



Universidad César Vallejo

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

Efecto del Ácido Fúlvico y Biochar en la Fitorremediación con
Werneria nubigena en suelos contaminados por metales pesados en
Tahona _Cajamarca 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental**

AUTORAS:

Nizama Castro, Cynthia Lisbet (orcid.org/0009-0006-6816-4388)

Sandoval Huaman, Luz Elena (orcid.org/0009-0007-0128-194X)

ASESOR:

Dr. Sernaqué Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA _ PERÚ

2024

Dedicatoria

Dedico la presente tesis principalmente al eterno Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo, quien me ha dado todo lo que he necesitado para poder llegar a esta meta, sin él no lo hubiera podido lograr, él ha sido mi todo en los momentos más difíciles de esta tesis, a mis padres quienes siempre están a mi lado brindándome su apoyo y consejos, que con mucho esfuerzo y con la bendición de Dios me dieron esta carrera, a mi esposo que siempre ha estado a mi lado impulsándome a no rendirme y a ser mejor cada día, a mis hermanos por su amor, a mi suegra por sus consejos, a mis pastores quienes con sus oraciones estuvieron presente.

Cynthia Lisbet Nizama Castro

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi estrella que siempre me ilumina Elva. A mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mis hermanos, por apoyarme incondicionalmente en esta fase tan importante para mí. A mi hermana Katia y mi amigo Dany por su apoyo incondicional, para lograr mi meta trazada.

Luz Elena Sandoval Huamán

Agradecimiento

Agradecemos principalmente a Dios por habernos permitido hacer posible que poco a poco nuestras metas se realicen, agradecemos de manera muy especial y sincera a nuestro asesor el Dr. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi que nos guío y contribuyó con sus valiosos conocimientos, sugerencias, críticas constructivas, apoyo moral en el desarrollo de este proyecto de investigación, para él nuestra eterna gratitud admiración y respeto. Finalmente, un eterno agradecimiento a la Universidad César Vallejo por darnos la oportunidad de mejorar nuestra calidad como profesionales.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Efecto del Ácido Fúlvico y Biochar en la Fitorremediación con *Werneria nubigena* en Suelos Contaminados por Metales Pesados en Tahona_Cajamarca 2023", cuyos autores son SANDOVAL HUAMAN LUZ ELENA, NIZAMA CASTRO CYNTHIA LISBET, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, 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.

LIMA, 09 de Abril del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI DNI: 07234567 ORCID: 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 24-04-2024 14:46:20

Código documento Trilce: TRI - 0742248





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, NIZAMA CASTRO CYNTHIA LISBET, SANDOVAL HUAMAN LUZ ELENA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC -LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompaña la Tesis titulada: "Efecto del Ácido Fúlvico y Biochar en la Fitorremediación con *Werneria nubigena* en Suelos Contaminados por Metales Pesados en Tahona_Cajamarca 2023", 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
SANDOVAL HUAMAN LUZ ELENA DNI: 46242445 ORCID: 0009-0007-0128-194X	Firmado electrónicamente por: LESANDOVAL el 24-05-2024 10:37:24
NIZAMA CASTRO CYNTHIA LISBET DNI: 44978684 ORCID: 0009-0006-6816-4388	Firmado electrónicamente por: CLNIZAMA el 22-05-2024 22:21:24

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de gráficos y figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract	xi
I INTRODUCCIÓN.....	1
II MARCO TEÓRICO	4
III METODOLOGÍA.....	15
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2 Variables y operacionalización	15
3.3 Población, muestra y muestreo	17
3.4 Técnicas, instrumentos de recolección de datos:	18
3.5 Procedimientos:	19
3.6 Métodos de análisis de datos	27
3.7 Aspectos éticos	27
IV RESULTADOS.....	29
V DISCUSIÓN.....	45
VI CONCLUSIONES.....	49
VII RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS	51
ANEXOS	59

Índice de tablas

Tabla 1 Instrumentos de recolección de datos.....	19
Tabla 2 Distribución de las unidades experimentales	23
Tabla 3. ECA 2017, establecido para la elaboración de tesis, en la muestra de la especie vegetal <i>Werneria nubigena</i>	29
Tabla 4. Resultados de laboratorio INIA– Suelo en sus repeticiones 1,2 y 3.....	30
Tabla 5. Prueba ANOVA, para arsénico, cadmio y plomo.....	32
Tabla 6. Prueba ANOVA, análisis de las concentraciones de arsénico, cadmio y plomo en suelos	35
Tabla 7. Prueba ANOVA, evaluación del efecto del ácido fúlvico y biochar en la fitorremediación con la especie <i>Werneria nubigena</i> en suelos contaminados.....	36
Tabla 8. Resultados de laboratorio – Especie <i>Werneria nubigena</i> en sus tres repeticiones – Determinación del porcentaje fitorremediador	38
Tabla 9. Prueba ANOVA, para arsénico, cadmio y plomo en la especie vegetal <i>Werneria nubigena</i>	39
Tabla 10. Prueba ANOVA, para analizar el porcentaje fitorremediador en la especie vegetal	41
Tabla 11. Resultados de factor de bioconcentración (FBC) y traslocación (FT).....	44

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Esquema de las técnicas de fitorremediación	11
Figura 2. Efectos de la fitorremediación y biochar para tierras con metales pesados.....	13
Figura 3. Ubicación Geográfica muestras de suelo y planta de Tahona – Cajamarca	20
Figura 4. Esquema de procedimiento de la investigación	21
Figura 5. Agrupación en macetas de la especie <i>Werneria nubigena</i> y suelo	22
Figura 6. Recolección de la planta <i>Werneria nubigena</i>	23
Figura 7. Recolección de suelo contaminado.....	24
Figura 8. Aclimatación de la planta.....	24
Figura 9. Sembrado de la especie <i>Werneria nubigena</i>	25
Figura 10. Pesado del sedimento	25
Figura 11. Dosificación de ácido fúlvico y biochar	26
Figura 12. Especie vegetal <i>Werneria nubigena</i> para ser analizada	26
Figura 13. Laboratorio Estación Experimental INIA.....	27
Gráfico 1. Porcentaje fitorremediador de la especie <i>Werneria nubigena</i>	43
Gráfico 2. Obtención del tratamiento óptimo en la fitorremediación en el suelo contaminado con As, Cd y Pb.	43

Resumen

La investigación tiene como fin establecer el efecto fitorremediador de la planta *Werneria nubigena* usando ácido fúlvico y biochar, para ello se emplearon los principales conceptos de ingeniería ambiental, como el control de suelos y fitorremediación. En la metodología se realizó bajo un tipo de investigación aplicada, con un diseño de investigación experimental puro. La presente investigación se da frente a la contaminación del suelo, que dejaron las actividades mineras, que actualmente es un problema de riesgo para diversos ecosistemas. El estudio se desarrolló en Tahoma-Cajamarca. Teniendo como principal objetivo, evaluar el efecto del ácido fúlvico y biochar, así mismo determinar si la fitorremediación es eficaz en la concentración de arsénico, cadmio y plomo. Para determinar dicho objetivo se recolectó 12 especies vegetales, aplicándoles suelo contaminado, a 9 de ellas se agregó ácido fúlvico al 0,1% y biochar al 3%, aplicando estos fertilizantes por 30 días secuencialmente y con diferentes procesos, para finalmente ser analizadas en el laboratorio. En el resultado el porcentaje fitorremediador de la especie vegetal *Werneria Nubigena* redujo en un 25,31% en suelos contaminados, por consiguiente, es fitoremediadora y fitoestabilizadora. Concluimos que, de los tratamientos realizados, el Ácido Fúlvico es el tratamiento óptimo para la fitorremediación en suelos contaminados.

Palabras clave: Fitorremediación, fitoestabilizadora, biochar, ácido Fúlvico

Abstract

The purpose of the research is to establish the phytoremediation effect of the *Werneria nubigena* plant using fulvic acid and biochar, for this the main concepts of environmental engineering were used, such as soil control and phytoremediation. The methodology was carried out under a type of applied research, with a pure experimental research design. The present investigation takes place in the face of soil contamination left by mining activities, which is currently a risk problem for various ecosystems. The study was carried out in Tahona-Cajamarca. Having as its main objective, evaluate the effect of fulvic acid and biochar, as well as determine if phytoremediation is effective in the concentration of arsenic, cadmium and lead. To determine this objective, 12 plant species were collected, applying contaminated soil, fulvic acid at 0.1% and biochar at 3% were added to 9 of them, applying these fertilizers for 30 days sequentially and with different processes, to finally be analyzed in the laboratory. In the result, the phytoremediation percentage of the plant species *Werneria Nubigena* reduced by 25.31% in contaminated soils, therefore, it is a phytoremediator and phytostabilizer. We conclude that, of the treatments carried out, Fulvic Acid is the optimal treatment for phytoremediation in contaminated soils.

Keywords: Phytoremediation, phytostabilizer, biochar, Fulvic Acid

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la contaminación a base de metales tóxicos ha sido un serio problema del medio ambiente en el desarrollo industrial y de urbanización, por su biotoxicidad los metales tóxicos que han sido una amenaza en la cadena alimentaria para la salud del ser humano. Mediante las concentraciones de metales tóxicos conllevan efectos biotóxicos invariables en el medio ambiente y los organismos vivos (Zhang, et al, 2023). La causa de contaminación de suelos está asociada a actividades de las industrias, domésticas, ganaderas y agrícolas que causan la pérdida de los beneficios en sus servicios ecosistemáticos que proporciona el suelo (Rodríguez; et , al, 2019). Los metales pesados afectan a las plantas por acumularse y trasladarse hacia las partes del tallo que sostiene los órganos vegetales como las hojas y las flores de la planta ocasionando la deficiencia del crecimiento de la planta así mismo representa una gran amenaza porque los contaminantes pueden ingresar fácilmente a la cadena trófica y dañar la salud humana (López & Morales, 2022). Por otra parte, en la investigación se mostró que, el biochar se toma como una alternativa favorable para aumentar la capacidad de las diferentes plantas en la fitorremediación (Sun; Sha & Su, 2018).

A nivel nacional, en Perú se demostraron a 22 especies vegetales nativas concernientes a 12 familias de las plantas con la capacidad de fitorremediación (Cruzado; et al., 2021). En la región andina de Ancash en el Perú, se hallaron que *Werneria Nubigena*, *Medicago Lupulina*, *Pennisetum Clandestinum*, *Calamagrotis Recta*, *Juncus Bufonius* y *Achvrocline Alata* manifestaron una elevada tolerancia para ser plantas acumuladoras de Cd, Pb, Ni, Zn y Cu (Chang; et al., 2018). La falta de gestión ambiental de los residuos que proceden de las minerías causa impactos negativos en el ambiente poniendo en riesgo a la salud humana y las actividades socioeconómicas (Cruzado; et al., 2021). La minería es una de las actividades fundamentales de la economía en el Perú, muchas de las empresas realizan sus actividades en asentamientos ubicados en zonas alto andinas sobre los 3200 msnm de altitud donde la minería a tajo abierto ejecuta una escasa disposición de sus relaves con resultados ecológicos muy alarmantes (Chang; et

al., 2018). La eficiencia del biochar originado de residuos de pinos para absorber contaminantes; cabe recalcar que el pino es implantado y usada en gran medida en la provincia de Huaraz, por si en algún momento se produce biochar en la provincia.

Por ello se plantea como **pregunta general** ¿Qué efecto tiene el ácido fúlvico y el biochar en la fitorremediación con *Werneria Nubigena* en suelos contaminados por metales pesados en Tahona_cajamarca?, y como **preguntas específicas** ¿Qué concentraciones de arsénico, cadmio y plomo presentan los suelos aplicados en las muestras? ¿Cuál es el porcentaje fitorremediador de la especie *Werneria nubigena* en el estudio realizado? ¿Cuál es el tratamiento óptimo en la fitorremediación en el suelo contaminado con arsénico, cadmio y plomo?

Esta investigación se justifica de la siguiente manera: **Justificación teórica:** En la determinación del estudio el presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de aportar el conocimiento existente sobre alternativas eficientes y seguras como es la fitorremediación con la especie *Werneria nubigena* y el efecto del ácido fúlvico y biochar, ya que se estaría demostrando que es fácil, económica y contribuirá con otras perspectivas y conocimientos para el desarrollo de investigaciones futuras que estén enfocadas en la remediación de suelos contaminados con metales pesados. La intención del estudio es ocasionar una reflexión y discusión sobre el conocimiento que ya existe, comparar una teoría y resultados o hacer una teoría del conocimiento existente (Francois le Calvez, 2005). **Justificación práctica:** En la elaboración de este estudio surge para determinar resolver un problema de contaminación de suelos por metales pesados, donde se utilizará la recolección y análisis de datos mediante la extracción de la planta *Werneria nubigena* del lugar de su origen en macetas, a su vez se dosificará con biochar y ácido fúlvico, se analizarán los parámetros de las muestras de suelo, a fin de analizar la concentración de metales pesados y además de estudiar su comportamiento en cuanto a la fitorremediación. Se contempla que, es cuando durante su proceso ayuda a resolver un problema o en su defecto propone estrategias que al aplicarse ayudan a resolver la investigación (Bernal, César, 2010). **La justificación social:** Este estudio de investigación se

realiza para profundizar y explorar el estado actual del suelo contaminado con metales pesados, ya que el problema ambiental es grave para la población como para el medio ambiente. Al aplicar esta investigación nos ayudara a solucionar los problemas de contaminación de suelos por metales pesados, mediante, el estudio del efecto del ácido fúlvico, biochar y de la especie vegetal *Werneria nubigena* de la región, así como las eficiencias que aportan estas en el tratamiento del suelo contaminado, las especies vegetativas identificadas en la zona, podrían ser utilizadas posteriormente en procesos de fitorremediación, al ser sembradas en zonas con las mismas condiciones climáticas, puesto que se adaptan fácilmente. Toda investigación debe tener un determinado significado social, trascendente desde el punto de vista de la sociedad, y alcance, es decir proyección social (Fidias G. Arias, 2012). Tiene como **objetivo general**: Evaluar el efecto del ácido fúlvico y el biochar en la fitorremediación con *Werneria nubigena* en suelos contaminados en Tahona_Cajamarca. En cuanto a los **objetivos específicos**: Analizar las concentraciones de As, Cd, Pb, que presenta los suelos aplicados a las muestras, determinar el porcentaje fitorremediador de la especie *Werneria nubigena* en el estudio realizado, determinar el tratamiento óptimo en la fitorremediación en el suelo contaminado con arsénico, cadmio y plomo. Como **hipótesis general** se fórmula de la siguiente manera: El efecto del ácido fúlvico y biochar lograrán incrementar la fitorremediación con *Werneria nubigena* en suelos contaminados en Tahona_Cajamarca. En cuanto a las **hipótesis específicas**: Las muestras de suelo contaminada con metales pesados As, Cd y Pb presentan mayor concentración que las muestras estudiadas, la especie *Werneria nubigena* presenta un alto porcentaje fitorremediador, mediante la dosificación adecuada de ácido fúlvico y el biochar mejora la fitorremediación realizada por la especie vegetal *Werneria nubigena* en suelos contaminados por metales pesados.

