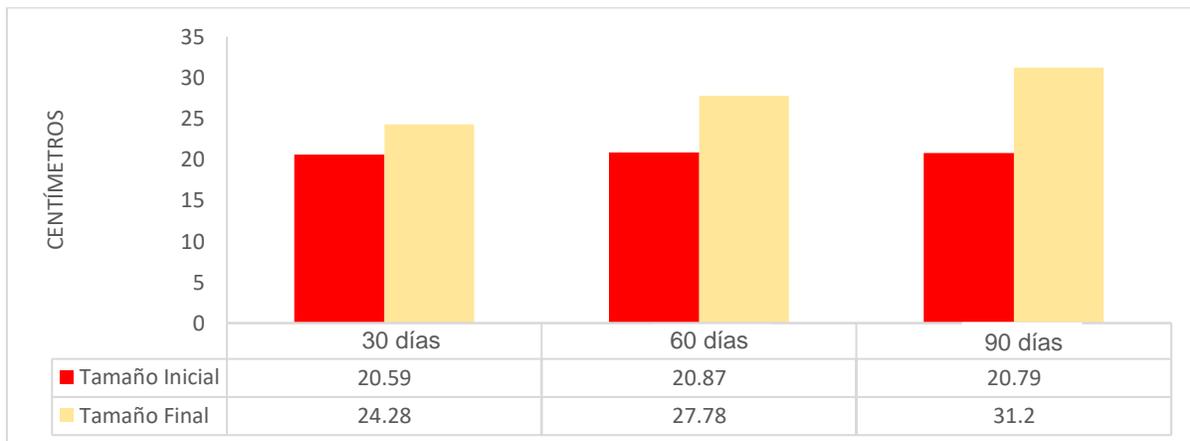


Figura 3. Nivel de desarrollo vegetativo promedio del *Chrysopogon Zizanioides*, en suelos contaminados con metales pesados

Fuente: Resultados extraídos de la ficha de registros

Interpretación:

En la Tabla 1 y Figura 3, se evidencia el nivel de desarrollo vegetativo promedio del *Chrysopogon Zizanioides* en suelos contaminados con metales pesados. Los resultados muestran que el *Chrysopogon Zizanioides* se adapta y acelera su desarrollo en suelos contaminados con metales pesados a medida que transcurre el tiempo. A los 30 días, las plántulas presentan una variación de 3.69 cm en su desarrollo vegetativo. A los 60 días, esta variación aumenta a 6.93 cm, y finalmente, a los 90 días, se observa una variación significativa de 10.41 cm. Esto evidencia que el crecimiento de la planta se incrementa notablemente con el tiempo, sugiriendo una adaptación progresiva a las condiciones adversas del suelo.

3.2. Determinación de los días óptimos para la remoción de metales pesados en suelos contaminados

Tabla 2. Determinación de los días óptimos para la remoción de cadmio

HSD Tukey ^{a,b}				
		Subconjunto		
Días	N	1	2	
30 días	3	2,9000		
60 días	3	3,6167		
90 días	3		5,9500	
Sig.		,254	1,000	

Fuente: Datos extraídos del programa SPSS Versión 26.

Interpretación:

En la figura 4 se observa que los días dedicados al proceso de fitorremediación resultan en una reducción de cadmio en el suelo del botadero Alfaro, ubicado en el distrito de Soritor. Se destaca que un mayor tiempo de tratamiento corresponde a una mayor disminución de cadmio. Sin embargo, incluso después de 30, 60 y 90 días de tratamiento, la concentración de cadmio sigue superando los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo. La prueba de Tukey indica que los diferentes tratamientos presentan resultados distintos, siendo el proceso de fitorremediación de 90 días el que muestra los resultados más destacados

Tabla 3. Determinación de los días óptimos para la remoción de arsénico

		HSD Tukey ^{a,b}	
		Subconjunto	
Días	N	1	2
30 días	3	57,8667	
60 días	3	65,1667	65,1667
90 días	3		78,6667
Sig.		,297	1,000

Fuente: Datos extraídos del programa SPSS Versión 26.

Interpretación:

En la figura 5 se observa que los días dedicados al proceso de fitorremediación resultan en una reducción de arsénico en el suelo del botadero Alfaro, ubicado en el distrito de Soritor. Se destaca que un mayor tiempo de tratamiento se asocia con una mayor disminución de arsénico. Sin embargo, incluso después de 30, 60 y 90 días de tratamiento, la concentración de cadmio sigue superando los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo. La prueba de Tukey indica que los diferentes tratamientos presentan resultados distintos, siendo el proceso de fitorremediación de 90 días el que muestra los resultados más notables.

Tabla 4. Determinación de los días óptimos para la remoción de plomo Tabla

		HSD Tukey ^{a,b}		
Días	N	1	Subconjunto 2	3
30 días	3	54,2333		
60 días	3		62,6000	
90 días	3			72,6333
Sig.		1,000	1,000	1,000

Interpretación:

En la figura 6 se puede observar que el tiempo dedicado al proceso de fitorremediación conlleva una reducción de plomo en el suelo del botadero Alfaro, ubicado en el distrito de Soritor. Es notable que un mayor tiempo de tratamiento se asocia con una disminución más significativa de plomo. Sin embargo, incluso después de 30, 60 y 90 días de tratamiento, la concentración de plomo sigue superando los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo. La prueba de Tukey revela que los distintos tratamientos presentan resultados significativamente diferentes, siendo el proceso de fitorremediación de 90 días el que muestra las reducciones más destacadas.

3.3. Eficiencia del *Chrysopogon Zizanioides* en la reducción de metales pesados en suelos contaminados

Tabla 5. Eficiencia del *Chrysopogon Zizanioides* en la reducción de metales pesados en suelos contaminados.

Tiempo	Cantidad de metal inicial T0	Final Promedio	Eficiencia
Cadmio			
30 días		6.0 %	23.72 %
60 días	7.	3.6 %	53.6 %
90 días		2.9 %	62.82 %
Arsénico			
30 días		78.7 %	12.88 %
60 días	90.3	65.2 %	27.8 %
90 días		57.9 %	35.92 %
Plomo			
30 días		72.6 %	5.05 %
60 días	76.5	65.2 %	18.2 %
90 días		54.2 %	29.15 %

Fuente: Resultados extraídos de los análisis de laboratorio

Interpretación:

En el análisis presentado en la tabla 9, se puede observar claramente el grado de reducción de metales pesados a lo largo del período de estudio. Los datos revelan una tendencia hacia la disminución en los niveles de cadmio, arsénico y plomo con el paso del tiempo. Es notable destacar que, al alcanzar los 90 días de evaluación, se evidencia una reducción considerable en la concentración de estos elementos: un 62.82% para el cadmio, un 35.92% para el arsénico y un 29.15% para el plomo.

Estos resultados sugieren una eficacia creciente del tratamiento aplicado, lo que respalda la efectividad de las medidas implementadas para mitigar la contaminación por metales pesados en el entorno analizado.

3.4. Prueba de hipótesis

Hipótesis nula: El *Chrysopogon Zizanioides* no tiene la capacidad para la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero Alfaro, Soritor, 2024.

Hipótesis alterna: El *Chrysopogon Zizanioides* tiene la capacidad para la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero Alfaro, Soritor, 2024.

Tabla 6. Pruebas de efectos Inter sujetos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	23621,972 ^a	8	2952,747	271,18 4	,000
Intersección	54306,623	1	54306,623	4987,5 97	,000
Días	907,520	2	453,760	41,674	,000
Parámetro	22429,303	2	11214,651	1029,9 70	,000
Días Parámetro	285,149	4	71,287	6,547	,002
Error	195,990	18	10,888		
Total	78124,585	27			
Total corregido	23817,962	26			

a. R al cuadrado = ,992 (R al cuadrado ajustada = ,988)

Interpretación:

Los resultados del análisis de varianza de efectos inter-sujetos indican un modelo altamente significativo ($F(8, 18) = 271,184$, $p < 0,001$), con un coeficiente de determinación (R al cuadrado) de 0,992, lo que significa que el modelo explica aproximadamente el 99,2% de la variabilidad en los datos. Tanto la variable "Días" ($F(2, 18) = 41,674$, $p < 0,001$) como el "Parámetro" ($F(2, 18) = 1029,970$, $p < 0,001$), junto con su interacción ($F(4, 18) = 6,547$, p

= 0,002), muestran efectos significativos en el resultado. Estos hallazgos sugieren que tanto el tiempo como el valor del parámetro tienen una influencia directa en el resultado, con una interacción entre ambos factores. Además, el modelo es robusto, como lo demuestra la alta R al cuadrado ajustada (0,988). Por lo tanto, se logra concluir que el *Chrysopogon Zizanioides* tiene la capacidad para la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero Alfaro, Soritor, 2024.

IV. DISCUSIÓN

La presencia de metales pesados en el recurso edáfico es un problema significativo que puede tener consecuencias graves para el medio ambiente y la salud humana. Se ha observado que la presencia de estos metales puede obstaculizar el proceso natural de biodegradación de compuestos orgánicos en el suelo (Maslin y Maier, 2000, p.12). Esta situación plantea una serie de riesgos y peligros tanto para los seres humanos como para los distintos componentes del ecosistema. La contaminación del suelo con metales pesados puede tener impactos negativos en los recursos hídricos, especialmente en las aguas subterráneas. Los metales pesados presentes en el suelo pueden lixiviar y contaminar los acuíferos subterráneos, lo que no solo afecta la calidad del agua para consumo humano, sino que también puede tener consecuencias devastadoras para los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad. Otro aspecto importante es el impacto en la calidad de los alimentos. La presencia de metales pesados en el suelo puede afectar la absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que puede disminuir la calidad nutricional de los alimentos cultivados en suelos contaminados. Además, la fitotoxicidad causada por estos metales puede afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que reduce la productividad agrícola y la disponibilidad de alimentos.

En este contexto, es crucial buscar soluciones efectivas para remediar la contaminación por metales pesados en el suelo. Entre las soluciones más prometedoras se encuentra el uso de plantas hiperacumuladoras. Estas plantas, como la *Chrysopogon zizanioides* (también conocida como vetiver), tienen la capacidad de acumular grandes cantidades de metales pesados en sus tejidos, lo que las convierte en herramientas valiosas para la descontaminación del suelo. Según Baker et al. (1994), las plantas hiperacumuladoras pueden extraer metales pesados de suelos contaminados, un proceso conocido como fitoextracción, que ayuda a reducir la concentración de estos contaminantes y restaura la salud del suelo y del ecosistema en general (Baker, et al., 1994.). La *Chrysopogon zizanioides* ha demostrado ser particularmente eficaz en la remoción de metales pesados debido a su sistema de raíces profundas y su capacidad para acumular contaminantes en sus tejidos a concentraciones muy altas (Yadav, 2010). Esta capacidad es fundamental para procesos de fitoextracción, como se ha documentado en estudios recientes que destacan su eficacia en suelos contaminados por metales pesados (Gardea-Torresdey, J.L., et al., 2005. Phytoremediation of Heavy Metals. The Science of the Total Environment). En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo

evaluar la capacidad de la *Chrysopogon zizanioides* para remover metales pesados de suelos contaminados por los lixiviados del vertedero Alfaro, en Soritor, durante el año 2024. Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan al desarrollo de estrategias efectivas para mitigar los impactos de la contaminación por metales pesados en el medio ambiente y proteger la salud de las comunidades afectadas (McGrath, S.P., et al., 2021).

Los resultados iniciales indican que los niveles de arsénico, cadmio y plomo en los suelos evaluados superan los límites establecidos en el marco normativo del Decreto Supremo 011-2017-MINAM. Este hallazgo es particularmente alarmante debido a la alta toxicidad de estos metales y su capacidad para causar graves efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente. Según la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA), la exposición prolongada a estos metales pesados puede resultar en efectos graves como cáncer, daño a órganos y trastornos neurológicos (EPA, 2020). Estos hallazgos resaltan la urgente necesidad de implementar medidas de remediación y control para mitigar los riesgos asociados con la contaminación por arsénico, cadmio y plomo en los suelos. Las medidas recomendadas incluyen la limpieza y remoción de suelos contaminados, la implementación de prácticas agrícolas seguras, la educación pública sobre los peligros de la exposición a estos metales, y la regulación más estricta de las actividades industriales que contribuyen a la contaminación del suelo (Baker, A.J.M., et al., 2019.).

Es interesante mencionar la perspectiva de Aikpokpodion (2012) sobre la presencia de metales pesados en el suelo, que destaca tanto las causas naturales como las antropogénicas de la contaminación. Aikpokpodion señala que las actividades humanas, incluidas las prácticas agrícolas e industriales, pueden tener un impacto significativo en los ciclos biológicos y geoquímicos, contribuyendo a la acumulación de metales pesados en el suelo. Estas actividades pueden alterar los procesos naturales de transporte y depósito de metales pesados, exacerbando la contaminación y complicando los esfuerzos de remediación.

El desarrollo vegetativo medio de *Chrysopogon zizanioides* en suelos contaminados con metales pesados se destaca. Los resultados revelan que esta especie se adapta y acelera su crecimiento en estos suelos con el paso del tiempo. A los 30 días, las plántulas muestran un aumento de 3.69 cm en su desarrollo, incrementándose a 6.93 cm a los 60 días y alcanzando una variación significativa de 10.41 cm a los 90 días. Este aumento progresivo evidencia una

adaptación continua a las condiciones adversas del suelo. Los hallazgos sugieren que *Chrysopogon zizanioides* exhibe una notable capacidad de adaptación a suelos con presencia de metales pesados. La adaptabilidad observada en *Chrysopogon zizanioides* se alinea con estudios previos sobre la respuesta de las plantas a suelos contaminados. Barrios y Garcilaso (2019) observan un aumento de 3 cm en la altura de la higuera en aproximadamente 30 días bajo condiciones similares de contaminación, lo que resalta una respuesta positiva al estrés del suelo contaminado (Barrios y Garcilaso, 2019). Este fenómeno de adaptación es consistente con la observación de Chico (2012), quien sostiene que la presencia de distintas concentraciones de metales pesados no afecta negativamente el crecimiento de ciertas plantas, indicando que algunas especies tienen la capacidad de tolerar y prosperar en condiciones adversas. Estos resultados subrayan la utilidad potencial de *Chrysopogon zizanioides* en procesos de fitoextracción y remediación de suelos contaminados, debido a su capacidad para adaptarse y crecer en condiciones de alta contaminación por metales pesados, lo cual puede ser clave para el desarrollo de estrategias efectivas de manejo

Los datos de la investigación revelan una clara tendencia hacia la disminución en los niveles de cadmio, arsénico y plomo con el tiempo. A los 90 días de evaluación, se observa una reducción significativa en la concentración de estos elementos contaminantes: un 62.82% para el cadmio, un 35.92% para el arsénico y un 29.15% para el plomo. Estos resultados destacan la eficacia del tratamiento aplicado, sugiriendo que las medidas adoptadas han sido efectivas para mitigar la contaminación por metales pesados en el área analizada. En referencia a estos hallazgos, es pertinente considerar el estudio de Giraldez (2019), quien investigó la eficiencia de *Medicago sativa* en la eliminación de cadmio. Giraldez reporta que *Medicago sativa* muestra una capacidad de eliminación de cadmio del 34.03%. Este dato es relevante para nuestro análisis, ya que proporciona una base comparativa para evaluar la eficacia de *Medicago sativa* en nuestro contexto específico. La eficacia reportada por Giraldez es consistente con nuestros hallazgos, sugiriendo que *Medicago sativa* puede ser una opción viable para la remediación de suelos contaminados con cadmio, aunque los resultados obtenidos en nuestra investigación muestran una mayor eficacia en la reducción del cadmio en comparación con el estudio de Giraldez.

Además, el estudio de Paredes (2020) concluye que el eucalipto puede eliminar hasta un 50.5% del cadmio presente en suelos de relaves mineros. Este hallazgo resalta al eucalipto como una opción particularmente eficaz para la remediación de suelos contaminados con cadmio, siendo superior a *Medicago sativa*. La alta capacidad de eliminación del eucalipto podría explicar la mayor eficacia observada en nuestra investigación, y sugiere que el eucalipto podría ser preferible en situaciones donde se requiere una remediación más agresiva. En contraste, Morales y Rivera (2021) ofrecen una perspectiva adicional al reportar que *Phytolacca americana* puede eliminar hasta un 40% del cadmio en suelos contaminados. Este estudio sitúa a *Phytolacca americana* en una posición intermedia en comparación con *Medicago sativa* y el eucalipto, lo que sugiere que, aunque no es tan eficaz como el eucalipto, *Phytolacca americana* sigue siendo una opción relevante para la remediación de suelos contaminados. El estudio de Torres y González (2022) sobre la remediación de suelos con *Artemisia absinthium* indica que esta planta puede reducir la concentración de plomo en hasta un 25%. Aunque la reducción observada en el caso del plomo es menor comparada con la disminución en nuestra investigación, este hallazgo es significativo para entender cómo diferentes especies vegetales pueden abordar distintos tipos de metales pesados. La capacidad de *Artemisia absinthium* para manejar plomo resalta la importancia de considerar el tipo de metal y las características específicas de cada planta en la selección de especies para la fitorremediación. La investigación de Gallardo (2019) también es relevante en este contexto, ya que coincide en la búsqueda de alternativas vegetales para la fitorremediación. Gallardo destaca la capacidad de ciertas plantas para absorber y eliminar metales pesados del suelo, pero también señala que la eficacia puede variar significativamente entre especies y contextos. Esta observación apoya nuestra elección de *Chrysopogon zizanioides* como una alternativa viable para la remediación, ya que también muestra cualidades favorables para la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados. En comparación con los estudios de Giraldez, Paredes, Morales y Rivera, y Torres y González, los resultados de nuestra investigación sugieren que *Chrysopogon zizanioides* presenta una opción prometedora para la restauración del área del antiguo vertedero de Tunchiyacu. La capacidad de *Chrysopogon zizanioides* para remediar suelos contaminados por lixiviados destaca su potencial como una alternativa económica y eficaz para la restauración de terrenos afectados por metales pesados. Este hallazgo ofrece una base sólida

para futuras investigaciones sobre la eficacia de diferentes plantas en la fitorremediación, considerando las condiciones específicas del sitio y los tipos de metales presentes.