II. MARCO TEÓRICO

En los antecedentes según (Gu; et al., 2020) tuvieron como objetivo investigar la acumulación de cadmio en *Beta vulgaris*, con disímiles proporciones de biochar del tallo en los maíces y en los suelos contaminados con cadmio. En la metodología se realizó una prueba en macetas de invernadero, se estudiaron las formas químicas de cadmio en *Beta vulgaris* para explorar el mecanismo donde el biochar de tallo de maíz promovió la acumulación de cadmio en *Beta vulgaris*. En los resultados la modificación con 5% de biochar mostraron que el peso seco de la raíz de *Beta vulgaris* aumentó al 267%, la acumulación de cadmio en *Beta vulgaris* incrementó al 206%, la concentración de cadmio en hojas y raíces aumentó en 36% y 52%. Después de aplicar al suelo un 5% de biochar, el contenido total de cadmio aumentó un 38%, mientras que el contenido de cadmio unido a óxidos de Fe, Mn disminuyó un 40%, el cadmio puede unificarse principalmente a la pared celular de la raíz y la porción de cadmio, extraído con NaCl a Cd extraído con HAc al 166% con un 5% de biochar. Se concluyó que *Beta vulgaris* puede eliminar el cadmio en el suelo y la eficiencia de la fitorremediación puede mejorarse con biochar.

(Ogundiran; Mekwunyei y Adejumo, 2018), tuvieron como objetivo investigar los potenciales de germinación, desarrollo, tolerancia y acaparamiento del Pb de la *Moringa oleífera*. En la metodología se utilizaron los suelos contaminados con compost y biochar modificados con Pb, para una fitorremediación en el suelo contaminado con escoria de Pb. Se aplicaron compost de estiércol de girasol y aves, biochar de cáscara de arroz y biochar de cáscara de maní a diez g/kg alejados de las tierras por triplicado, que fueron incubados por 2 semanas. En los resultados se analizaron raicillas y yemas de las hortalizas y las semillas de *Moringa oleífera* que se plantaron en un suelo contaminado de pb 100 %–32 640 mg/kg, la *Moringa oleífera* mejoró con el compost y el biochar de la producción de la cascara de arroz de raíces y brotes, la combinación de compost y *Moringa oleífera* mejoró la eficiencia de la fitoextracción de Pb 75%, 50 % y 25 %, la mezcla de biochar de maní y *Moringa oleífera*. Se concluyó que

se recomienda el uso de compost de biochar de cascara de arroz, biochar de cascarón de maní con *Moringa oleífera* para la mejora de los suelos contaminados.

(Rashid; et al., 2020) tuvieron como objetivo evaluar la influencia de ácidos húmicos y fúlvicos derivados materia orgánica en la biodisponibilidad de cadmio durante su crecimiento del trigo, suelos contaminados con cadmio. En la metodología se analizaron y seleccionaron dos cultivares de trigo *NARC-2011* (tolerante al cadmio) y *Shafaq-2006* (sensible al cadmio), los cultivares de trigo se cultivaron en suelos contaminados con concentraciones de Cd. Los resultados indicaron que, en la absorción y acumulación de Cd en los tejidos de trigo se encontraron máximas en el suelo, s1 (cd=4.18 mg kg⁻¹), la acumulación de Cd en raíces (799 µg kg⁻¹), brotes (121 µg kg⁻¹) y granos (68 µg kg⁻¹) fue mostrada por el cultivo de la *NARC-2011* en suelo s4 (cd=1.25 mg kg⁻¹). Las transformaciones de ácido fúlvico y húmico en suelos contaminados con aguas residuales (s1= soil cd 4.18, s2 = 3.23, s3 = 2.39 y s4 = 1.25 mg kg⁻¹ con v1 = NARC – 2011, v2 = Shafaq – 2006). Se concluyó que el cultivo de trigo *NARC-2011* crece en suelos regados con aguas contaminadas durante un largo tiempo, el cadmio disminuyó con el deterioro por motivo a la estabilización del ácido húmico y ácido fúlvico y la tolerancia varietal.

(Chang; et al., 2018), tuvieron como objetivo evaluar nueve especies de plantas nativas en áreas afectadas por descartes de minerales en el departamento de Ancash. En la metodología se cultivaron las plantas por circunstancias invernaderos en las tierras de mina por el periodo de cinco meses, luego se analizaron de acuerdo a su concentración de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn, en brotes, raicillas y tierra, como resultado se calculó la bioacumulación (BAF) y su factor de translocación (TF), de ello se pudo determinar que el total de los minerales que son acumulados en la raicilla y brotes podrían ser más adecuadas sobre la fitorremediación, se encontró que en *Werneria Nubigena* (Cd 16,68mg/kg; Cu 41,36mg/kg; Ni 26,85mg/kg; Zn 1691,03mg/kg) *Pennisetum Clandestium* (Pb

236 mg/kg) *Medicago Lupina*(Zn 1078,10mg/kg). Las agrupaciones de aleaciones dentro de las raicillas son altas en *Juncus Bufonius* (Cd 34,34mg/kg; Cu 251,07mg/kg; Ni 6,60mg/kg; Pb 718,44mg/kg) *M.lupina* (Zn2415,73mg/kg) *CalamagrostisRecta* (Cd1,09mg/kgCu1,80mg/kg; Ni 1,09mg/kg) *Achyrocline Alata* (Ni 137mg/kg; Zn1,85mg/kg) *J Bufonius*(Ni 2,72mg/kg; Zn 1,63mg/kg); como conclusión sugirieron que esas especies de hortalizas poseen potencial para una fitorremediación de tierras, de acuerdo a la capacidad que tiene para transferir y acumular minerales y su tolerancia en el ambiente contaminado por minerales en departamentos andinos del Perú.

(Zhang; et al., 2023) tuvieron como objetivo investigar los efectos de biochar, el ácido fúlvico y sus tratamientos combinados con metales pesados. En la metodología se realizó un experimento de incubación de 30 días para explorar el papel potencial del biochar y el ácido fúlvico y ayudar al hiperacumulador Ryegrass (*Lolium perenne* L. biodisponibilidad). En los resultados de la acumulación de metales pesados revelaron que el biochar y el ácido fúlvico fueron selectivos de acuerdo a su extracción de minerales pesados, comparado con la planta de control, el co-tratamiento de biochar y ácido fúlvico promovió la eficiencia de extracción por parte del Ryegrass para cadmio y zinc del sedimento, incrementándose sus contenidos en raíces y tallos en 50.7 % y 143.6% para cadmio, y 70.2% y 29.9% para zinc, respectivamente. En contraste el contenido de plomo en raíces disminuyó 59.9% y 62.1%. Se concluyó que al añadirse de biochar y ácido fúlvico aumentó la biodisponibilidad de cadmio y zinc en el sedimento, promoviendo que el ryegrass extraiga Cd y Zn del sedimento mejorando la eficiencia de remediación de Ryegrass, además el biochar y el ácido fúlvico podrían suscitar sobre su desarrollo de hortalizas para así incrementar la eficiencia de extracción al aumentar la biomasa del *Ryegrass*.

(Khan; et al., 2022), su principal objetivo fue determinar el nivel de metales pesados en muestras de suelo y agua, así como la capacidad fitoremediadora de nueve plantas silvestres. En la metodología se recolectó muestras de suelo,

agua y efluentes con presencia de contaminación de siete acerías, se sometieron a análisis de metales pesados con base del factor bioconcentración (FBC) y factor sobre translocación (TF) de las hortalizas. En los resultados las concentraciones de metales pesados en efluentes, para hierro (acería 4=0,908 mg/L), zinc (acería 4=0,717 mg/L), cromo (acería 7=0,550 mg/L), metales pesados en muestras de suelo contaminado, para hierro (64, 75mg/kg), zinc (1,043 mg/kg) y cromo (1,602mg/kg). El FBC de metales pesados más alto para zinc fue en las raíces *Vittata* (3,93), el valor más bajo en las hojas de *Verbascum* (0,306). La raíz de *Vittata* obtuvo el FBC más alto de hierro (1,618), las hojas de *Ricinus* fue más baja (0,023). El valor de bioconcentración en el cromo fue más elevado que las raíces de *Populus* (0,717), el valor más bajo fue en las hojas de *Persicaria maculosa* (0,031). Se concluyó que, la absorción de Fe, Zn y Cr depende de su concentración, las plantas nativas tienen potencial bioacumulación de metales pesados.

(Hasnaoui; et al., 2020), tuvieron su principal objetivo evaluar la detección de las hortalizas indígenas que crecen cerca a áreas contaminadas de minerías de plomo y zinc, metodológicamente se realizó el estudio de las mineras que han causado fuertes contaminantes por metales relacionados con los depósitos masivos de desechos peligrosos y mal gestionados. Los resultados arrojados de las catorce especies de plantas recolectadas de esta área solo cuatro plantas nativas, mostraron el valor más bajo del factor de bioconcentración FBC, las plantas *Reseda alba* (1,83%), *Cistus libanotis* (1,19%), *Stipa tenacissima* (1,46%), *Artemisia herba – alba* (1,83%) estas plantas se identificaron como hiperacumuladoras mostrando menor contenido sobre la materia orgánica en las tierras contaminadas, así mismos demostraron mayor agrupaciones de minerales pesados, *Artemisia herba - alba* , acumula gran cantidad de Pb en raíces , mientras que la *Reseda alba* acumula en sus brotes, con TF alto = 4,98, *Cistus libanotis*, hasta 1261,8 en brotes con TF > 1 *Stipa tenacissima* acumula 51mg kg⁻¹ PS de Cu y 0.87 mg kg⁻¹ PS de cd en sus raíces. Se concluyó que

estas especies de plantas, clasificadas como hipertolerantes tienen una fuerte capacidad para acumular varios metales pesados.

(Liu; et al., 2023), tuvieron como objetivo examinar la probabilidad de fitorremediación sobre pesados metales de la planta nativa (*Leymus Chinensis*). Metodología se realizó un experimento en macetas para el estudio y se examinó la factibilidad de la planta nativa (*Leymus chinensis*) para fitorremediar, se estudió los impactos que genera el fertilizante bioorgánico con lignito y el fertilizante orgánico basada en estiércol para fitorremediar suelos contaminados por metales pesados Pb, Cd, As, Zn, Cu, Ca 2+ y SO 4²⁻. Los resultados demostraron que, el peso seco de *L. Chinensis*, indistintamente del brote y la raíz, aumentó considerablemente en el fertilizante bioorgánico de lignito (401,55% y 212,28%), fertilizante con estiércol (151,16% y 142,11%). La relación raíz: Vástago fue menor en fertilizante bioorgánico a base de lignito (27,12%) que en CK (44,16%) y fertilizante bioorgánico (42,81%). Al aplicar el fertilizante bioorgánico favoreció considerablemente el crecimiento de *L. Chinensis*. Concluyeron que la planta nativa *Leymus chinensis* tiene capacidad fitoremediadora con metales pesados resaltando los impactos positivos realizado por dos tipos de fertilizantes bioorgánicos en la fitorremediación. *Leymus chinensis* junto con los fertilizantes bioorgánicos principalmente de lignito tiene una biomasa superior por ser el factor esencial en la fitorremediación, se utilizó como estrategia para remediar el suelo contaminado.

(Lu; et al., 2021), con su objetivo principal, explorar efectos de los suelos contaminados con plomo con cuatro plantas nativas fitorremedadoras (*ajenjo, diente de león, alfalfa, plátano*) en China. En la metodología se estudió la forma de redistribuir el plomo entre las plantas y la tierra con buen potencial de reparación de suelos, estas plantas fueron seleccionadas después de una comparación e identificando el plomo y su beneficio en desemejantes órganos y tejidos de vegetaciones. Los resultados de TF y BCF demostraron alta resistencia en las raíces a tallos, cuándo el contenido de Pb del suelo era inferior

al 5%, las tasas de eliminación de Pb del suelo por parte del *plátano*, el *diente de león* y el *ajenjo* fueron superiores al 30%. Las acumulaciones de plomo en las raíces son de 1,76% y 3,11%. Bajo las mismas condiciones de tratamiento, la acumulación de metal plomo en raíces de plátano fue de 3,11% y en tallos de ajenjo de 0,72%. Se concluyó un gran potencial de remediación de las plantas de ajenjo y plátano, que pueden usarse como planta que remedian las profanaciones del medio ambiente con el plomo dañino en espacios infecundas y semiáridas en la minería en el noroeste de China.