Paredes (2020) concluye que el eucalipto puede eliminar hasta un 50.5% del cadmio presente en suelos de relaves mineros, lo que sugiere que esta especie es particularmente eficaz en la remediación de suelos contaminados con cadmio. Estos resultados resaltan al eucalipto como una opción destacada para la fitorremediación en comparación con *Medicago sativa*, y podrían explicar la mayor eficacia observada en la reducción del cadmio en nuestra investigación. En contraste, el estudio de Morales y Rivera (2021) ofrece una perspectiva adicional sobre la remediación de metales pesados. Morales y Rivera encontraron que el uso de *Phytolacca americana* puede eliminar hasta un 40% del cadmio en suelos contaminados, lo que sitúa a esta planta en una posición intermedia entre *Medicago sativa* y el eucalipto en términos de eficacia. Este hallazgo sugiere que, aunque *Medicago sativa* y eucalipto muestran una mayor capacidad de eliminación, *Phytolacca americana* también puede ser una opción válida en la remediación de suelos contaminados. Además, el estudio de Torres y González (2022) sobre la remediación de suelos con *Artemisia absinthium* indica que esta planta puede reducir la concentración de plomo en hasta un 25%. Aunque esta cifra es menor en comparación con la reducción observada en nuestra investigación, es importante considerar que la eficacia de las plantas puede variar dependiendo del tipo de metal pesado y de las condiciones del suelo.

El análisis de estos estudios sugiere que *Medicago sativa* posee características similares a *Gynerium sagittatum* en cuanto a la eliminación de cadmio, mientras que el eucalipto muestra una eficacia superior. Además, la investigación de Gallardo (2019) coincide en la búsqueda de alternativas vegetales para la fitorremediación, destacando la capacidad de ciertas plantas para absorber y eliminar metales pesados del suelo. No obstante, Gallardo también señala que la elección de la planta adecuada puede depender de las características específicas del sitio contaminado. Los resultados de nuestra investigación sugieren que *Chrysopogon zizanioides* tiene cualidades favorables para la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados, posicionándola como una alternativa viable y económica para la restauración del área del antiguo vertedero de Tunchiyacu. Comparado con las especies estudiadas por Giraldez, Paredes, Morales y Rivera, y Torres y González, *Chrysopogon zizanioides* podría ofrecer ventajas adicionales en términos de costos y efectividad en contextos específicos. En

conclusión, los estudios revisados proporcionan una visión amplia sobre las opciones disponibles para la fitorremediación de suelos contaminados, cada uno con sus propias fortalezas y limitaciones. La comparación de estos estudios con nuestros resultados destaca la importancia de seleccionar la planta adecuada según las condiciones particulares del sitio y el tipo de metal pesado presente.

Los datos muestran una tendencia hacia la disminución en los niveles de cadmio, arsénico y plomo con el paso del tiempo. Destaca que, al llegar a los 90 días de evaluación, se observa una reducción significativa en la concentración de estos elementos: un 62.82% para el cadmio, un 35.92% para el arsénico y un 29.15% para el plomo. Estos resultados indican una mayor eficacia del tratamiento aplicado, respaldando así la efectividad de las medidas adoptadas para mitigar la contaminación por metales pesados en el área analizada. En referencia a estos hallazgos, es relevante mencionar el estudio de Giraldez (2019), quien reporta que *Medicago sativa* muestra una eficiencia del 34.03% en la eliminación de cadmio. Además, Paredes (2020) concluye en su investigación que el eucalipto puede eliminar hasta un 50.5% del cadmio presente en suelos de relaves mineros. Según los resultados obtenidos, podemos inferir que *Medicago sativa* tiene características similares a *Gynerium sagittatum* en cuanto a la eliminación de cadmio, mientras que el eucalipto muestra una eficacia más destacada. Adicionalmente en relación a la investigación de Gallardo (2019) ambos enfoques coinciden en la búsqueda de alternativas vegetales para la fitorremediación, reconociendo la capacidad de ciertas plantas para absorber y eliminar metales pesados del suelo. Sin embargo, difieren en las especies vegetales propuestas y en las áreas geográficas de aplicación. Los resultados de esta investigación sugieren que *Chrysopogon Zizanioides* posee cualidades favorables para la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados, lo que la convierte en una alternativa viable y económica para la restauración del área del antiguo vertedero de Tunchiyacu.

V. CONCLUSIONES

- Los resultados del análisis de varianza de efectos inter-sujetos, es evidente que el modelo propuesto es altamente significativo, con una probabilidad p muy baja, lo que sugiere una alta confianza en los resultados obtenidos. Por lo tanto, a partir de estos hallazgos, se puede concluir con confianza que el *Chrysopogon Zizanioides* posee la capacidad para la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero Alfaro, Soritor, 2024.
- Los hallazgos iniciales de la investigación muestran que los niveles de arsénico, cadmio y plomo en el suelo exceden los estándares establecidos por la normativa vigente. Esta situación es preocupante debido a la alta toxicidad de estos elementos y sus efectos nocivos en la salud humana y el medio ambiente. Se destaca la urgente necesidad de implementar medidas de remediación y control para mitigar estos riesgos y proteger tanto la salud pública como el entorno natural.
- Los resultados indican que el *Chrysopogon Zizanioides* muestra un aumento significativo en su desarrollo vegetativo en suelos contaminados con metales pesados a lo largo del tiempo. A los 30 días, se registra una variación de 3.69 cm, que aumenta a 6.93 cm a los 60 días y finalmente alcanza una variación significativa de 10.41 cm a los 90 días. Esto sugiere una adaptación progresiva de la planta a las condiciones adversas del suelo, demostrando su capacidad para acelerar su crecimiento incluso en ambientes contaminados.
- Los datos muestran una tendencia hacia la disminución en los niveles de cadmio, arsénico y plomo a medida que transcurre el tiempo. Se observa una reducción considerable en la concentración de estos elementos al alcanzar los 90 días de evaluación: un 62.82% para el cadmio, un 35.92% para el arsénico y un 29.15% para el plomo. Estos resultados sugieren una mayor eficacia del tratamiento aplicado con el tiempo, respaldando la efectividad de las medidas implementadas para mitigar la contaminación por metales pesados en el entorno analizado

VI. RECOMENDACIONES

- Basándonos en resultados sólidos, se recomienda emplear el *Chrysopogon Zizanioides* para remover metales pesados en suelos contaminados del botadero Alfaro, Soritor, 2024. Se sugiere realizar más estudios para garantizar su eficacia a largo plazo y minimizar impactos negativos en el ecosistema, promoviendo así la sostenibilidad y posibles beneficios económicos y sociales para la comunidad local.
- Dada la preocupante situación de contaminación del suelo con arsénico, cadmio y plomo, se recomienda de manera urgente implementar medidas de remediación y control para mitigar los riesgos asociados. Se sugiere iniciar un programa integral de limpieza del suelo que incluya técnicas de remediación como la fitoextracción, que ha demostrado ser efectiva para la absorción de metales pesados por plantas como el *Chrysopogon Zizanioides*. Además, se deben establecer sistemas de monitoreo continuo para evaluar la efectividad de las acciones tomadas y garantizar la protección a largo plazo de la salud pública y el medio ambiente.
- Dado el evidente aumento en el desarrollo vegetativo del *Chrysopogon Zizanioides* en suelos contaminados con metales pesados a lo largo del tiempo, se recomienda explorar el potencial de esta planta como una herramienta efectiva en programas de rehabilitación de suelos contaminados. Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales para evaluar su capacidad para la extracción de metales pesados y su impacto en la mejora de la calidad del suelo a largo plazo. Además, se insta a considerar la implementación de ensayos a mayor escala para confirmar la viabilidad y eficacia de esta planta en diferentes condiciones ambientales y tipos de suelo contaminado.
- Es crucial mantener un registro detallado de los cambios en los niveles de contaminantes y su relación con el tiempo, lo que permitirá ajustar las estrategias de remediación según sea necesario. Además, se insta a realizar estudios adicionales para comprender mejor los procesos de remoción de metales pesados y su impacto a largo plazo en el medio ambiente local. Esta información no solo beneficiará la gestión ambiental de la zona en cuestión, sino que también puede proporcionar valiosas lecciones para enfrentar problemas similares en otras áreas. Por último, se recomienda compartir estos hallazgos con las autoridades pertinentes y la comunidad local para fomentar la colaboración y la conciencia sobre la importancia de la protección ambiental y la gestión responsable de los recursos naturales.

REFERENCIAS

ÁLVAREZ, María. Tratamiento de suelos contaminados por metales mediante combinación de técnicas de fitorremediación con adición de biochar. Tesis (Doctor en ciencias ambientales). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2019. Disponible en: <https://oa.upm.es/55865/>

ÁLVAREZ, Alexander; SUAREZ, John. Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario “El Guayabal” de la ciudad San José de Cúcuta, Colombia. 2006. Ingeniería y Desarrollo [en línea]. Julio - diciembre, 2006, n.º 20. [Fecha de consulta: 06 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/852/85202007.pdf>

CARLESSI, Hugo, REYES, Carlos y MEJÍA, Katia. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Perú: Universidad Ricardo Palma, 2018. 147 pp. ISBN 978-612-47351-4-1

COLLAZOS, Hugo. Diseño y operación de rellenos sanitarios. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2013. ISBN 978-958-8726-12-0.

COYAGO, Elena y BONILLA, Sara. Cinética de absorción de plomo en especies vegetativas previo a procesos de fitorremediación de suelos altamente contaminados. Revista Alfa [en línea]. Enero- abril 2019, n.º 7. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2023]. Disponible en https://doi.org/10.33996/revis_taalfa.v3i7.54

CHUCOS, Angie. Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero “El Porvenir” - El Tambo. Tesis (Licenciatura Ingeniería Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2020. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8794/4/IV_FIN_107_TI_Chucos_Palomino_2020.pdf

Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 02 de diciembre de 2017.

DÍAZ, Benny. Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero Municipal del Distrito de San Pablo-201. Tesis (Licenciatura Ingeniería Ambiental). Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31560/D%c3%adaz_FBW.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EHRIG, Hugo. Water and element balances of landfills. Earth Sciences, The Landfill, Springer-Verlag Press. USA, 1989.

FERRUA, Schauny y AIMITUMA, Katheryne. Potencial fitorremediador de especie *Amaranthus caudatus* como alternativa para suelo contaminado con plomo y cromo. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2437>

FLORES, Blanca. Fitorremediación con enmiendas orgánicas en suelos contaminados con metales pesados por el complejo metalúrgico la Oroya, Junín. Tesis (Licenciatura Ingeniería ambiental). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2022. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/0a8cdcd9-ba4c-4fe2-8d0d-278972d7bfab>

GALLARDO, Santiago. Propuesta de Fitorremediación en suelos contaminados con metales pesados mediante la utilización de *Helianthus annuus* L en Camilo Ponce Enríquez, Azuay, Ecuador. Tesis (Licenciatura en ingeniería ambiental). Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador, 2019. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GALLARDO%20QUINTEROS%20AHOMED%20SANTIAGO.pdf>

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación científica. 6. a ed. Mexico: MCGRAW-HILL, 2018, 699 pp. ISBN 9781456223960

JIMENEZ, Kimberly y MASQUEZ, Manuel. Evaluación de un proceso de fitorremediación en suelo proveniente del municipio de Guamal, Meta, contaminado por desechos de fluidos de perforación base agua con altos contenidos de metales pesados. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Química) Bogotá: Universidad de América, 2022. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8856/1/6162014-2022-1-IP.pdf>

JULCA, Jack. Capacidad fitorremediadora del maíz y el girasol en suelos contaminados del botadero municipal de Lucma. Tesis (Licenciatura en ingeniería ambiental). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2022. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31486>

LIU, Lianwen, et al. Remediation techniques for heavy metal- contaminated soils: principles and applicability. *Revista Science of the total environment* [en línea]. Agosto 2018, n.º 15. [Fecha de consulta: 06 de setiembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.161>

LIZCANO, Janeth. Análisis teórico de las técnicas mixtas de nano-biorremediación en la recuperación de suelos contaminados con metales pesados. Tesis (Licenciatura en Química Ambiental). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2020. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38436>

MAGO, Alejandro. y MURO, Sergio. Malezas con potencial para la fitorremediación de suelo contaminado con plomo del botadero de residuos sólidos municipales de Reque, Lambayeque. Tesis (Licenciatura en biología). Lambayeque: Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2022. Disponible en: <http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.06.01>

MERKL, Nicole. Assessment of tropical grasses and legumes for Phytoremediation of petroleum-contaminated soils. *Water Air Soil Poll.* [en línea]. julio, 2004, n.º 3. [Fecha de consulta: 04 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-005-4979-y>

MINAM. Estándares de calidad del suelo [En línea]. Perú. 2017 [fecha de consulta: 01 de mayo de 2020]. Categoría 4. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/apruebanestandares-calidad-ambiental-eca-suelo-establecen-disposiciones>.

MITTON, Francesa, et al. Assessment of tolerance and efficiency of crop species in the phytoremediation of DDT polluted soils. *Ecological Engineering* [en línea]. Octubre, 2014, n.º 71. [Fecha de consulta: 04 de setiembre de 2023]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.07.069>

MUNIVE, Rubén, et al. Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. *Scientia Agropecuaria* [en línea]. Diciembre, 2019, n.º 4. [Fecha de consulta: 06 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/2186>

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. Resolución N.º 00020-2023-OEFA/DSIS: Inventario nacional de áreas degradadas por residuos sólidos municipales [en

línea]. Perú, 2018. [Fecha de consulta: 2 de octubre 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/oefa/normas-legales/218183-026-2018-oefa-c>

ORIHUELA, Julio. Manual sobre el uso y manejo del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). Organización Panamericana De La Salud [en línea]. 2007, 37. [Fecha de consulta: 27 de setiembre de 2023] Disponible en: http://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf

PAREDES, Paola y RODRÍGUEZ, Joselin. Revisión sistemática: Especies vegetales en la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2020. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64119>

PLAZA, María. Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados debido al cultivo de maíz (*Zea mays*) en la zona norte de la provincia de Los Ríos. Tesis (Licenciatura en Gestión ambiental). Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2021. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/84a27d91-7984-435c-9a89-bef8ea1068f8>

Resolución Ministerial N° 085-2014-MINAM. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 31 de marzo de 2014.

Resolución de Presidencia N° 090-2021-CONCYTEC-P. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 27 de agosto de 2021.

RIGOLETTO, Mario. Bioremediation Methods for the Recovery of Lead-Contaminated Soils. A Review. Applied Sciences [en línea]. Abril – mayo, 2020, n.° 10 [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/app10103528>

RIOS, Aler y SÁNCHEZ, Bertolt. Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacuatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021. Tesis (Licenciatura Ingeniería Ambiental). Tarapoto: Universidad César Vallejo, 2022. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89237>

SALAMANCA, Angela. Fitorremediación con Brassicaceae y Apiaceae en suelos contaminados con metales pesados. Revista Biología Tropical [en línea]. enero– diciembre 2023, n.° 2 [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.51493>

SAMAMÉ, Fiorella y OSORES, Brayan. Capacidad del *Gynerium sagittatum* para la fitorremediación de suelos de cultivos arroz con metales pesados bajo condiciones controladas, Moyobamba, 2020. Tesis (Licenciatura Ingeniería Ambiental). Moyobamba: Universidad César Vallejo, 2022. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55489?show=full>

SIETE municipalidades provinciales de San Martín carecen de Programa de Segregación de Residuos Sólidos. Contraloría General de la República. 20 de mayo de 2022. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/608540-siete-municipalidades-provinciales-de-san-martin-carecen-de-programa-de-segregacion-de-residuos-solidos>

TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión Integral de Residuos Sólidos. McGraw-Hill.España. 1994-1120 pp. ISBN: 9788448118303.