Según (Khahangwa, 2021) su objetivo es evaluar los potenciales de fitorremediación de variedades en las plantas seleccionadas alrededor de la minería aurífera. En la metodología se recolectaron y analizaron los brotes y las raíces de las especies de plantas alrededor de las áreas mineras y las muestras de suelos para comprobar las agrupaciones totales de minerales pesados, utilizando espectrómetro de la impregnación atómica (AAS) y espectrometría UV – VIS. Mostrando en resultados al evaluar los metales pesados, las raicillas de la planta cola de rata gigante (*Sporobolus Pyramydalis*) recolectaron una buena cantidad de Pb (757,78 $\mu\text{g g}^{-1}$, raíz de planta), *Bepharis Maderaspatensis* el Cd (158,11 $\mu\text{g g}^{-1}$, raíz de planta), *L. leucocephala* As (68,61 $\mu\text{g g}^{-1}$, raíz de planta) y (*Leucena Aleucocephala*) siendo la acumulo mayor manganeso (2734, 61 $\mu\text{g g}^{-1}$) y Niquel (4464,33 $\mu\text{g g}^{-1}$), cuando brotó *L.Leucoc33* $\mu\text{g g}^{-1}$ *ephala*, mayor cromo (1276.67 $\mu\text{g g}^{-1}$) y mayor cobre (2744.44 33 $\mu\text{g g}^{-1}$) en *Lcamara*. Se concluyó, las plantas estudiadas son hiperacumuladoras, y tienen la potencialidad de fitorremediar suelos contaminados con metales pesados. Los valores BAF y TF, *Sporobolus* y *pyramidalis* es un hiperacumulador de metales pesados, *Melinis Repens* es hiperacumulador de metales pesados, *Leucaena Leucocephala* es hiperacumulador de metales pesados.

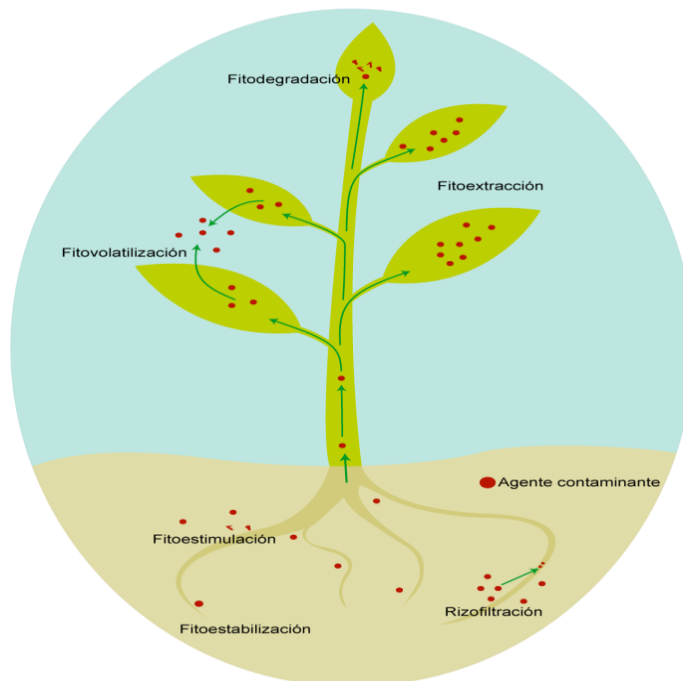
(Xiomin; et al., 2019) en su investigación, tiene como objetivo remediar los sedimentos degenerados con Cd del Río Xiangjiang, Changsha en China,

empleando biochar de despojos de té ramio (*Boehmeria nivea*). En la metodología, se utilizó biochar derivado de residuos de té ramio (*Boehmeria nivea*); para facilitar la fitorremediación de sedimentos contaminados con Cd donde, tuvieron que aplicar dosis distintas de biochar en las plantas, así mejoraron la comulación de capacidad CD y translocación en plantas. Los resultados mostraron que el biochar a 100, 500 y 1000 mg/kg⁻¹ aumentó la acumulación y translocación de Cd en las plántulas de té ramio (*Boehmeria nivea*); al cambiar la especiación de Cd el biochar en bajos contenidos alivió la toxicidad inducida por Cd en plántulas de té ramio (*Boehmeria nivea*); al promover el incremento de las plantas y aminorar estrés oxidativo, se concluyó que los microbios productores de ureasa, fosfatasa y catalasa señalaron que la biochar en pequeñas concentraciones, mejoraría la eficacia de la fitorremediación y así mitigar la toxicidad provocada por CD, ya que proporciona una aplicación tecnológica novedosa de la biomasa residual para controlar y mitigar los riesgos de los metales pesados.

(Wu; et al., 2021) su objetivo principal fue investigar las distribuciones de metales pesados en los suelos, en la metodología se realizó una investigación de campo en el contenido de minerales grandes en las tierras y hortalizas imperiosos en 3 lugares (A<0.5 km, B<1.0 km, C<1.5 km), de igual manera seleccionamos especies candidatas a su restauración de ambientes. Sus resultados se indicaron la contaminación de la tierra con Cromo (Cr), cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni) en varios estados que es 2.07%, 2.60%, 1.79% y 4.49% períodos más altos. El concentrado de Ni, Cd y Zinc (Zn) aumentó, mientras que el Cr, (Pb) y Cu disminuyeron con el trayecto a los relaves de la mina, se encontraron setenta y tres especies (34 estirpes) y primariamente hortalizas herbáceas. Se midió su condensado Cd 66,67%, Cu21,43%, Cr147% y Ni62% en 29 plantas dominantes. Se concluyó en base al análisis comparativo del contenido de metales pesados, factor de bioconcentración y factor de translocación que estas plantas pueden ser utilizadas como potencial candidatas a la fitorremediación.

En cuanto a las teorías relacionadas podemos mencionar que los metales son todas las sustancias y elementos químicos altamente conductores, maleables, flexibles y altamente reflectantes de la luz (Solano 2018). Las aleaciones no son biodegradables y deben eliminarse convirtiéndolos en sustancias no tóxicas por métodos físicos o químicos, de lo contrario tienden a acumularse en los organismos cuando ingresan a la cadena alimentaria, causando problemas de energía (Tasharofi et al.2018). Las aleaciones pesadas son muy oscuros ya que extienden a bioacumularse, lo que significa que la concentración de la sustancia química en los organismos vivos continúa aumentando con el tiempo en comparación sobre el medio ambiente (Rai et al.2019). La asociación de las aleaciones en vegetaciones ocurre a través de las raicillas, lo que está influenciado por el tiempo, el pH, la aireación, las condiciones redox y los fertilizantes, las especies de plantas, el tiempo de crecimiento y el sistema radicular (Argomeda y Gabriel, 2017). La fitorremediación es una tecnología que utiliza hortalizas y microorganismos, es una tecnología que integra los principios de la microbiología, la química del suelo y la fisiología vegetal (León 2017).

Figura 1. Esquema de las técnicas de fitorremediación



Fuente: Extraído de (Ashraf, 2019)

La fitoestabilización de plantas utiliza especies para evitar la transferencia de aleaciones muy pesados a sus fragmentos aéreos realizando la permeabilidad a través de sus raíces y la unión a varios aditivos en la tierra (Ashraf, 2019). La fitovolatilización, usa especies que absorben y trasladan aleaciones pesados desde las raíces hasta la parte superior de las plantas para convertir los metales en una forma más volátil y disminución tóxica (García y Vásquez, 2020). La fitoestimulación utiliza las interacciones de los vegetales con las bacterias para descomponer los contaminantes orgánicos (Corpus, 2018). La Fito extracción se considera un método no invasivo, económico y respetuoso con el medio ambiente que utiliza especies que absorben mediante la transferencia de aleaciones soporíferos a los segmentos aéreos de las hortalizas (Jara, 2018); (Martínez, 2018). La filtración de rizomas se usa para purificar el agua contaminada y otras aguas que fluyen a través de las raíces de las plantas, las plantas hidropónicas se usan para transferir el agua contaminada para que las raíces acumulen y embelesen el metal pesado (Corpus, 2018); (Vásquez 2020). La Fito degradación y la rizo degradación implican la absorción, el almacenamiento y la descomposición de compuestos orgánicos por enzimas vegetales para formar subproductos menos infectados y tóxicos (Jara, 2018); (García y Vásquez, 2020). Los factores que afectan la capacidad y habilidad de las plantas para absorber y transfluorurar metales pesados incluyen el factor de bioacumulación (BCF) y el factor de translocación (FT). El factor de bioacumulación (FBC) indica el grado de contagio y el aforo de transporte de metales pesados del suelo a los tejidos vegetales, indica la agrupación en raíces, tallos y hojas (Chen; et al., 2021); (Amaka; et al., 2022), estos factores FBC tienen las fórmulas:

$$FBC = \frac{\text{Metales pesados,raices .hojas o tallos}}{\text{Metales pesados}_{\text{suelo}}}$$

Para encontrar la capacidad de transporte de metales pesados de la planta, el coeficiente de transferencia debe ser mayor a 1, indica la capacidad de transporte de las raíces de la planta hacia la parte aérea (Alderete; et al., 2018). Teniendo esta la siguiente fórmula para solucionar las ecuaciones (Jara, 2018).

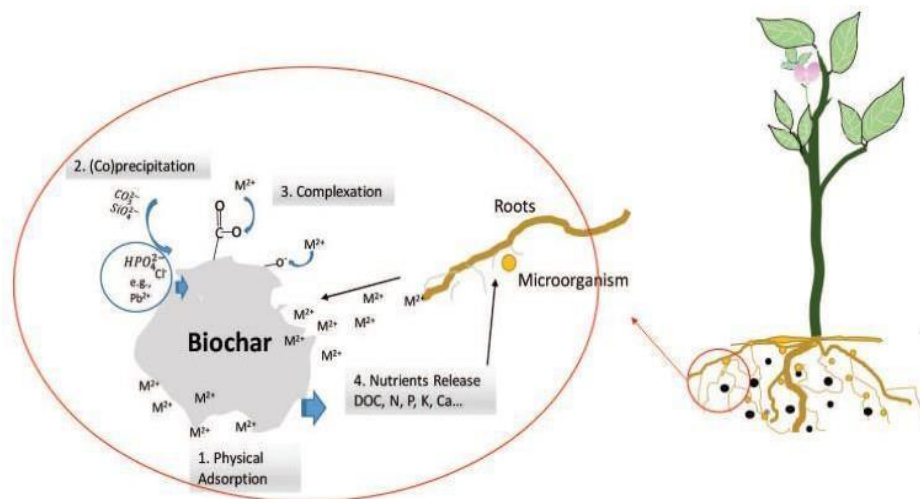
$$FT = \frac{\text{Metales pesados, raíces . hojas o tallos}}{\text{Metales pesados raíces}}$$

De esa manera se identifica la especie indicadora que está determinada según el valor de FBC. Esta raíz siempre es menor a 1 (Chuptaya y Molina, 2021)

$$FT < 1$$

El biocarbón es un producto conseguido a través de biomasa disponible las fuentes de materias primas para la producción de biocarbón son variables pueden ser agroforestales, agrícolas, orgánicos urbanos (Escalante, 2016). El biochar, promueve un entorno de suelo más favorable para el desarrollo de microorganismos beneficiosos y raíces de plantas al liberar lentamente los nutrientes y preservar las estructuras de la tierra (Sun, Sha y Chunming, 2018)

Figura 2. Efectos de la fitorremediación y biochar para tierras con metales pesados.



Fuente: Extraído de (Sun, Sha y Chunming, 2018)

En la Figura 2 se muestra técnicas enumeradas los cuales se describen de la siguiente manera:

- (1) Adsorción de metal físico catiónico, agua del poro de los suelos.
- (2) (CO) precipitación con fosfático, carbonato, silicatos y cloruros.
- (3) Complejicen mediante conjuntos simples sobre superficies en el biochar.
- (4) Liberación de los nutrimentos; N, P, K y Ca.

Para ello se muestran procedimientos (I, II y III) donde están refiriéndose que el biochar ayude a disminuir aquella concentración de los metales biodisponibles, dentro de los poros de la tierra para así reducir en mayor cantidad la fitotoxicidad. El ácido fúlvico es fundamental en el desarrollo salubre de la hortaliza, ayudan a establecer unas raíces más sanas y aumentar los rendimientos, es de color amarillo claro o marrón, es soluble con cualquier nivel de pH, son beneficiosos para un mejor desarrollo de la planta (Zamnesia, 2019). Soluble cuando se encuentra en un estado alcalino (López; et al., 2014); Las plantas juegan un papel transcendental porque se unen a los metales brutos disueltos y los recogen a través de sus raíces en sus partes aéreas para su bioacumulación; exclusivo: evita que los metales entren en la raíz e itinerarios que ayudan a regular la filtración y el transporte, (Guerra; Muñoz y Sokolski, 2021). *Chicoria blanca*, viene a ser una de las especies indígenas que solo pueden ser encontradas entre dos mil ochocientos a cinco mil metros sobre el nivel del mar, ya que están dispersas solo en los lugares andinos del suelo peruano, boliviano y ecuatoriano (Beltrán, 2017)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Nuestro estudio es de tipo aplicada porque tiene un propósito práctico, y busca encontrar soluciones a aquellos problemas plasmados en el estudio realizado, depende de la investigación básica y de la aplicación inmediata y directa en la realidad para resolver el problema (Risco, 2020). De igual forma las investigaciones aplicadas nos permiten disponer de las informaciones que nos ayuden a dar soluciones y alternativas a nuestros problemas. Su principal finalidad es darnos a conocer los fundamentos y las creaciones de los conocimientos (Ramírez, et al., 2018).