TRUONG, Percy. Et al. Aplicaciones Del Sistema Vetiver Manual Técnico De Referencia. The Vetiver Network International [en línea]. 2009, 368. Disponible en: http://www.vetiver.org/TVN_manual_spanish_o.pdf

VEGAS, Juan. El uso de Cannabis sativa como especie fitorremediadora de cadmio: una alternativa para revivir el suelo. Caso de estudio finca La Chuqua, Guasca – Cundinamarca. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Ambiental). Cundinamarca: Universidad del Bosque, 2019. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/9430>

VELÁSQUEZ, Johana. Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Revista de investigación agraria y ambiental [en línea]. Enero- junio 2017, n.º 1. [Fecha de consulta: 06 de setiembre de 2023]. Disponible en https://doi.org/10.33996/revis_taalfa.v3i7.54

ANEXOS

Anexo 1

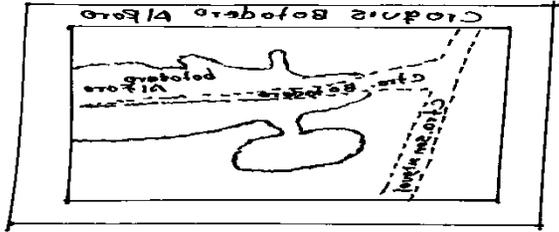
Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de medición
Capacidad del <i>Chrysopogon zizanioides</i>	Las condiciones de experimentación serán medidas por medio de las condiciones de número de plántulas y tiempo óptimo. Para la determinación de la eficiencia de las plantas en la remoción de metales pesados se utilizará la siguiente fórmula: E= $\frac{Ci-Cf}{Ci} \times 100$	Condiciones de experimentación	Densidad poblacional	Número de Plántulas	Razón
			Tiempo optimo	Días	Razón
		Características morfológicas	Tamaño inicial y final de la planta	Cm	Razón
		Eficiencia	Porcentaje de remoción	%	Razón
Remoción de metales pesados	Se analizará la cantidad de metales pesados por medio de la norma EPA Method 6020B (Preparación de muestra: EPA Method 3051A, 2007) para determinar la cantidad de metales en el suelo.	Metales pesados	Metales pesados	mg/Kg	Razón

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos.

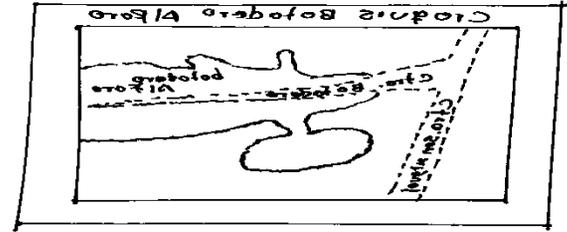
Tabla 8. Ficha de registro de campo

FICHA DE REGISTRO DE CAMPO					
DATOS GENERALES					
Nombre del sitio de estudio	:	Botadero Alfaro	Departamento	:	San Martín
Uso del suelo	:	-----	Provincia	:	Moyobamba
Dirección del predio	:	-----	Distrito	:	Soritor
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO					
Coordenadas UTM	:	6.09°42" S 77.05°34 "O	Muestreadores	:	Altamirano Ramos, Miller Hamilton Enrique Valles Gonzales, Vanessa Estefany
Temperatura	:	28°	Descripción de la superficie	:	5.831,82 m ²
Técnica de muestreo	:	-----	Instrumentos	:	GPS, pala, machete
DATOS DE LA MUESTRA					
Fecha de muestreo	:	10/03/2024	Cantidad de muestra	:	91 kg
Hora de muestreo	:	-----	Medidas de conservación	:	----- -----
Profundidad	:	30 cm	Tipo de muestreo	:	Estratificado

<p>Observaciones</p> <p>-----</p>		<p>Croquis</p> 		

Observaciones

Croquis



Anexo 3

Tabla 9. Ficha de control de crecimiento de planta

Lugar de estudio	Departamento	Provincia	Distrito
Botadero Alfaro	San Martín	Moyobamba	Soritor
Días	Tamaño inicial de la planta		Tamaño final de la planta
30	20.59 cm		24.28 cm
60	20.87 cm		27.78 cm
90	20.79 cm		31.20 cm

Anexo 4. Validación de instrumentos



VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Msc. Alfonso Rojas Bardalez
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Principal – Facultad de Ecología UNSM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Ambiental / Msc. Gestión Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de campo
- 1.5. Autor de Instrumento: Altamirano Ramos, Miller Hamilton Enrique y Valles Gonzales, Vanessa Estefany

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos												X	
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación												X	
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	tomas en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis												X	
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos												X	
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores												X	
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis												X	
10 PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico												X	

III. OPINION DE APLICABILIDAD

✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación



Figura 4. Formato de validación 1



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

II. PROMEDIO DE VALORACION

95

Moyobamba, 01 de diciembre de 2023



M. Sc. Alfonso Rojas Barón
INGENIERO AMBIENTAL
CIP N° 75731

VALIDACION DE INSTRUMENTO

III. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Msc. Alfonso Rojas Bardalez
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Principal – Facultad de Ecología UNSM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Ambiental / Msc. Gestión Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de campo
- 1.5. Autor de Instrumento: Altamirano Ramos, Miller Hamilton Enrique y Valles Gonzales, Vanessa Estefany

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos												X	
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	tomas en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos												X	
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGÍA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis											X		
10 PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico												X	

III. OPINION DE APLICABILIDAD

✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

x



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACION

92.5

Moyobamba, 01 de diciembre de 2023



M.Sc. Alfonso Rojas Barrantes
INGENIERO AMBIENTAL
CIP N° 75731

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dra. Karina Ordoñez Ruiz
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Ordinario – Facultad de Ecología UNSM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Ambiental / Dra. Derecho penal
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de campo
- 1.5. Autor de Instrumento: Altamirano Ramos, Miller Hamilton Enrique y Valles Gonzales, Vanessa Estefany

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos												X	
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación												X	
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	tomas en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis												X	
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos												X	
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores												X	
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis												X	
10 PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico												X	

III. OPINION DE APLICABILIDAD

✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

X

Figura 5. Formato de validación 2



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

II. PROMEDIO DE VALORACION

95

Moyobamba, 01 de diciembre de 2023

Dra. Karina Milagros Ordóñez Ruiz
CIP N° 108582
GERENTE GENERAL

VALIDACION DE INSTRUMENTO

III. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dra. Karina Ordoñez Ruiz
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Ordinario – Facultad de Ecología UNSM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Ambiental / Dra. Derecho penal
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de campo
- 1.5. Autor de Instrumento: Altamirano Ramos, Miller Hamilton Enrique y Valles Gonzales, Vanessa Estefany

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado con lenguaje comprensible												X	
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos												X	
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	tomas en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos												X	
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis											X		
10 PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico												X	

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACION

92.5

Moyobamba, 01 de diciembre de 2023



Dra. Karina Milagros Ordóñez Ruiz
CIP N° 108582
GERENTE GENERAL

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Msc. Juan Luis Ruiz Aguilar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor Independiente
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Ambiental / Msc. Gestión Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de campo
- 1.5. Autor de Instrumento: Altamirano Ramos, Miller Hamilton Enrique y Valles Gonzales, Vanessa Estefany

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación											X		
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica											X		
5. SUFICIENCIA	tomas en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis											X		
10 PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico											X		

III. OPINION DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- ✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

Figura 6. Formato de validación 3



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

II. PROMEDIO DE VALORACION

90

Moyobamba, 04 de diciembre de 2023



MSc. JHON LUIS PIZARRO
CP 66750

VALIDACION DE INSTRUMENTO

III. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Msc. Juan Luis Ruiz Aguilar
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor Independiente
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Ambiental / Msc. Gestión Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de campo
- 1.5. Autor de Instrumento: Altamirano Ramos, Miller Hamilton Enrique y Valles Gonzales, Vanessa Estefany

II. ASPECTOS DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2. OBJETIVIDAD	esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3. ACTUALIDAD	esta adecuado a los objetivos y necesidades reales de la investigación												X	
4. ORGANIZACIÓN	existe una organización lógica												X	
5. SUFICIENCIA	tomas en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis											X		
7. CONSISTENCIA	se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos												X	
8. COHERENCIA	existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9. METODOLOGIA	la estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis											X		
10 PERTINENCIA	el instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico												X	

III. OPINION DE APLICABILIDAD

✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

X



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACION

92.5

Moyobamba, 04 de diciembre de 2023


Ing. MSc. JUAN LUIS RUIZ
CIP 89798

Anexo 6

Aspectos administrativos

▪ Recursos y presupuesto

❖ Recursos

✓ Investigadores

- Altamirano Ramos, Miller Hamilton Enrique
- Valles Gonzales, Vanessa Estefany

✓ Asesor Metodológico

- Vásquez Molocho, Carlos Edin

❖ Presupuesto

Tabla 10. Remuneraciones

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.
Investigadores	02	0.00	0.00
Asesor externo	01	1500.00	1500.00
Sub Total			1500.00

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 11. Bienes disponibles

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.
Papel bond A-4 80gr.	Millar	5	28.00	140.00
Lapiceros	Unidad	4	5.00	20.00
Borrador de lápiz	Unidad	2	1.00	2.00
Tajadores	Unidad	2	1.00	2.00
Grapas	Unidad	1	2.50	2.50
Engrapador	Unidad	1	25.00	25.00
Saca grapas	Unidad	1	5.00	5.00
Folder manilo	Docena	12	5.00	5.00
Tijera	Unidad	1	10.00	10.00
Tinta para impresora negra	Unidad	2	70.00	140.00
Tinta para impresora de color	Unidad	1	70.00	70.00
Folder Manila A4	Unidad	8	1.00	8.00
Lápiz	Unidad	2	1.00	2.00
Corrector Líquido	Unidad	1	4.00	4.00
USB 16GB	Unidad	1	45.00	45.00
Cuaderno cuadriculado	Unidad	1	5.00	5.00
Plumón resaltador	Unidad	1	2.50	2.50
Tablero de madera	Unidad	1	7.00	7.00
Otros	Global		50.00	50.00
Sub Total				545.00

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 12. Servicios disponibles

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.
Movilidad	Gal/Gasolina	54	12.00	648.00
Internet	Mes	02	100.00	200.00
Luz	Kwh	150	0.28	42.00
Teléfono	Global		50.00	50.00
Sub Total				940.00

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 13. Servicios no disponibles

Descripción	Cantidad	Precio unitario (s/.)	Total (s/.)
Análisis de Suelo	20	100.00	2000.00
Sub Total		100.00	2000.00

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 14. Resumen total

Naturaleza de Gasto	Costo S/.
Remuneraciones	1,500.00
Bienes	545.00
Servicios Disponibles	940.00
Servicios no Disponibles	2,000.00
TOTAL	4,985.00

Fuente: Elaboración Propia.

❖ **Financiamiento**

El estudio será autofinanciado en un 100% por los investigadores.

Anexo 7

Cronograma de ejecución

Tabla 15. Cronograma de ejecución

ÍTEM	ACTIVIDADES REALIZADAS	AÑO 2023 – 2024						
		AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ABR	MAY
ETAPA 1: TRABAJO DE GABINETE Y ASESORÍA								
1	Recopilar información sobre el tema, revisión bibliográfica							
2	Elección del tema de investigación							
3	Reconocimiento del área de estudio							
4	Formulación de la justificación, hipótesis y objetivos							
5	Redacción de las teorías relacionadas al tema							
6	Formulación de la metodología del proyecto de investigación							
7	Elaboración de instrumentos							
8	Levantamiento de observaciones							
9	Presentación del Proyecto de tesis al área de investigación							
ETAPA 2: CAMPO Y LABORATORIO								
10	Toma de muestra							
11	Proceso de experimentación							
ETAPA 3: GABINETE FINAL								
14	Presentación, interpretación y sistematización de resultados							
15	Elaboración del proyecto y presentación del mismo.							
16	Presentación y sustentación final de la Tesis							

Anexo 8. Autorizaciones para el desarrollo del proyecto de investigación

 **Universidad César Vallejo**

AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN EN EL BOTADERO ALFARO DEL DISTRITO DE SORITOR - 2023

DATOS GENERALES

Nombre de la organización:	RUC: 20148170771
Municipalidad Distrital De Soritor	
Alcalde:	
Segundo Herminio Vásquez Montenegro	DNI: 44731354

Solicito:

Mediante el presente documento y en nuestra calidad de estudiantes de la universidad "César Vallejo" filial Moyobamba, cursando el IX ciclo de la facultad de ingeniería Ambiental, solicito la AUTORIZACIÓN para el ingreso al botadero Alfaro del distrito de Soritor, con fines de desarrollo de tesis.

Nombre del Trabajo de Investigación:	
"Capacidad del <i>Chrysopogon Zizanioides</i> en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero, Alfaro, 2023"	
Nombre del Programa Académico:	
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE: Ingeniero Ambiental	
Autores:	
Altamirano Ramos Miller Hamilton Enrique	DNI: 71998308
Valles Gonzales Vanessa Estefany	DNI: 72762140

POR LO EXPUESTO:

Rogamos a Ud. Acceder a mi petición por ser de ley.

Moyobamba, 4 de diciembre de 2023


ALTAMIRANO RAMOS MILLER HAMILTON ENRIQUE
DNI: 71998308


VALLES GONZALES VANESSA ESTEFANY
DNI: 72762140



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SORITOR

Jr. Hipolito Rangel 510 - Telf. 042-557459

FORMULARIO UNICO DE TRAMITE ADMINISTRATIVO (GRATUITO)

(Base Legal, Art. 113 de la Ley 27444, Ley de Procedimiento Administrativo 10-04-2001)

Señor: Alcalde de la Municipalidad Distrital de Soritor

SELO DE RECEPCIÓN (MESA DE PARTE)

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SORITOR
MESA DE PARTE

04 DIC. 2023

N° 68068

10:37

1.- Marcar con aspa (x) el casillero que corresponda:

Personas Jurídicas

Persona Natural

2.- Altamirano Ramos Miller Namiller Enrique
 Apellido paterno Apellido materno Nombre (s)

Identificado (a) con: D.N.I. C.I. C.E. N° 71998308

Domiciliado (a) en: Nv. los palmeros s/n casero Nuevo San Ignacio
 Jr. o Calle Barrio/Localidad

3.- Solicito:

- Licencia de funcionamiento
- Certificados de zonificación
- Lote de terreno urbano
- Certificado de posesión
- Inspección ocular
- Partida de nacimiento
- Auditorio municipal

- Licencia de construcción
- Certificado de numeración
- Delineamiento
- Apoyo
- Donación
- Autorización para actividad social
- Título de propiedad de terreno urbano

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SORITOR
GERENCIA MUNICIPAL
RECIBIDO

Fecha. 04 DIC. 2023

N° EXP. 6186 FOLIO 02

HORA: 17:04 FIRMA: [Firma]

PROVEIDO

GERENCIA G.S.M y G.A.

PARA [Firma]

FIRMA [Firma]

otros: Autorización para ingreso a baladero "Alfaro"

4.- Detalle del pedido:

Solicito autorización para el ingreso a baladero
Alfaro del distrito de Soritor con fines de desarrollo
de tesis.

5.- Documentos que se adjuntan:

- 1). Copia de DNI
- 2) Solicitud para autorización
- 3) _____
- 4) _____
- 5) _____
- 6) _____
- 7) _____
- 8) Por los cuales adjunto () folios

6.- Lugar, fecha, firma o huella digital:

Lugar Soritor, fecha 04-12-2023

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SORITOR
GERENCIA DE SERVICIOS MUNICIPALES
GESTIÓN AMBIENTAL
RECIBIDO

Fecha. 07 DIC. 2023

N° REG. 784 FOLIO 02

HORA: 17:38 FIRMA: [Firma]

FIRMA



Huella



Municipalidad Distrital de Soritor
Moyobamba - San Martín - Perú

"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

Soritor, 19 de diciembre de 2023

CARTA N°071-2023- GM/MDS

Sr.

MILLER HAMILTON ENRIQUE ALTAMIRANO RAMOS

Estudiante de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo

DNI N°: 71998308

Teléfono N°: 918213005

Av. Las Palmeras S/N, Caserío Nuevo San Ignacio, Soritor, Moyobamba - San Martín.

ASUNTO : AUTORIZO INGRESO A BOTADERO MUNICIPAL

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para expresarle un cordial saludo a nombre de la Municipalidad Distrital de Soritor, y a la vez, comunicar lo siguiente:

Mediante el presente, **AUTORIZO ingreso al Botadero Municipal "ALFARO", para desarrollo de investigación y ejecución de TESIS**, solicitado mediante Formulario Único de Trámite Administrativo, con Expediente N°68068, por lo que se hace de conocimiento para las acciones correspondientes.