Diseño de investigación: La investigación realizada, tiene el diseño experimental puro, porque es realizado mediante los análisis de los resultados de suelo y recolección de datos durante el proceso del estudio de investigación para estudiar la eficiencia del ácido fúlvico y el biochar en la planta *Werneria nubigena* en la fitorremediación de los suelos contaminados por los metales pesados. La investigación experimental puro, manipula variable independiente y dependiente en un escenario de intervención. De manera que se sabe que es muy necesario que se efectúe la medición al fenómeno del estudio realizado y sean probos y así poder avalar su validez (Cornelio; et al., 2012). La investigación experimental realizada nos permitirá manifestar los presupuestos y las hipótesis explicativas planteadas, aquellas investigaciones son trabajadas relacionamente entre la causa y los efectos inmediatos, es allí donde se requiere una aplicación de los métodos experimentales (Sánchez; Carlessi y Reyes, 2015)

3.2 Variables y operacionalización:

Una variable es un aspecto o dimensión de un fenómeno caracterizado por la capacidad de obtener diferentes valores ya sea cualitativa o cuantitativamente. (Tamayo, 2003). Las variables son dominadas como los factores que interceden como efecto y/o causa en el proceso o fenómeno de la realidad, estableciendo parte transcendental en la disposición del experimento (Espinoza, 2019). Una variable es algo que se puede medir, y especificar que debe representar niveles de volatilidad y reducirse a un paralelismo conceptual, el nivel de actividad debe

ser observable y medible, así se originen en la unidad de análisis contenida en las hipótesis y en la formulación del problema de investigación (Betacur, 2012) Por ende, la presente investigación dispone de dos variables (Anexo N°01) tenemos las siguientes variables:

- **Variable independiente:** Planta vegetal *Werneria nubigena*. La variable independiente es una de las causas en la apariencia o expansión de la variable independiente (Oyola, 2021)
- **Variable dependiente:** Metales pesados. Se comprende como el resultado de la investigación y se modifican debido a la variable independiente (Espinoza, 2018).
- **Definición conceptual:** Los metales pesados son resbaladizos porque extienden a bioacumularse, esto significa que habrá una extensión continua de agrupación de unas sustancias químicas en los organismos a lo largo del período, en su colación con el medio ambiente (Rai; et al.2019).
- **Definición operacional:** Mediante la planta *Werneria nubigena* se recuperará las tierras descompuestas por aleaciones brutos, además se aclimatará por 3 meses para después ser trasplantadas en macetas y se procederá a realizar el estudio por 30 días, se analizará el tejido de la especie para determinar la capacidad de concentración de aleaciones pesados (As, Cd, Pb), así mismo se realizará una dosificación de ácido fúlvico y biochar, para observar los cambios en los suelos contaminados. La definición operacional muestra que aquellas actividades siempre deben ser realizadas para su correcta medición entre variables; así poder analizar, interpretar los datos más relevantes obtenidos (Hernández-Sampieri et. al, 2013). Es un conjunto de procedimientos y actividades que se desarrollan para medir una variable (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).
- **Indicadores:** Se tomaron los indicadores ácido fúlvico al 0.1% y biochar al 3%. Los indicadores vienen a ser propiedades que siempre manifiestan y observan, si está relacionada de forma

empírica, si bien es cierto obligatoriamente estas deben ser de forma casual, a una posesión latente y visible (Mora y Araujo, 1971) en (Cazau ,2006).

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: Especie vegetal *Werneria nubigena* de una zona de Tahona-Cajamarca. Viene a ser un conjunto limitado y accesibles del universo ya que, ello forma al individuo para su elección en las investigaciones realizadas (Lerma; et al., 2021). Una población es conocida como el grupo de casos formado para elegir la muestra que cumple criterios predeterminados para realizar un estudio (Arias; et al., 2016).

En particular, la población estudiada esta dada por la cantidad de especies vegetales de *Werneria Nubigena* que se prolifera en el centro poblado Tahona – Cajamarca. Esta elección se hace, ya que se desea estudiar cual es el efecto de ácido fúlvico y biochar, para lograr determinar la eficacia en la fitorremediación con la especie vegetal antes mencionada

Muestra: Nuestro estudio realizado utilizó 12 plantas de la especie vegetal *Werneria nubigena* aclimatándolas por tres meses, para luego ser sembradas en macetas. Se realizó una dosificación de ácido fúlvico al 0.1% y biochar al 3% para realizar el estudio por 30 días y determinar su efecto fitorremediador. Las plantas fueron obtenidas de la zona del centro poblado Tahona - provincia de Hualgayoc – departamento de Cajamarca. Muestra es el conjunto de grandes unidades tomadas de la población, teniendo en cuenta que representan las características que manifiestan en la población está enlazada a (Porrás, 2017). Muestra se define como un conjunto de actividades realizadas para estudiar la distribución de ciertas características en toda una población, universo o grupo a partir de observaciones sobre una parte de una población determinada (Tamayo, 2006). La muestra es conocida como el subconjunto de la población de estudio realizado, esta tiene que ser respectivamente representada como el conjunto de una población de acuerdo al tipo de investigación (Morillas, 2007).

Muestreo: Nuestra investigación esgrimió, muestreo probabilístico aleatorio simple, por haberse utilizado muestras representativas con las mismas características. Muestreo es una manera que responden las necesidades de información estrecha sobre una población y el conjunto de elementos que la componen; el muestreo se refiere a encuestas de partes de una población, cuyo propósito es sacar conclusiones sobre toda la población (Gutierrez, 2016).

Unidad de análisis: En la investigación, se conoce que la unidad del análisis realizado es la especie vegetal *Werneria nubigena* y el producto orgánico (Biochar y ácido fúlvico). El dispositivo de observaciones es definido como el tipo del objeto delimitado por el estudio para ser buscado (Azcona, Manzini y Dorati, 2013). La unidad del análisis realizado viene a ser la estructura categóricamente en donde, se sabe que a partir de ello podemos responder las interrogantes plasmadas en la investigación, como por ejemplo, preguntas de investigaciones (Picón y Milan, 2014).

34 Técnicas, instrumentos de recolección de datos:

En la investigación se plasmó la técnica observacional experimental. Las observaciones experimentales son conocidas como el análisis prospectivo ya que esta se caracteriza porque siempre manipula de manera directa las variables, ligeramente de un factor de publicación por el investigador (Bustamante y Idrogo, 2020).

Se harán análisis del efecto del ácido fúlvico y el biochar para determinar el porcentaje fitorremediador en la planta *Werneria nubigena*.

Instrumentos de recolección de datos:

Se realizó dos fichas de registros de recolección de datos, de acuerdo al diseño propio, en ella anotamos los datos observados como resultado de la identificación de la especie vegetal *Werneria nubigena* y la dosificación del tratamiento que se añadió en las macetas del suelo contaminado por metales pesados, estos se encuentran en el Anexo 02. En la siguiente tabla también se detalla, el equipo como instrumento utilizado en la investigación:

Tabla 1 Instrumentos de recolección de datos

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
INSTRUMENTO	MARCA	DEFINICIÓN	ETAPA
GPS	GARMIN	Según (Torres, 2015), Sistema de procesamiento de satélites que proporcionan puntos que están situados en la superficie terrestre.	Se utilizará para ubicar las coordenadas del lugar donde se encuentran las plantas para su extracción.

Fuente: Elaboración propia

3.5 Procedimientos:

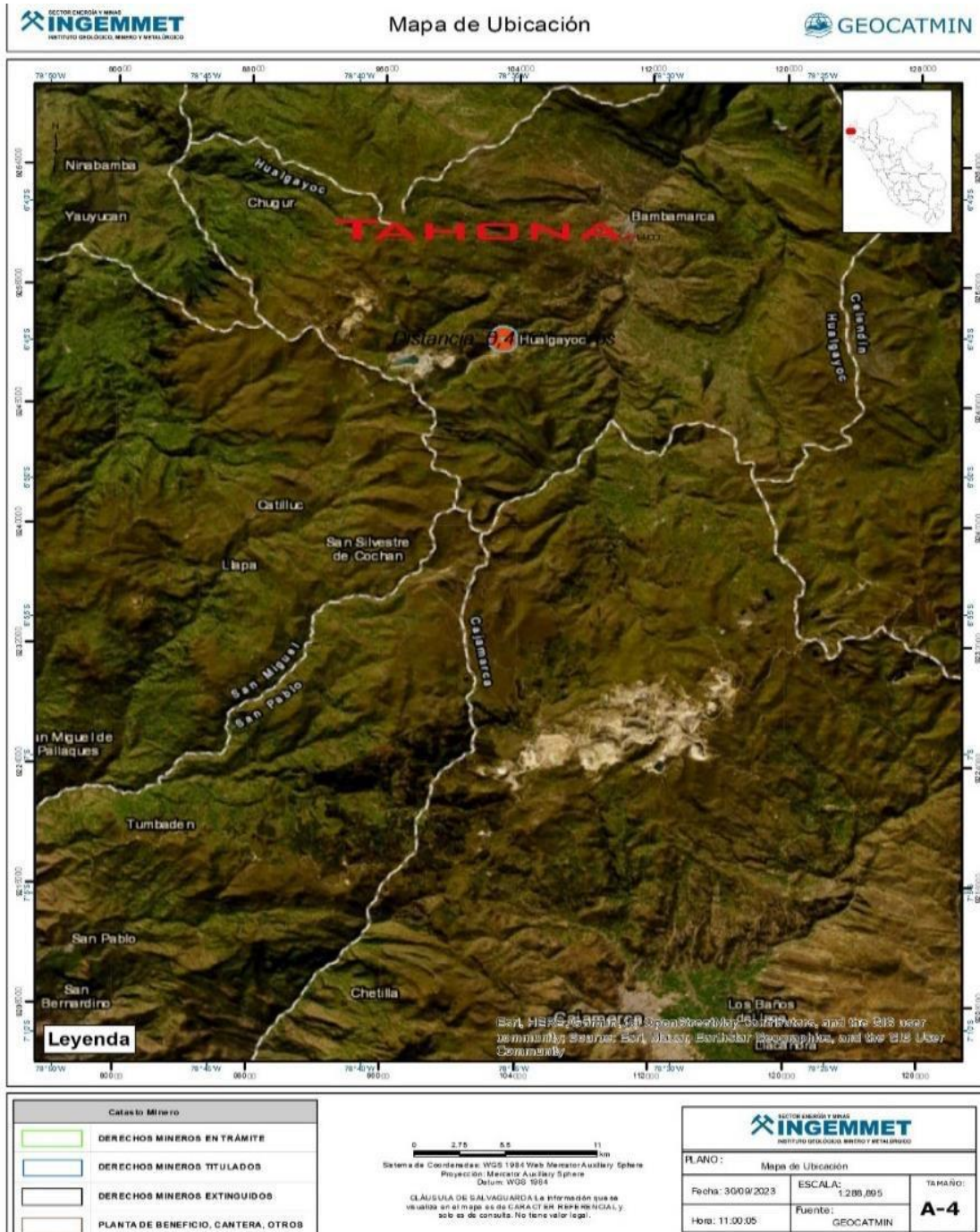
- Ubicación del trabajo

El centro poblado Tahona se encuentra en el distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, se encuentra ubicada a 3450 m.s.n.m, su clima es frío con lluvias periódicas desde el mes de abril a noviembre.

Este: 766451.70 m

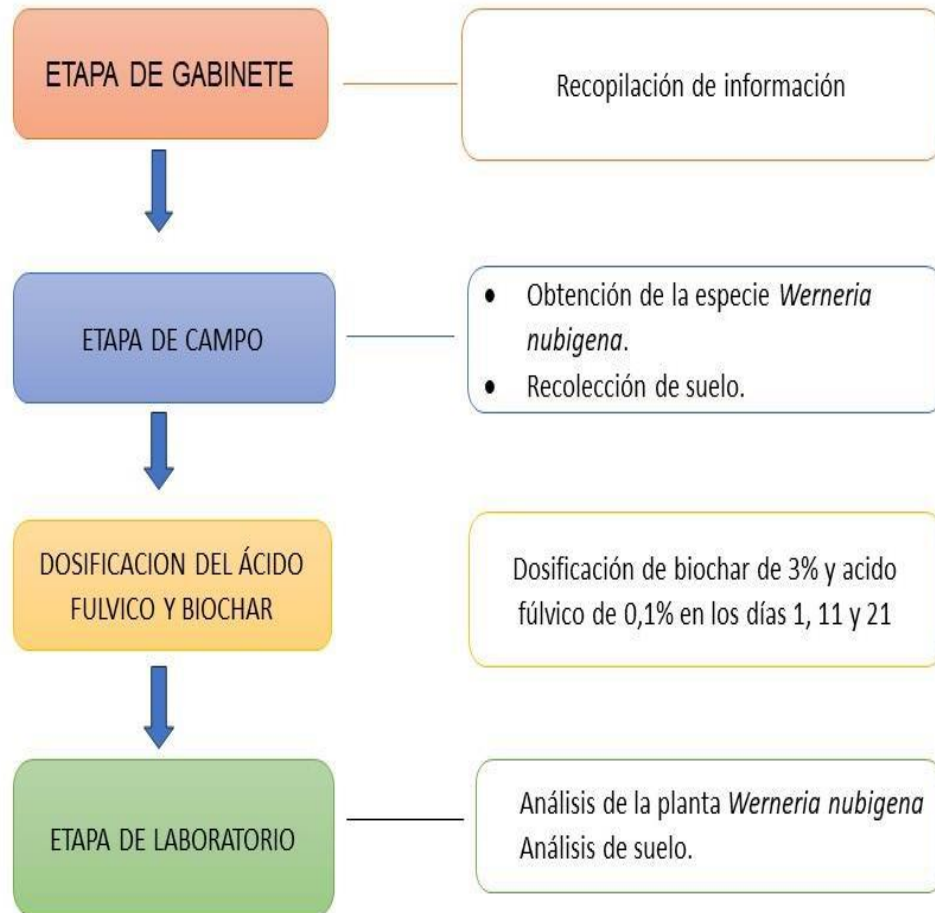
Norte: 9253226.38 m

Figura 3. Ubicación Geográfica muestras de suelo y planta de Tahona – Cajamarca



Fuente: Elaboración propia Geocatmin

Figura 4. Esquema de procedimiento de la investigación



Fuente elaboración propia

- **ETAPA DE GABINETE:**

Se recolectó la información de artículos científicos e investigaciones de la especie *Werneria nubigena*, del ácido fúlvico y biochar en un periodo de 8 semanas.

- **ETAPA DE CAMPO**

Para empezar nuestro proyecto se colecto la especie vegetal *Werneria nubigena* del centro poblado de Tahona -Cajamarca, realizamos el análisis con la planta extraída en el mes de mayo y también se colectó una muestra el mes

de agosto con el fin de analizar las concentraciones de metales y factores de bioacumulación en la especie vegetal, para así desarrollar nuestro experimento en las 12 plantas traídas en el mes de mayo, cabe mencionar que la elección de las muestras analizadas fue completamente al azar, teniendo en cuenta que nuestra especie vegetal analizada está dentro del margen de los estándares de calidad ambiental (ECA, MINAM, 2017). Así de esta manera llevar a cabo el desarrollo de nuestro proyecto.

- **TRATAMIENTOS:**

Se dispusieron en doce grupos de tratamiento de la manera siguiente: Suelo contaminado con *Werneria nubigena* como planta control, suelo contaminado con *Werneria nubigena* más biochar (BC), suelo contaminado con *Werneria nubigena* más ácido fúlvico (FA), suelo contaminado con *Werneria nubigena* más biochar y ácido fúlvico (BC+AF). Cada grupo de tratamiento se realizó por tres repeticiones y se dosificará los días 1, 11 y 21 al 0.1% de ácido fúlvico y se mantendrá al 3% de biochar por 30 días, luego se colectaron las muestras los días 10, 20 y 30 para su posterior análisis en el laboratorio.

Figura 5. Agrupación en macetas de la especie *Werneria nubigena* y suelo



Fuente: Elaboración propia

DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

Tabla 2 Distribución de las unidades experimentales

CONTROL 0%	DOSIFICACIÓN (3% BIOCHAR)	DOSIFICACION (0,1% ÁCIDO FÚLVICO)	DOSIFICACION (3% BIOCHAR+ O, 1% ÁCIDO FÚLVICO)
R1 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO)	R1 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO + BIOCHAR)	R1 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO + ÁCIDO FÚLVICO)	R1 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO + BIOCHAR + ÁCIDO FÚLVICO)
R2 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO)	R2 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO + BIOCHAR)	R2 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO + ÁCIDO FÚLVICO)	R2 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO + BIOCHAR +ÁCIDO FÚLVICO)
R3 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO)	R3 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO + BIOCHAR)	R3 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO + ÁCIDO FÚLVICO)	R3 (ESPECIE VEGETAL EN SUELO CONTAMINADO + BIOCHAR + ÁCIDO FÚLVICO)

Fuente: Elaboración propia

- Pasos para el tratamiento en suelos contaminados por metales pesados con *Werneria nubigena*.
 - a. Recolección de las plantas: proceso que se realizó en la mañana y se colectaron doce plantas para realizar el experimento.

Figura 6. Recolección de la planta *Werneria nubigena*



Fuente: Elaboración propia

b. Recolección de suelo contaminado.

El recolectado de suelo contaminado se basó en estimaciones sensoriales, como es el colorido donde claramente se evidencia el paso de la contaminación de suelos por metales pesados (MINAM, 2014), el suelo contaminado fue utilizado como sustrato en el experimento.

Figura 7. Recolección de suelo contaminado



Fuente: Elaboración propia

c. Aclimatación de la planta *Werneria nubigena* por tres meses colectadas de Tahona hacia Cajamarca.

Figura 8. Aclimatación de la planta



Fuente: Elaboración propia

d. Sembrado de la especie vegetal *Werneria nubigena*

El sembrado de las plantas se realizó en botellas de plástico, que fueron utilizadas como macetas de 12 cm cada una, hicimos el sembrado de 12 especies vegetales de *Werneria nubigena* con suelo contaminado respectivamente en cada muestra.

Figura 9. Sembrado de la especie *Werneria nubigena*



Fuente: Elaboración propia

e. Peso del sedimento en macetas

El suelo contaminado se pesó mediante una balanza electrónica teniendo como peso de la maceta 0,025 kg y el suelo 1,200 kg haciendo un total de 1,225 kg para luego proceder a realizar el sembrado.

Figura 10. Pesado del sedimento



Fuente: Elaboración propia

f. Dosificación de ácido fúlvico y biochar

Al momento de realizar el sembrado de la especie *Werneria nubigena* se realizó la dosificación de ácido fúlvico en un porcentaje del 0,1%, al mismo tiempo, también se realizó la dosificación de biochar que se mantendrá en un porcentaje de 3%, esta dosificación de ácido fúlvico se realizará los días 1, 11 y 21 por 30 días.

Figura 11. Dosificación de ácido fúlvico y biochar



Fuente: Elaboración propia

g. Análisis del experimento obtenido

Cada agrupación de tratamiento se realizó por tres repeticiones, los días 10,20 y 30 para luego ser llevadas las muestras al laboratorio.

Figura 12. Especie vegetal *Werneria nubigena* para ser analizada



Fuente: Elaboración propia

h. Análisis de laboratorio

Se determinó mediante los análisis que se llevarán al laboratorio del INIA.

- Especie vegetal *Werneria nubigena*
- Suelo contaminado

Figura 13. Laboratorio Estación Experimental INIA



Fuente: Elaboración propia Laboratorio INIA

3.6 Métodos de análisis de datos

Para el procedimiento de interpretación del correcto análisis de los datos realizados, se obtuvieron los informes de ensayo entregados por el laboratorio del INIA, se utilizó las hojas de cálculo del programa de Microsoft Excel 2016 para la elaboración de las tablas y gráficos, entre otros. Para el análisis estadístico, se utilizó la prueba ANOVA. Para la recopilación, edición y procesamiento de la información teórica se realizó en el programa Microsoft Word 2016.

3.7 Aspectos éticos

El siguiente proyecto de investigación se realizó de acuerdo con el código de ética de la universidad, tipos científicos de responsabilidad y credibilidad, teniendo en cuenta los lineamientos, y normas ISO 690 que brinda la universidad en el área de calidad docente. Este estudio dará resultados reales, al final del estudio, sobre métodos, análisis, procedimientos y resultados del tratamiento de la contaminación de la especie vegetal *Werneria nubigena* serán

publicados por la Universidad César Vallejo, de acuerdo a los discernimientos de la autenticidad, autonomía y legitimidad durante el transcurso y consumación del proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS

Dosificación del ácido fúlvico y biochar

Se realizó la manipulación del suelo para lograr la absorción de los metales pesados (As, Cd y Pb).

Aplicamos la siguiente dosificación:

Cálculos de ácido fúlvico (AF)

10ml x L 1 cilindro x hect	⇒	1,2 kg = 1200g 1200g = 0,1 % 1200 x 0,001 = 1,2 ml
-------------------------------	---	----------------------------------------------------------

Cálculos de biochar

1,2 kg = 1200 g 1200 = 3 %	⇒	1200 x 0,03 = 36,6g
-------------------------------	---	---------------------

Estos cálculos obtenidos se aplicaron para los tratamientos de Biochar (B), ácido fúlvico (AF) y biochar más ácido fúlvico (B+AF).

Tabla 3. ECA 2017, establecido para la elaboración de tesis, en la muestra de la especie vegetal *Werneria nubigena*.

Metales pesados	Unidad	Muestra Mayo	Muestra Agosto	ECA
Arsénico (As)	mg/kg	< 0,05	0,309	50
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,131	0,514	1,4
Plomo (Pb)	mg/kg	4,858	6,548	70

Fuente: Elaboración Propia _ECAS_ MINAM 2017

En la tabla 3, se muestra la comparación de los resultados de análisis de laboratorio en la especie vegetal *Werneria nubigena* con los ECAS, para conocer que la especie vegetal en mención se encuentre libre de metales (As, Cd y Pb), para el estudio a realizar.

Resultados de laboratorio del suelo

De acuerdo a los análisis de laboratorio realizado a las muestras de suelo se tienen los siguientes resultados para arsénico, cadmio y plomo.

Tabla 4. Resultados de laboratorio INIA– Suelo en sus repeticiones 1,2 y 3

DIMENSIÓN	SUELOS				
	metal	Suelo (mg/kg)	Repetición 1 (mg/kg)	Repetición 2 (mg/kg)	Repetición 3 (mg/kg)
Planta control	As	16,34	13,52	9,07	8,71
	Cd	20,07	14,27	3,29	5,37
	Pb	1380,79	370,32	250,66	175,59
Biochar	As	16,34	14,86	10,47	11,63
	Cd	20,07	20,01	16,05	15,79
	Pb	1380,79	203,52	194,66	197,27
Ácido fúlvico	As	16,34	7,15	6,93	6,6
	Cd	20,07	17,23	13,62	10,38
	Pb	1380,79	480,96	367,94	216,5
Biochar + ácido fúlvico	As	16,34	15,54	14,49	7,6
	Cd	20,07	15,15	14,95	13,8
	Pb	1380,79	183,07	180,02	105,21

Fuente: Elaboración propia_INIA

En la tabla 4, se muestran los resultados de análisis del laboratorio en el suelo con As, Cd y Pb.

Arsénico (As):

Planta control: Se observan variaciones considerables entre repeticiones, con un rango de concentraciones de As de 8.71 mg/kg a 13.52 mg/kg. Esto indica una variabilidad intrínseca en las repeticiones bajo condiciones similares.

Biochar: En algunas repeticiones, el biochar parece incrementar las concentraciones de As en comparación con la planta control. Este aumento sugiere una posible interacción entre el biochar y el arsénico en el suelo.

Ácido fúlvico: Se observa una tendencia consistente de reducción en las concentraciones de As en comparación con otras condiciones. Esto indica que el ácido fúlvico puede tener un efecto estabilizador o de reducción en la presencia de arsénico en el suelo.

Biochar + Ácido fúlvico: Muestra fluctuaciones en las concentraciones de As entre repeticiones, aunque algunas se mantienen relativamente estables. Esto sugiere una interacción compleja entre el biochar y el ácido fúlvico en la presencia y movilidad del arsénico en el suelo.

Cadmio (Cd):

Planta control: Existen variaciones significativas entre las repeticiones, con la repetición 2 mostrando una concentración baja de 3.29 mg/kg. Esto indica una alta variabilidad en las concentraciones de cadmio bajo condiciones similares.

Biochar y Ácido fúlvico: Ambos parecen aumentar las concentraciones de Cd en general en comparación con la planta control. Esto sugiere que tanto el biochar como el ácido fúlvico pueden estar influyendo en la movilidad o disponibilidad del cadmio en el suelo.

Biochar + Ácido fúlvico: Muestra concentraciones más estables y consistentemente más altas de Cd en comparación con otras condiciones, lo que sugiere una posible interacción sinérgica entre el biochar y el ácido fúlvico en relación con la presencia de cadmio en el suelo.

Plomo (Pb):

Planta control: Exhibe concentraciones altas que varían entre 175.59 mg/kg y 370.32 mg/kg en diferentes repeticiones, mostrando una variabilidad significativa en las concentraciones de plomo.

Biochar y Ácido fúlvico: Ambos parecen reducir las concentraciones de Pb en comparación con la planta control en la mayoría de las repeticiones, lo que sugiere un

efecto estabilizador o de reducción de estos materiales en la presencia de plomo en el suelo.

Biochar + Ácido fúlvico: Muestra una tendencia general a reducir las concentraciones de Pb en todas las repeticiones, con variaciones menores. Esto sugiere que la combinación de biochar y ácido fúlvico puede tener un efecto más consistente en la reducción de la presencia de plomo en el suelo.

Tabla 5. Prueba ANOVA, para arsénico, cadmio y plomo

	Arsénico (As)		Cadmio (Cd)		Plomo (Pb)	
Muestra Control	Media	10,43333333	Media	7,643333333	Media	265,523333
	Mediana	9,07	Mediana	5,37	Mediana	250,66
	Desviación estándar	2,6791852	Desviación estándar	5,832335153	Desviación estándar	98,2121797
	Mínimo	8,71	Mínimo	3,29	Mínimo	175,59
	Máximo	13,52	Máximo	14,27	Máximo	370,32
	Nivel de confianza (95.0%)	6,655464991	Nivel de confianza (95.0%)	14,4883237	Nivel de confianza (95.0%)	243,972579
Biochar	Media	12,32	Media	17,28333333	Media	198,483333
	Mediana	11,63	Mediana	16,05	Mediana	197,27
	Desviación estándar	2,274884612	Desviación estándar	2,364938336	Desviación estándar	4,55291482
	Mínimo	10,47	Mínimo	15,79	Mínimo	194,66
	Máximo	14,86	Máximo	20,01	Máximo	203,52
	Nivel de confianza (95.0%)	5,651126656	Nivel de confianza (95.0%)	5,874832507	Nivel de confianza (95.0%)	11,3100674
Ácido fúlvico	Media	6,893333333	Media	13,74333333	Media	355,133333
	Mediana	6,93	Mediana	13,62	Mediana	367,94
	Desviación estándar	0,276827263	Desviación estándar	3,426665045	Desviación estándar	132,694314
	Mínimo	6,6	Mínimo	10,38	Mínimo	216,5
	Máximo	7,15	Máximo	17,23	Máximo	480,96
	Nivel de confianza (95.0%)	0,687677043	Nivel de confianza (95.0%)	8,512307865	Nivel de confianza (95.0%)	329,630949
Acido fúlvico + biochar	Media	12,54333333	Media	14,63333333	Media	156,1
	Mediana	14,49	Mediana	14,95	Mediana	180,02
	Desviación estándar	4,313123385	Desviación estándar	0,7285831	Desviación estándar	44,0984093
	Mínimo	7,6	Mínimo	13,8	Mínimo	105,21
	Máximo	15,54	Máximo	15,15	Máximo	183,07
	Nivel de confianza (95.0%)	10,71439246	Nivel de confianza (95.0%)	1,809900754	Nivel de confianza (95.0%)	109,546521

Fuente: Elaboración propia_INIA

Mediante el análisis y la aplicación de la prueba ANOVA en la tabla 5, tenemos las siguientes medidas descriptivas de acuerdo a sus resultados.