Sin otro particular, me suscribo de usted, no sin antes expresarle mis muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



Diego Alfonso Chicoria Palacios
Mag. Diego Alfonso Chicoria Palacios
GERENTE MUNICIPAL

Cc./Archivo
MLFC/SEC.
ADJUNTO:
REG. N°6604

Dirección: Jr. Hipólito Rangel N° 510 (Plaza de Armas)
Teléf 042 - 557459

Website: www.munisoritor.gob.pe
Email: soritor@munisoritor.gob.pe



Municipalidad Distrital de Soritor
Oficina de Gestión Integral de Residuos Sólidos



INFORME N° 140-2023-OGIRS-SGSA-GSMYGA/MDS

A **Ing. CLEVER MONTEZA MONTEZA**
Gerente de Servicios Municipales y Gestión Ambiental

DE **Ing. ELENA PÉREZ TERRONES**
Jefe de la Oficina de Gestión Integral de Residuos Sólidos(e)

ASUNTO **SOLICITA AUTORIZACIÓN PARA ESTUDIO EN BOTADERO MUNICIPAL**

FECHA **Soritor, 15 de diciembre de 2023**



Por medio del presente me dirijo a usted, para saludarlo cordialmente y a su vez informarle que en atención a la **solicitud sobre permiso para el ingreso y uso para del Botadero Alfaro**; se hace de conocimiento que dicha área pertenece a la Oficina de Gestión Integral de Residuos Sólidos por lo tanto **SOLICITO AUTORIZACIÓN a GERENCIA MUNICIPAL** por ser de su competencia para el uso del área de estudio con fines educativos y la solicitante pueda desarrollar y ejecutar su tesis **"CAPACIDAD DEL chrysopogon zizanioides EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN EL SUELOS CONTAMINADOS POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO, ALFARO, 2023"** . Así mismo cualquier información remitir a la solicitante Miller Altamirano Ramos - cel: 918213005.

Es todo cuanto informo a usted para su conocimiento, evaluación y trámite correspondiente.

Atentamente,



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SORITOR
Elena Pérez Terrones
 ELENA PÉREZ TERRONES
 JEFE DE LA OFICINA DE GESTIÓN
 INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (E)

Anexo 9: Modelo de Consentimiento y/o asentimiento informado

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Consentimiento Informado

Título de la investigación: "Capacidad del *Chrysopogon Zizanioides* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero, Alfaro, 2024."

Investigadores: VALLES GONZALES VANESSA ESTEFANY, ALTAMIRANO RAMOS MILLER HAMILTON ENRIQUE

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada "Capacidad del *Chrysopogon Zizanioides* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero, Alfaro, 2024", cuyo objetivo es evaluar la capacidad de *Chrysopogon zizanioides* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por lixiviados del botadero en el Sector Alfaro, del Distrito de Soritor, 2024. Esta investigación es desarrollada por estudiantes del programa de estudio de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo del campus MOYOBAMBA, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución – MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SORITOR.



Describir el impacto del problema de la investigación.

[colocar el impacto]

Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente (enumerar los procedimientos del estudio):

1. Se realizará una encuesta o entrevista donde se recogerán datos personales y algunas preguntas
2. Esta encuesta o entrevista tendrá un tiempo aproximado de minutos y se realizará en el ambiente de [colocar el ambiente] de la institución [indicar la institución]. Las respuestas al cuestionario o guía de entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

Participación voluntaria (principio de autonomía):

NO APLICA, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajó con grupo de personas.

Riesgo (principio de No maleficencia):

NO APLICA, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajó con grupo de personas.

Beneficios (principio de beneficencia):

El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

Confidencialidad (principio de justicia):

NO APLICA, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajó con grupo de personas.

Problemas o preguntas:

NO APLICA, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajó con grupo de personas.

Consentimiento

NO APLICA, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajó con grupo de personas.

Nombre y apellidos: NO APLICA

Firma(s): NO APLICA

Fecha y hora: NO APLICA

Anexo 10: Resultado de similitud del programa Turnitin

TESIS TURNITIN.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	19%	6%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRINCIPALES

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unbosque.edu.co Fuente de Internet	1%
6	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
7	AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos No Municipales Peligrosos y No Peligrosos - Relleno de Seguridad La Joya-IGA0017851", R.D. N° 00037-2022-SENACE-PE/DEIN, 2022	<1%

Anexo 11. Informes de ensayo al Laboratorio acreditado



INFORME DE ENSAYO N° MA24030069

Nombre del Cliente : ALTAMIRANO RAMOS, MILLER HAMILTON ENRIQUE
Domicilio Legal : JR. INDEPENDENCIA N°2361 S/N – SAN MARTÍN / MOYOBAMBA/ MOYOBAMBA
Solicitado Por : ALTAMIRANO RAMOS, MILLER HAMILTON ENRIQUE
Referencia : MONITOREO DE CALIDAD DE SUELOS – BOTADERO ALFARO

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia	: Botadero Alfaro	Fecha de Muestreo	: 10/03/2024
Plan de Muestreo	: Realizado por Xertek Life S.A.C.(**)	Fecha de Recepción	: 12/03/2024
Cantidad de Muestras	: 1	Fecha Inicio Ensayo	: 14/03/2024

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales ICP	EPA 200.8, Rev 5.4, 1994

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimientes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su perfectibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente o parte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3 - El presente informe de ensayo un documento oficial del interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en Materia Civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C



INFORME DE ENSAYO N° MA24030069

Cod. Cliente	MRM
Cod. Lab.	MA23030069
Tipo de Producto	Suelo; botadero
Fecha de Muestreo	18/04/2024
Hora de Muestreo	11:00
Cadena de Custodia	1663

Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados
Metales ICP			
Aluminio	mg/Kg (PS)	1,85	132,2
Antimonio	mg/Kg (PS)	0,6	<0,6
Arsénico	mg/Kg (PS)	0,92	90,30
Bario	mg/Kg (PS)	0,13	<0,13
Berilio	mg/Kg (PS)	0,06	<0,06
Cadmio	mg/Kg (PS)	0,8	7,80
Cobalto	mg/Kg (PS)	0,16	0,60
Cobre	mg/Kg (PS)	0,17	5,70
Cromo	mg/Kg (PS)	4,6	<4,6
Hierro	mg/Kg (PS)	0,74	123,50
Manganeso	mg/Kg (PS)	0,64	<0,64
Mercurio	mg/Kg (PS)	0,25	<0,25
Molibdeno	mg/Kg (PS)	0,16	2,50
Niquel	mg/Kg (PS)	1,4	2,32
Plata	mg/Kg (PS)	0,18	2,45
Plomo	mg/Kg (PS)	2,28	76,50
Selenio	mg/Kg (PS)	0,83	1,50
Talio	mg/Kg (PS)	0,2	<0,2
Thorio	mg/Kg (PS)	1,3	<1,3
Uranio	mg/Kg (PS)	0,1	<0,1
Vanadio	mg/Kg (PS)	0,03	<0,03
Zinc	mg/Kg (PS)	0,46	1423

Lurin, 20 de marzo 2024



Gloria Uturunco Mamani
Supervisor de Lab Químico
XERTEK LIFE S.A.C.

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimientes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su perfectibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente o parte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3 - El presente informe de ensayo un documento oficial del interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en Materia Civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C.



INFORME DE ENSAYO N° MA24120078

Nombre del Cliente : ALTAMIRANO RAMOS, MILLER HAMILTON ENRIQUE
Domicilio Legal : JR. INDEPENDENCIA N°2361 S/N – SAN MARTÍN / MOYOBAMBA/ MOYOBAMBA
Solicitado Por : ALTAMIRANO RAMOS, MILLER HAMILTON ENRIQUE
Referencia : MONITOREO DE CALIDAD DE SUELOS – BOTADERO ALFARO

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia	: Botadero Alfaro	Fecha de Muestreo	: 12/04/2024
Plan de Muestreo	: Realizado por Xertek Life S.A.C.(**)	Fecha de Recepción	: 15/04/2024
Cantidad de Muestras	: 3	Fecha Inicio Ensayo	: 16/04/2024

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales ICP	EPA 200.8, Rev 5.4, 1994

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimientes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su perfectibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente oparte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3 - El presente informe de ensayo un documento oficial del interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en Materia Civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C



INFORME DE ENSAYO N° MA24120078

Cod. Cliente	MRM	MRM	MRM		
Descripción	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3		
Cod. Lab.	MA24120078	MA24120078	MA24120078		
Tipo de Producto	suelo; botadero	suelo; botadero	suelo; botadero		
Fecha de Muestreo	12/04/2024	12/04/2024	12/04/2024		
Hora de Muestreo	10:00	10:10	10:20		
Cadena de Custodia	8032	8032	8032		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados		
Metales ICP - MS					
Aluminio	mg/Kg (PS)	1,85	132,2	182,2	137,2
Antimonio	mg/Kg (PS)	0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Arsénico	mg/Kg (PS)	0,92	68	65,40	62,10
Bario	mg/Kg (PS)	0,13	<0,13	<0,13	<0,13
Berilio	mg/Kg (PS)	0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Cadmio	mg/Kg (PS)	0,8	4,20	3,45	3,20
Cobalto	mg/Kg (PS)	0,16	0,60	<0,16	<0,16
Cobre	mg/Kg (PS)	0,17	5,70	5,70	5,70
Cromo	mg/Kg (PS)	4,6	<4,6	<4,6	<4,6
Hierro	mg/Kg (PS)	0,74	123,50	<0,74	<0,74
Manganeso	mg/Kg (PS)	0,64	<0,64	<0,64	<0,64
Mercurio	mg/Kg (PS)	0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Molibdeno	mg/Kg (PS)	0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Niquel	mg/Kg (PS)	1,4	2,32	2,23	2,18
Plata	mg/Kg (PS)	0,18	2,45	2,45	2,45
Plomo	mg/Kg (PS)	2,28	65	62,40	60,40
Selenio	mg/Kg (PS)	0,83	1,50	1,80	2,20
Talio	mg/Kg (PS)	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Thorio	mg/Kg (PS)	1,3	<1,3	<1,3	<1,3
Uranio	mg/Kg (PS)	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Vanadio	mg/Kg (PS)	0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Zinc	mg/Kg (PS)	0,46	1223	1431	1446

Lurin, 30 de mayo de 2024



Gloria Uturunco Mamani
Supervisor de Lab Químico
XERTEK LIFE S.A.C.