Arsénico (As):

La concentración promedio de arsénico es más alta en las muestras de biochar que en la planta Control y el ácido fúlvico. La combinación de ácido fúlvico + biochar muestra una concentración variable, pero en promedio similar al biochar. En general, las concentraciones de arsénico varían entre los diferentes tipos de muestras, con el biochar mostrando la mayor concentración promedio.

Cadmio (Cd):

El cadmio tiene concentraciones notoriamente más altas en las muestras de biochar en comparación con las otras condiciones. La combinación de ácido fúlvico + biochar tiene una concentración media similar a la del biochar, pero con una desviación estándar menor, lo que sugiere una menor variabilidad en las concentraciones.

Plomo (Pb):

Las muestras de ácido fúlvico muestran las concentraciones más altas de plomo en comparación con las otras condiciones, seguidas por la Muestra Control. Tanto el Biochar como la combinación de ácido fúlvico + biochar tienen concentraciones de plomo considerablemente más bajas en comparación con las muestras anteriores.

Medidas descriptivas

Arsénico (As):

Muestra control: La concentración promedio de arsénico es 10.43, con una desviación estándar de 2.68. Los valores oscilan entre 8.71 y 13.52.

Biochar: Presenta una concentración promedio ligeramente más alta (12.32) que la muestra control. La variabilidad es menor con una desviación estándar de 2.27. Los valores están entre 10.47 y 14.86.

Ácido fúlvico: Tiene la concentración más baja de arsénico con una media de 6.89 y una menor variabilidad (desviación estándar de 0.28). Los valores oscilan entre 6.6 y 7.15.

Acido fúlvico + biochar: Muestra un promedio intermedio de 12.54 y una variabilidad más alta (desviación estándar de 4.31). Los valores están entre 7.6 y 15.54.

Para cadmio (Cd):

Muestra Control: La concentración promedio de cadmio es 7.64, con una desviación estándar alta de 5.83. Los valores varían ampliamente entre 3.29 y 14.27.

Biochar: Tiene la concentración promedio más alta (17.28) con una desviación estándar más baja de 2.36. Los valores están entre 15.79 y 20.01.

Ácido fúlvico: Presenta una concentración media de 13.74 y una desviación estándar de 3.43. Los valores oscilan entre 10.38 y 17.23.

Acido fúlvico + biochar: Tiene un promedio ligeramente más bajo (14.63) que Biochar con una desviación estándar baja de 0.73. Los valores están entre 13.8 y 15.15.

Para plomo (Pb):

Muestra Control: La concentración promedio de plomo es 265.52, con una alta desviación estándar de 98.21. Los valores varían entre 175.59 y 370.32.

Biochar: Tiene una concentración promedio más baja (198.48) con una desviación estándar de 4.55. Los valores están entre 194.66 y 203.52.

Ácido fúlvico: Muestra la concentración más alta de plomo (355.13) con una desviación estándar alta de 132.69. Los valores oscilan entre 216.5 y 480.96.

Acido fúlvico + biochar: Presenta una concentración media de 156.1 con una desviación estándar de 44.10. Los valores están entre 105.21 y 183.07.

Análisis:

Biochar muestra altas concentraciones de Cadmio, pero concentraciones más bajas de Arsénico y Plomo en comparación con otras condiciones.

El Ácido fúlvico + biochar tiende a tener concentraciones más bajas en general para estos elementos en comparación con el Biochar individualmente.

El Ácido fúlvico tiene concentraciones bajas de Arsénico y Cadmio, pero altas de Plomo.

La Muestra Control muestra niveles altos de Plomo y concentraciones moderadas de Arsénico y Cadmio.

Tabla 6. Prueba ANOVA, análisis de las concentraciones de arsénico, cadmio y plomo en suelos

	Metal	Promedio	% Mejorado	Suma	Porcentaje
Muestra Control	As	10,4333333	36,19	178,89	28,2223204
	Cd	7,64333333	61,93		
	Pb	265,523333	80,77		
Biochar	As	12,32	24,6	124,25	19,6021203
	Cd	17,2833333	13,9		
	Pb	198,483333	85,75		
Ácido fúlvico	As	6,89333333	85,83	191,65	30,2353832
	Cd	13,7433333	31,54		
	Pb	355,133333	74,28		
Ácido fúlvico, biochar	As	12,5433333	23,26	139,07	21,9401761
	Cd	14,6333333	27,11		
	Pb	156,1	88,7		
Suma Total				633,86	100

Fuente: Elaboración propia

Mediante la prueba ANOVA en la tabla 6, analizamos las concentraciones de arsénico, cadmio y plomo que presenta el suelo aplicado a las muestras, para tener el resultado de los porcentajes de dichos metales.

El biochar, parece haber aumentado las concentraciones promedio de As y Cd en comparación con la muestra control, mientras que ha reducido la concentración de Pb.

El ácido fúlvico, ha reducido considerablemente las concentraciones de As y Cd, pero ha aumentado la concentración de Pb.

La combinación de ácido fúlvico y biochar, tiene un impacto positivo en la reducción de As y Cd, con una disminución en la concentración de Pb en mayor medida que el biochar solo, aunque menor que el ácido fúlvico.

La suma total de mejoras (100%) indica cómo en conjunto estas diferentes muestras afectan la presencia global de estos metales en el suelo en comparación con la muestra de control. Estos resultados señalan que distintas adiciones al suelo, como el biochar y el ácido fúlvico, tienen efectos variables en la concentración de estos metales. Esto es crucial para evaluar cómo diferentes enmiendas o tratamientos pueden influir en la calidad y composición del suelo en términos de la presencia de arsénico, cadmio y plomo.

Arsénico (As): El biochar muestra un aumento del 24.6% en la concentración promedio de As respecto a la muestra control, mientras que la combinación de ácido fúlvico y biochar tiene un aumento del 23.26%. Ambos incrementan las concentraciones de As. El ácido fúlvico muestra una reducción del 85.83%, lo que indica una fuerte disminución en la concentración de As respecto a la muestra control.

Cadmio (Cd): El biochar aumenta las concentraciones de Cd en un 13.9%, y la combinación de ácido fúlvico y biochar aumenta en un 27.11% en comparación con la muestra control. Ambos incrementan las concentraciones de Cd. El ácido fúlvico reduce las concentraciones de Cd en un 31.54%.

Plomo (Pb): El biochar reduce las concentraciones de Pb en un 85.75%, y la combinación de ácido fúlvico y biochar las reduce en un 88.7%. Ambos disminuyen las concentraciones de Pb. El ácido fúlvico incrementa las concentraciones de Pb en un 74.28%.

Tabla 7. Prueba ANOVA, evaluación del efecto del ácido fúlvico y biochar en la fitorremediación con la especie *Werneria nubigena* en suelos contaminados

Tratamientos	Metal	Promedio	% Mejorado	Suma	Porcentaje
Biochar	As	12,32	24,6	124,25	19,6021203
	Cd	17,28333333	13,9		
	Pb	198,4833333	85,75		
Acido Fúlvico	As	6,893333333	85,83	191,65	30,2353832
	Cd	13,74333333	31,54		
	Pb	355,1333333	74,28		

Fuente: Elaboración propia_ANOVA

En la tabla 7 tenemos los porcentajes estadísticos hallados en el cuadro anterior tanto de biochar como de ácido fúlvico

Arsénico (As): El biochar muestra un aumento del 24.6% en la concentración promedio de As en comparación con una condición inicial o control. El ácido fúlvico reduce la concentración de As en un 85.83%.

Cadmio (Cd): Tanto el biochar como el ácido fúlvico no muestran porcentajes de mejora en la concentración de Cd.

Plomo (Pb): El biochar reduce la concentración de Pb en un 85.75%. El ácido fúlvico reduce la concentración de Pb en un 74.28%.

El biochar parece tener un efecto positivo en la reducción de las concentraciones de As y Pb en el suelo contaminado. El ácido fúlvico muestra una fuerte reducción en la concentración de As y también reduce la concentración de Pb, aunque en menor medida que el biochar. No se observa un efecto notable en las concentraciones de Cd con ninguno de los tratamientos evaluados en estos datos. Estos resultados sugieren que tanto el biochar como el ácido fúlvico pueden tener un impacto significativo en la reducción de la concentración de metales pesados, especialmente en el caso del arsénico y el plomo, lo que respalda su potencial para la fitorremediación en suelos contaminados con estos metales.

Tabla 8. Resultados de laboratorio – Especie *Werneria nubigena* en sus tres repeticiones – Determinación del porcentaje fitorremediador

Plantas					
	METAL	P. MAYO	Repetición1	Repetición2	Repetición3
Planta control	As	<0.05	1,9	4,07	4,94
	Cd	0,131	1,78	4,43	6,53
	Pb	4,858	83,5	98,05	120,78
Biochar	As	<0.05	1,7	4,09	4,51
	Cd	0,131	1,84	3,74	5,13
	Pb	4,858	46,99	62,5	68,12
Ácido fúlvico	As	<0.05	3,89	4,99	5,96
	Cd	0,131	4,96	5,94	5,84
	Pb	4,858	99,07	138,07	153,11
Biochar + ácido fúlvico	As	<0.05	0,77	1,88	4,07
	Cd	0,131	1,21	1,82	4,74
	Pb	4,86	40,96	89,67	115,95

Fuente: Resultados del laboratorio_INIA

En la tabla 8, se muestran los resultados de análisis del laboratorio de la especie vegetal *Werneria nubigena*.

Arsénico (As): La planta control muestra concentraciones relativamente altas, mientras que la adición de biochar o ácido fúlvico, individualmente o en combinación, parece reducir las concentraciones en algunas repeticiones.

Cadmio (Cd): Las concentraciones de Cd tienden a variar entre tratamientos, sin mostrar una tendencia clara de reducción o aumento en todas las repeticiones.

Plomo (Pb): La adición de biochar y ácido fúlvico, por separado o en combinación, parece reducir las concentraciones de Pb en comparación con la planta control en algunas repeticiones.

En general, la adición de biochar, ácido fúlvico o su combinación parece tener efectos variables en la concentración de metales en la planta *Werneria nubigena*. El ácido fúlvico muestra aumentos notables en las concentraciones de metales, especialmente en Pb, lo que sugiere un potencial de fitorremediación para reducir la concentración de metales pesados en esta planta nativa en suelos contaminados.

Tabla 9. Prueba ANOVA, para arsénico, cadmio y plomo en la especie vegetal *Werneria nubigena*.

	Arsénico (As)		Cadmio (Cd)		Plomo (Pb)	
Planta Control	Media	3,63666667	Media	4,24666667	Media	100,7766667
	Mediana	4,07	Mediana	4,43	Mediana	98,05
	Desviación estándar	1,56564151	Desviación estándar	2,380301101	Desviación estándar	18,78897638
	Mínimo	1,9	Mínimo	1,78	Mínimo	83,5
	Máximo	4,94	Máximo	6,53	Máximo	120,78
	Nivel de confianza (95,0%)	3,88926911	Nivel de confianza (95,0%)	5,912995731	Nivel de confianza (95,0%)	46,67440479
Biochar	Media	3,43333333	Media	3,57	Media	59,20333333
	Mediana	4,09	Mediana	3,74	Mediana	62,5
	Desviación estándar	1,51572865	Desviación estándar	1,651575006	Desviación estándar	10,94395876
	Mínimo	1,7	Mínimo	1,84	Mínimo	46,99
	Máximo	4,51	Máximo	5,13	Máximo	68,12
	Nivel de confianza (95,0%)	3,76527869	Nivel de confianza (95,0%)	4,102739756	Nivel de confianza (95,0%)	27,18630067
Ácido Fúlvico	Media	4,94666667	Media	5,58	Media	130,0833333
	Mediana	4,99	Mediana	5,84	Mediana	138,07
	Desviación estándar	1,03568013	Desviación estándar	0,539258751	Desviación estándar	27,89122682
	Mínimo	3,89	Mínimo	4,96	Mínimo	99,07
	Máximo	5,96	Máximo	5,94	Máximo	153,11
	Nivel de confianza (95,0%)	2,57277207	Nivel de confianza (95,0%)	1,339592999	Nivel de confianza (95,0%)	69,28564836
Acido fúlvico + Biochar	Media	2,24	Media	2,59	Media	82,19333333
	Mediana	1,88	Mediana	1,82	Mediana	89,67
	Desviación estándar	1,67919624	Desviación estándar	1,886769726	Desviación estándar	38,04997284
	Mínimo	0,77	Mínimo	1,21	Mínimo	40,96
	Máximo	4,07	Máximo	4,74	Máximo	115,95
	Nivel de confianza (95,0%)	4,1713547	Nivel de confianza (95,0%)	4,68699583	Nivel de confianza (95,0%)	94,52137247

Fuente: Elaboración propia_ANOVA

Mediante el análisis y la aplicación de la prueba ANOVA en la tabla 9, analizamos el porcentaje fitorremediador de la especie vegetal *Werneria nubigena*, para la cual tenemos las siguientes medidas descriptivas de acuerdo a sus resultados.

Porcentaje Fitorremediador de la Planta *Werneria nubigena* (%):

Planta Control:

Arsénico (As): Media de aproximadamente 3.64%, variando entre 1.9% y 4.94% en las diferentes mediciones.

Cadmio (Cd): Media alrededor del 4.25%, variando entre 1.78% y 6.53% en las mediciones.

Plomo (Pb): Media de alrededor del 100.78%, con un rango entre 83.5% y 120.78% en las mediciones.

Biochar:

Arsénico (As): Media de aproximadamente 3.43%, variando entre 1.7% y 4.51% en las mediciones.

Cadmio (Cd): Media alrededor del 3.57%, variando entre 1.84% y 5.13% en las mediciones.

Plomo (Pb): Media de alrededor del 59.20%, con un rango entre 46.99% y 68.12% en las mediciones.

Ácido Fúlvico:

Arsénico (As): Media de aproximadamente 4.94%, variando entre 3.89% y 5.96% en las mediciones.

Cadmio (Cd): Media alrededor del 5.58%, variando entre 4.96% y 5.94% en las mediciones.

Plomo (Pb): Media de alrededor de 130.08%, con un rango entre 99.07% y 153.11% en las mediciones.

Ácido fúlvico + biochar:

Arsénico (As): Media de aproximadamente 2.24%, variando entre 0.77% y 4.07% en las mediciones.

Cadmio (Cd): Media alrededor de 2.59%, variando entre 1.21% y 4.74% en las mediciones.

Plomo (Pb): Media de alrededor de 82.19%, con un rango entre 40.96% y 115.95% en las mediciones.

Los diferentes tratamientos muestran variaciones en el porcentaje fitorremediador de la planta *Werneria nubigena* para cada metal. El ácido fúlvico muestra tiene un efecto

variable en la capacidad de la planta para fitorremediar estos metales, mostrando resultados favorables en comparación con los tratamientos de biochar y ácido fúlvico + biochar. Los niveles de porcentaje fitorremediador fluctúan considerablemente entre los diferentes tratamientos y metales, lo que sugiere diferentes efectos según la combinación de estos tratamientos y la presencia de los metales específicos en el suelo.

Tabla 10. Prueba ANOVA, para analizar el porcentaje fitorremediador en la especie vegetal

	Metal	Promedio	%de absorción	Total, de % de absorción	Porcentaje
Planta Control	As	3,636666667	98,63	290,73	25,1257454
	Cd	4,246666667	96,92		
	Pb	100,7766667	95,18		
Biochar	As	3,433333333	98,54	286,66	24,774004
	Cd	3,57	96,33		
	Pb	59,20333333	91,79		
Acido Fúlvico	As	4,946666667	98,99	292,91	25,3141474
	Cd	5,58	97,65		
	Pb	130,0833333	96,27		
Acido Fúlvico, Biochar	As	2,24	97,77	286,8	24,7861032
	Cd	2,59	94,94		
	Pb	82,19333333	94,09		
Suma Total				1157,1	100

Fuente: Elaboración propia_ INIA

En la tabla 10, obtenemos los valores estadísticos mediante la prueba ANOVA para determinar los porcentajes en cada muestra de la planta.

Porcentaje Fitorremediador en la especie vegetal (%):

Planta Control:

Arsénico (As): Promedio de alrededor del 3.64%, con una absorción del 98.63%, totalizando un 290.73% en términos de absorción acumulada.

Cadmio (Cd): Promedio de aproximadamente 4.25%, con una absorción del 96.92%.

Plomo (Pb): Promedio de alrededor del 100.78%, con una absorción del 95.18%.

Biochar:

Arsénico (As): Promedio de aproximadamente 3.43%, con una absorción del 98.54%, totalizando un 286.66% en términos de absorción acumulada.

Cadmio (Cd): Promedio de alrededor del 3.57%, con una absorción del 96.33%.

Plomo (Pb): Promedio de aproximadamente 59.20%, con una absorción del 91.79%.

Ácido Fúlvico:

Arsénico (As): Promedio de alrededor del 4.95%, con una absorción del 98.99%, totalizando un 292.91% en términos de absorción acumulada.

Cadmio (Cd): Promedio de aproximadamente 5.58%, con una absorción del 97.65%.

Plomo (Pb): Promedio de alrededor de 130.08%, con una absorción del 96.27%.

Ácido Fúlvico + Biochar:

Arsénico (As): Promedio de aproximadamente 2.24%, con una absorción del 97.77%, totalizando un 286.8% en términos de absorción acumulada.

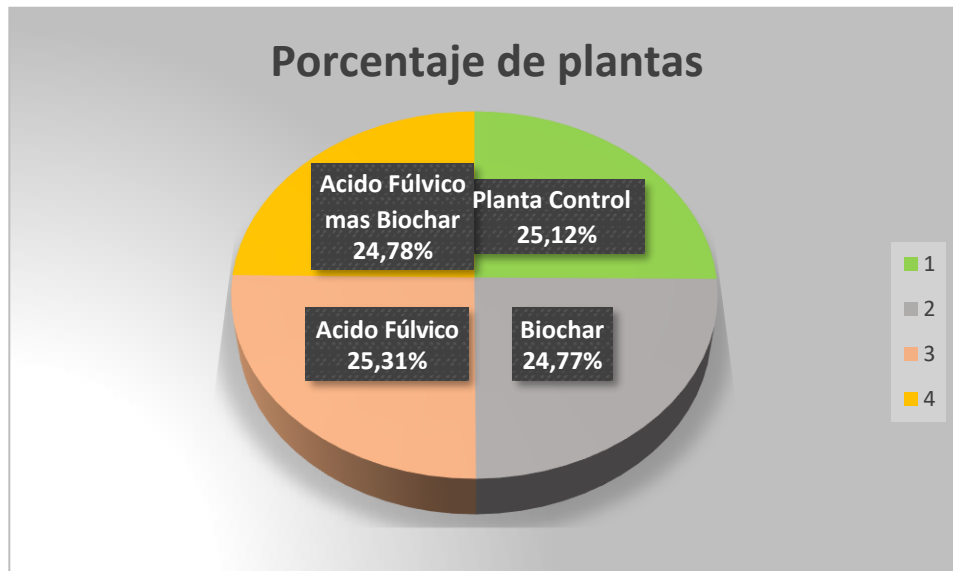
Cadmio (Cd): Promedio de alrededor de 2.59%, con una absorción del 94.94%.

Plomo (Pb): Promedio de aproximadamente 82.19%, con una absorción del 94.09%.

Los diferentes tratamientos muestran variaciones en el porcentaje de fitorremediación de la especie vegetal para cada metal.

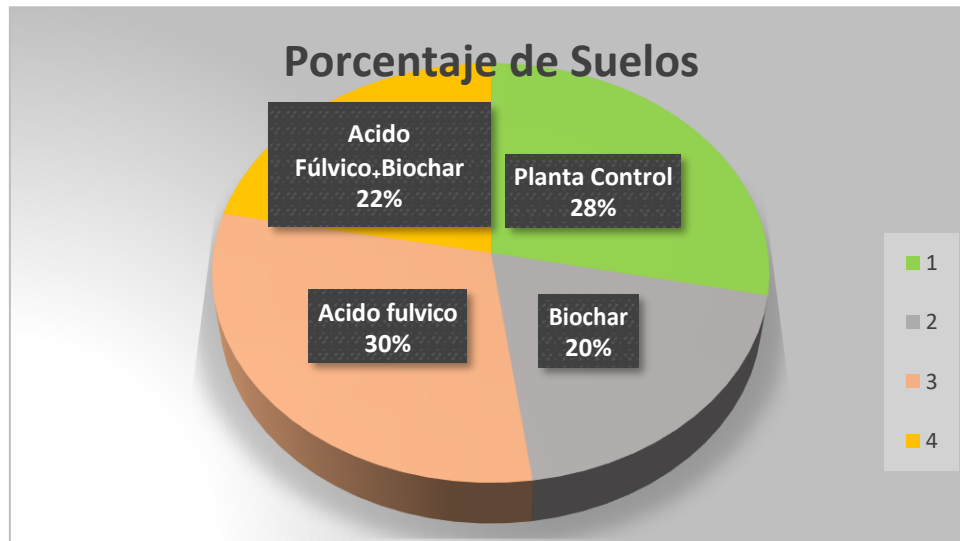
El ácido fúlvico parece tener efectos variables en la capacidad de la especie vegetal *Werneria nubigena* para fitorremediar estos metales, mostrándose considerablemente más alta en comparación con los tratamientos de biochar y biochar más ácido fúlvico. Los porcentajes totales de absorción acumulada de metales por la especie vegetal varían según los diferentes tratamientos y metales, mostrando una tendencia a acumular diferentes cantidades de metales.

Gráfico 1. Porcentaje fitorremediador de la especie *Werneria nubigena*



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2. Obtención del tratamiento óptimo en la fitorremediación en el suelo contaminado con As, Cd y Pb.



Fuente: Elaboración propia

Determinamos que el tratamiento más óptimo se obtuvo con el ácido fúlvico al 0.1% con sus tres repeticiones respectivamente.

Tabla 11. Resultados de factor de bioconcentración (FBC) y traslocación (FT)

Factor de bioconcentración (FBC)

METALES PESADOS	TRATAMIENTOS	FBC
As	planta control	0,3485623
Cd		0,55560401
Pb		0,37953978
As	Biochar	0,27867965
Cd		0,20655738
Pb		0,29827861
As	Ácido Fúlvico	0,71760155
Cd		0,40601504
Pb		0,36629435
As	Acido Fúlvico Biochar	0,17858092
Cd		0,17699317
Pb		0,52654281

Fuente: Elaboración propia

La planta control muestra valores moderados de factor de bioconcentración (FBC), lo que indica una capacidad razonable para acumular los metales presentes en el suelo en su tejido.

Factor de traslocación (FT)

Metal	FT
As	0,003
Cd	0,0065
Pb	0,0035

Fuente: Elaboración propia

Si el BCF raíz < 1 la planta es excluyente. Y el factor de Traslocación Si el TF > 1 significa que la planta no traslada eficazmente los metales pesados a la raíz a la parte aérea de la planta, por lo tanto, tiene el potencial de fitoestabilizar metales en sus raíces. Según nuestros resultados obtenidos se determinó que el FBC en nuestra especie vegetal *Werneria nubigena* es excluyente y de traslocación es fitoestabilizadora.

V. DISCUSIÓN

En base a los resultados evaluados después de aplicar al suelo un 5% de biochar, el Cd aumentó a un 38% mientras que, en los óxidos de Fe y Mn disminuyó un 40%, determinando que la planta *Beta vulgaris* puede eliminar el Cd en el suelo y la eficiencia de la fitorremediación puede mejorarse con biochar (Gu, et al, 2020). Mientras que en nuestro caso, se aplicó un 3% de la dosificación de biochar para un tratamiento de 30 días, con la especie vegetal *Werneria nubigena* donde, para el As aumentó del 24.6% en la concentración promedio referente a la muestra control, mientras que para Pb disminuye sus concentraciones en un 85.75%, por ende en los resultados se muestra que, la adición de biochar al suelo tiene efectos que varían en las concentraciones de los metales mencionados, concluyendo que la especie vegetal de nuestro estudio *Werneria nubigena* tiene un efecto positivo para la disminución de las concentraciones en presencia de As y Pb.

Al aplicar la mezcla de compost y biochar con la especie vegetal *Moringa Olífera* en un suelo contaminado con Pb, mejoró la eficiencia de la fito extracción de Pb en un 75%, 50% y 25% y poseen un potencial para la fitorremediación de tierras, de acuerdo a la capacidad que tiene la planta para transferir y acumular minerales y su tolerancia en el medio contaminado por metales pesados (Ogundiran; Mekwunel y Adejumo,2018). Al respecto en la investigación con la especie vegetal *Werneria nubigena* y al añadir el ácido fúlvico y el biochar en el suelo contaminado con Pb, se obtuvo un promedio de aproximadamente 82.19% y una absorción de 94.09% el porcentaje de absorción mediante la especie vegetal *Werneria nubigena* muestra un mejoramiento al acumular Pb, por ende, tiene el potencial de fitorremediación en suelos contaminados.

Se determinó que el biochar y el ácido fúlvico fueron selectivos de acuerdo a su extracción de minerales pesados, comparado con la planta de control, el co-tratamiento de biochar y ácido fúlvico promovió la eficiencia de extracción por parte del ryegrass para cadmio y zinc del sedimento, incrementándose sus contenidos en raíces y tallos en 50.7 % y 143.6% para cadmio y 70.2% y 29.9% para zinc, respectivamente, en contraste el contenido de plomo en raíces disminuyó, 59.9% y 62.1% (Zhang; et al., 2023). Según nuestro estudio la especie vegetal *Werneria nubigena* y la aplicación de

ácido fúlvico y biochar se determinó que el porcentaje de absorción para el As se obtuvo un promedio de 97.77%, para Cd 94.94% y para Pb 94.09%, mientras que en la aplicación sólo de ácido fúlvico tenemos para As 98.99%, para Cd 97.65 y para Pb 96.7%, los porcentajes totales de absorción en la especie vegetal *Werneria nubigena* varían según sus tratamientos donde, para ácido fúlvico se obtuvo un porcentaje de 25.37%, para biochar 24.77% y para la combinación de biochar más ácido fúlvico de 24.78 %, concluyendo que el mayor porcentaje fitorremediador se encuentra en los tratamientos con ácido fúlvico.