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimientes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su perfectibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente oparte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3 - El presente informe de ensayo un documento oficial del interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en Materia Civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C.



INFORME DE ENSAYO N° MA24120138

Nombre del Cliente : ALTAMIRANO RAMOS, MILLER HAMILTON ENRIQUE
Domicilio Legal : JR. INDEPENDENCIA N°2361 S/N – SAN MARTÍN / MOYOBAMBA/ MOYOBAMBA
Solicitado Por : ALTAMIRANO RAMOS, MILLER HAMILTON ENRIQUE
Referencia : MONITOREO DE CALIDAD DE SUELOS – BOTADERO ALFARO

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Botadero Alfaro Fecha de Muestreo : 12/05/2024
Plan de Muestreo : Realizado por Xertek Life S.A.C.(**) Fecha de Recepción : 16/05/2024
Cantidad de Muestras : 3 Fecha Inicio Ensayo : 17/05/2024

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales ICP	EPA 200.8, Rev 5.4, 1994

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimientes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su perfectibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente o parte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3 - El presente informe de ensayo un documento oficial del interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en Materia Civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C



INFORME DE ENSAYO N° MA24120138

Cod. Cliente	MRM	MRM	MRM		
Descripción	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3		
Cod. Lab.	MA24120138	MA24120138	MA24120138		
Tipo de Producto	suelo; botadero	suelo; botadero	suelo; botadero		
Fecha de Muestreo	12/05/2024	12/05/2024	12/05/2024		
Hora de Muestreo	11:00	11:20	11:30		
Cadena de Custodia	9040	9040	9040		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados		
Metales ICP - MS					
Aluminio	mg/Kg (PS)	1,85	182,30	202,30	197,40
Antimonio	mg/Kg (PS)	0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Arsénico	mg/Kg (PS)	0,92	41,20	43,20	44,50
Bario	mg/Kg (PS)	0,13	<0,13	<0,13	<0,13
Berilio	mg/Kg (PS)	0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Cadmio	mg/Kg (PS)	0,8	3,80	2,60	3,20
Cobalto	mg/Kg (PS)	0,16	0,60	<0,16	<0,16
Cobre	mg/Kg (PS)	0,17	5,70	5,70	5,70
Cromo	mg/Kg (PS)	4,6	<4,6	<4,6	<4,6
Hierro	mg/Kg (PS)	0,74	123,50	<0,74	<0,74
Manganeso	mg/Kg (PS)	0,64	<0,64	<0,64	<0,64
Mercurio	mg/Kg (PS)	0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Molibdeno	mg/Kg (PS)	0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Niquel	mg/Kg (PS)	1,4	2,32	2,61	3,20
Plata	mg/Kg (PS)	0,18	2,45	2,45	2,45
Plomo	mg/Kg (PS)	2,28	32,30	29,70	31,50
Selenio	mg/Kg (PS)	0,83	1,50	1,80	2,20
Talio	mg/Kg (PS)	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Thorio	mg/Kg (PS)	1,3	<1,3	<1,3	<1,3
Uranio	mg/Kg (PS)	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Vanadio	mg/Kg (PS)	0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Zinc	mg/Kg (PS)	0,46	1423	1322	1236

Lurin, 27 de mayo de 2024.



Gloria Uturunco Mamani
Supervisor de Lab Químico
XERTEK LIFE S.A.C.

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimientes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su perfectibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente o parte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3 - El presente informe de ensayo un documento oficial del interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en Materia Civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C.



INFORME DE ENSAYO N° MA24120192

Nombre del Cliente : ALTAMIRANO RAMOS, MILLER HAMILTON ENRIQUE
Domicilio Legal : JR. INDEPENDENCIA N°2361 S/N – SAN MARTÍN / MOYOBAMBA/ MOYOBAMBA
Solicitado Por : ALTAMIRANO RAMOS, MILLER HAMILTON ENRIQUE
Referencia : MONITOREO DE CALIDAD DE SUELOS – BOTADERO ALFARO

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Botadero Alfaro Fecha de Muestreo : 12/06/2024
Plan de Muestreo : Realizado por Xertek Life S.A.C.(**) Fecha de Recepción : 14/06/2024
Cantidad de Muestras : 3 Fecha Inicio Ensayo : 15/06/2024

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales ICP	EPA 200.8, Rev 5.4, 1994

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimientes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su perfectibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente o parte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3 - El presente informe de ensayo un documento oficial del interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en Materia Civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C



INFORME DE ENSAYO N° MA24120192

Cod. Cliente	MRM	MRM	MRM		
Descripción	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3		
Cod. Lab.	MA24120192	MA24120192	MA24120192		
Tipo de Producto	suelo; botadero	suelo; botadero	suelo; botadero		
Fecha de Muestreo	12/06/2024	12/06/2024	12/06/2024		
Hora de Muestreo	09:10	09:24	09:40		
Cadena de Custodia	9880	9880	9880		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados		
Metales ICP - MS					
Aluminio	mg/Kg (PS)	1,85	182,30	202,30	197,40
Antimonio	mg/Kg (PS)	0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Arsénico	mg/Kg (PS)	0,92	63,20	58,10	52,30
Bario	mg/Kg (PS)	0,13	<0,13	<0,13	<0,13
Berilio	mg/Kg (PS)	0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Cadmio	mg/Kg (PS)	0,8	2,80	3,10	2,80
Cobalto	mg/Kg (PS)	0,16	0,60	<0,16	<0,16
Cobre	mg/Kg (PS)	0,17	5,70	5,70	5,70
Cromo	mg/Kg (PS)	4,6	<4,6	<4,6	<4,6
Hierro	mg/Kg (PS)	0,74	93,50	87,4	100,74
Manganeso	mg/Kg (PS)	0,64	<0,64	<0,64	<0,64
Mercurio	mg/Kg (PS)	0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Molibdeno	mg/Kg (PS)	0,16	<0,16	<0,16	<0,16
Niquel	mg/Kg (PS)	1,4	1,32	2,80	2,40
Plata	mg/Kg (PS)	0,18	2,45	2,45	2,45
Plomo	mg/Kg (PS)	2,28	52,30	56,20	54,10
Selenio	mg/Kg (PS)	0,83	1,50	1,80	2,20
Talio	mg/Kg (PS)	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Thorio	mg/Kg (PS)	1,3	<1,3	<1,3	<1,3
Uranio	mg/Kg (PS)	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Vanadio	mg/Kg (PS)	0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Zinc	mg/Kg (PS)	0,46	1536	1522	1226

Lurin, 28 de junio de 2024.



Gloria Uturunco Mamani
Supervisor de Lab Químico
XERTEK LIFE S.A.C.

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimientes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su perfectibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente oparte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3 - El presente informe de ensayo un documento oficial del interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en Materia Civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C.

Anexo 12. Otras evidencias

Panel fotográfico



Fotografía N° 01: Botadero Alfaro – Soritor.



Fotografía N° 02: Recolección de muestra del botadero Alfaro – Soritor.



10 abr 2024 10:25:17 a. m.
18M 280311 9333616
Moyobamba, Moyobamba 22001
Perú
Altitud:900.0m
Velocidad:10.3km/h

Fotografía N° 03: Medición de la especie *Chrysopogon zizanioides*.



Fotografía N° 04: Aplicación de método de cuarteo.



Fotografía N° 05: Medición de la distancia de los puntos en qué se sacará la muestra a una profundidad de 30 cm.



Fotografía N° 06: Siembra de esquejes de vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en maceteros con tierra del botadero Alfaro - Soritor