En el estudio se examinó el potencial fitorremediador de metales pesados en la planta nativa *Leymus Chinensis*. Realizando el estudio en macetas para determinar qué tan factible es la planta nativa *Leymus Chinensis* para la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados, en este caso se examinaron los metales Pb, Cd, As, Zn, Cu, Ca ²⁺ y SO ^{4²⁻} donde, se utilizó fertilizante bioorgánico con estiércol 151,16% y 142, 11% y el fertilizante bioorgánico fue mejor con el lignito en 27,12% que en CK 44,16% y fertilizante bioorgánico 42,81% al aplicar el fertilizante orgánico obtuvo buenos resultados en el crecimiento de *L. Chinensis*, siendo así que *Leymus chinensis* junto con los fertilizantes bioorgánicos principalmente a base de lignito tiene una biomasa superior por ser el factor esencial en la fitorremediación y se utilizó como estrategia para remediar el suelo con metales pesados (Liu; et al., 2023). En el estudio se determinó la capacidad fitoremediadora de la planta nativa *Werneria nubigena* de suelos contaminados con metales pesados donde, se analizaron los metales As, Cd y Pb, agregando el ácido fúlvico a un 0.1% y biochar al 3%, se evidencia en nuestros resultados los porcentajes en ácido fúlvico 25,3%, biochar 24.77% y la combinación del ácido fúlvico y biochar 24.78%, observando al ácido que tiene un mayor porcentaje fitorremediador que los demás tratamientos, por ende, la planta nativa *Werneria nubigena* junto con el ácido fúlvico tiene un potencial fitorremediador para suelos contaminados con metales pesados.

Al realizar el estudio se evaluaron nueve especies de plantas nativas dentro de las cuales la planta *Werneria nubigena* se encontró como una de las más adecuadas para fines de fitorremediación, se calculó el factor de translocación (TF) y el factor de la bioacumulación (BAF), encontrándose en Cd 16,68 mg/kg; Cu 41,36 mg/kg; Ni 26,85

mg/kg y Zn 1691,03 mg/kg determinando que la especie posee un potencial para una fitorremediación de tierras con respecto a la capacidad que tiene para transferir minerales y su tolerancia en el ambiente contaminado por minerales en departamentos andinos del Perú, (Chang; et al., 2018). Al comparar nuestro estudio, se calculó el factor de bioconcentración (FBC) para determinar el traslado del metal del suelo a la planta y el factor de traslocación (TF) para determinar la capacidad de mayor acumulación de metales pesados ya que traslada de manera eficaz los metales pesados de la raíz hacia las diferentes partes de la planta, obteniendo los resultados de nuestro estudio se evidencia que los análisis aplicados en la especie vegetal *Werneria nubigena* se determinaron mediante porcentajes promedios donde, para el As 3.64%, Cd 4,25% y Pb 100,78%. Mediante el factor de bioconcentración para As 0,34; Cd 0,55 y Pb 0,37 determinando que es excluyente por tener resultados <1 y el factor de traslocación (TF), para As 0,003, Cd 0,065 y Pb 0,0035 por lo que es fitoestabilizadora por tener resultados <1, se determinó que la especie vegetal tiene un potencial fitorremediador para suelos contaminados con metales pesados.

Se realizó una investigación de campo en el contenido de suelos contaminados y plantas, de igual manera se seleccionaron especies candidatas a su restauración de suelos, sus resultados indicaron la contaminación con metales pesados cromo (Cr), cadmio (Cd), cobre (Cu) y níquel (Ni) que es 2.07%, 2.60%, 1.79% y 4.49%. El concentrado de níquel, cadmio y zinc aumentó, mientras que el Cromo en el plomo disminuyó (Wu; et al., 2021). En nuestro estudio se utilizó la planta nativa *Werneria nubigena* por un periodo de 30 días, obteniendo una restauración de suelos donde se obtuvo el promedio en los resultados para As 3,64%; Cd 4,25; Pb 100,78 donde, la concentración de metales pesados en la planta en su mayor concentración es en el Pb y el Cd, mientras que el porcentaje más bajo se observa en As, haciendo la especie vegetal mencionada eficiente en su fitorremediación.

Se exploraron los efectos de los suelos contaminados con Pb donde, utilizaron cuatro plantas nativas (*ajenjo, diente de león, alfalfa, plátano*), se estudió la forma de retribuir el plomo entre las plantas y la tierra para descontaminación de suelos con plomo, en los resultados que se obtuvieron de TF y BCF se ha demostrado que, cuando el contenido de plomo era inferior a 5%, las tasas de eliminación de Pb del suelo por

parte del plátano, el *diente de león* y el *ajenjo* fueron superiores al 30%. Las acumulaciones de plomo en las raíces son de 1,76% y 3,11%. Bajo las mismas condiciones de tratamiento, la acumulación de metal plomo en raíces de plátano fue de 3,11% y en tallos de ajenjo de 0,72%, se dedujo que las plantas de ajenjo y plátano pueden utilizarse para remediar suelos contaminados con plomo, en lugares estériles y semiáridas en la minería en el noroeste de China, (LU; et al., 2021). Con respecto a nuestro estudio se utilizó la especie vegetal *Werneria nubigena* la cual se extrajo de la parte alta del centro poblado Tahona, departamento de Cajamarca, se estudió la capacidad fitoremediadora donde, se evidenció que cuando el suelo tenía 1380,79 mg/kg de Pb, el promedio de Pb en el suelo tuvo un porcentaje mejorado de 80,77%. La acumulación de Pb en la especie vegetal *Werneria nubigena*, en la raíz tallo y hojas tuvo un porcentaje de absorción de 95,18%, teniendo como FBC 0,37mg/kg y de TF 0,0035mg/kg, concluyendo que, la especie vegetal puede utilizarse para descontaminar suelos con plomo.

Se ejecutó un estudio para determinar la capacidad fitoremediadora de nueve plantas silvestres donde, las concentraciones de los metales pesados en las muestras de suelo contaminado para Fe fue la más alta 64,75 mg/kg, Zn 1,1043 mg/kg y Cr 1,602 mg/kg, en la cual el FBC de metales pesados se encontró en raíces *Vittata* más alto para zinc con 3,93, mientras que el valor más bajo en las hojas de *Verbascum* 3,306, la raíz *Vittata* obtuvo un valor de bioconcentración en el Cromo fue más alto teniendo un valor de 0,717 y el valor más bajo fue hojas de *Persicaria maculosa* (0,031). La absorción de Fe, Zn y Cr dependen de su concentración siendo que las plantas nativas tienen un potencial de bioacumulación de metales pesados, (Khan; et al., 2022). En nuestra investigación se empleó la planta nativa *Werneria nubigena* a fin de, estudiar su efecto fitorremediador en suelos contaminados por metales pesados donde, encontramos en las muestras de suelo el valor más alto para plomo con 1380,79 mg/kg, mientras que para cadmio un 20,07 mg/kg y arsénico 16,34 mg/kg. El factor de bioconcentración (FBC) en la raíz, tallo y hojas más alto fue para Cd con 0,55, mientras que para Pb 0,37 y As 0,34, al comparar con el estudio en mención se determina que, la planta nativa tiene una capacidad razonable para acumular metales pesados en sus tejidos dependiendo de las concentraciones de As, Cd y Pb.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluye que, de acuerdo a los análisis realizados en el tratamiento se observa que las concentraciones obtenidas en los suelos aplicados en las muestras son, para arsénico al 85,8%; para Cadmio 61,9% y Plomo 87,7%.
- De consenso con el análisis concluimos que, nuestro porcentaje fitorremediador en el estudio realizado de la especie vegetal *Werneria Nubigena* es de 25,31%, por lo tanto, posee un potencial para la fitorremediación de suelos contaminados, de acuerdo a la capacidad que tiene para fitoestabilizar metales pesados.
- Se concluye que, el Ácido Fúlvico es el tratamiento óptimo para la fitorremediación en el suelo con arsénico, cadmio y plomo, al 0,1% de dosis con sus tres tratamientos respectivamente en la especie vegetal *Werneria nubigena* donde, al aplicar el ácido fúlvico favoreció considerablemente a la fitorremediación de suelos contaminados.

VII. RECOMENDACIONES

- Estimando los resultados obtenidos, se recomienda replicar la experiencia a mayor escala con una duración de tratamientos mayor a 3 meses ya que, se evidenció su eficiencia en un corto periodo de tiempo, mostrando su efectividad para fitorremediar suelos contaminados.
- De acuerdo al estudio realizado aplicando la especie vegetal *Werneria nubigena*, en sus resultados se ha observado tener una buena capacidad fitoremediadora en suelos contaminados, por lo tanto, se sugiere utilizar la especie *Werneria nubigena* y a su vez seguir identificando y estudiando las especies vegetales nativas que cuenten con la capacidad fitoremediadora para suelos contaminados.
- Observando los resultados obtenidos, se propone a los investigadores ampliar estudios del ácido fúlvico. Este fertilizante ha demostrado un rendimiento considerable en un periodo de 30 días al 0,1% obteniendo resultados óptimos en la efectividad de la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados.

REFERENCIAS

- ALDERETE, et al. Bioconcentración de Pb, Cd Y As en biomasa de *Eleocharis macrostachya* (CYPERACEAE). 2018. Chihuahua, México: Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Vol. 35. 93-101. [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2019.35.esp03.11>
- AMAKA, et al. Heavy metals and arsenic in soil and vegetation of Niger Delta, Nigeria: Ecological risk assessment. 2022. 100222, Nigeria: Elsevier, 2022, Vol. 6. 2666-0164. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016422000445?via%3Dihub>
- ARGOMEDA y GABRIEL. 2017. X Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del Río Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol (*Helianthus Annus*) y maíz (*Zea Mays*) usando enmiendas. CONCYTEC. [En línea] 2017. [fecha de consulta: 1 de octubre de 2023]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_a600334ae6cfdd1693ca4b2a81f4db8b/Details.
- ARIAS, et al. El protocolo de investigación III: La población de estudio. 2016. 2, Ciudad de México: Alergia México, 2016, Vol. 63. 0002-5151. [fecha de consulta: 6 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
ISSN: 0002-5151
- ASHRAF. Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. 2019. Bahauddin: Elsevier, 2019. 714-727 pp. Vol. 174. [fecha de consulta: 2 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651319302271>
- AWA y HADIBARATA. Eliminación de metales pesados en suelos contaminados mediante mecanismo de fitorremediación: Una revisión. 2020. 47, 2020. [fecha de consulta: 20 de abril de 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-020-4426-0>
- AZCONA, MANZINI y DORATI. 2013. observación, Precisiones metodológicas sobre la unidad de análisis y la unidad de observación. La Plata, Argentina: SEDICI, 2013. ISBN: 978-950-34-1027-1. [fecha de consulta: 20 de abril de 2023]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45512>
- BELTRÁN. A synopsis of genus *Werneria* (Asteraceae: Senecioneae) from Perú. 2017.

- 24, Lima: Arnaldoa, 2017, Vol. 24. 2413-3299. [fecha de consulta: 20 de abril de 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992017000100004&script=sci_abstract
ISSN 1815-8242.
- CHANG; et al. Accumulation of heavy metals in native Andean plants: potential tools for soil phytoremediation in Ancash (Peru). 2018. Lima: Hídrico, 2018, Vol. 25. 33957–33966. [fecha de consulta: 30 de abril de 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-3325-z>
- CHEN; et al. Predictive model for cadmium uptake by maize and rice grains on the basis of bioconcentration factor and the diffusive gradients in thin-films technique. 2021. Beijing, China: Elsevier, 2021, Vol. 289. 0269-7491. [fecha de consulta: 3 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749121014238?via%3Dihub>
- CHUPTAYA y MOLINA. 2021. Potencial de fitorremediación de Schinus molle y Acacia macracantha. [Electrónico] Lima: Universidad Peruana Unión, 2021. [fecha de consulta: 15 de marzo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/5355/Glenny_Tesis_Licenciatura_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CORNELIO; et al. Diseño experimental en proceso de entrega de guardia para los laboratorios de UCI. 2012. 5, Habana: Ediciones futuro, 2012, Vol. 5. 2227-1899. [fecha de consulta: 30 de enero de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Omar-Mar-Cornelio/publication/264384226_Disen%C3%B3_experimental_en_proceso_de_entrega_de_guardia_para_los_laboratorios_de_la_UCI/links/53e4aadc0cf25d674e94e01d/Diseno_experimental-en-proceso-de-entrega-de-guardia-para-los-laboratorios-de-la-UCI.pdf
- CORPUS. 2018. Eficiencia de especies altoandinas como plantas fitorremediadoras de suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de minerales Santa Rosa de Jangas, en condiciones de invernadero, 2015-2016. UNASAM. [En línea] Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018. [fecha de consulta: 03 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3339>
- CRUZADO; et al. Contenidos de metales pesados en suelos e inventario de flora nativa en pasivos ambientales mineros en los Andes peruanos. 2021. 103107, Lima: Elsevier, 2021, Vol. 106. 0895-9811.—. Heavy metal contents in soils and native flora inventory

- at mining environmental liabilities in the Peruvian Andes. 2021. 103107, Lima: Elsevier, 2021, Vol. 106. 0895-9811. [fecha de consulta: 03 de setiembre de 2023]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981120306507?via%3Dihub>
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103107>
- ECA, MINAM. 2017. Gob.pe. [En línea] miércoles de junio de 2017. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2023]. Disponible en:
<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3671-004-2017-minam>
- ESCALANTE. Biocarbon (biochar) I: Nature, history, manufacture and use in soil. 2016. 3, Ciudad de México: Tierra Latinoamericana, 2016, Vol. 34. 2395-8030. [fecha de consulta: 11 de setiembre de 2023]. Disponible en:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000300367#B50
ISSN: 0187-5779
- ESPINOZA. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I. 2018. 65, Machala, Ecuador: CONRADO, 2018, Vol. 14. 1990-8644.—. Las variables y su operalización en la investigación educativa parte I. 2018. 65, Machala, Ecuador: Conrado, 2018, Vol. 14. 1990-8644. [fecha de consulta: 20 de setiembre de 2023]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442018000500039
ISSN 1990-8644
- GARCÍA y VÁSQUEZ. 2020. Identificación de especies vegetales con potencial para la remediación de suelos provenientes de pasivos ambientales mineros. Repositorio Institucional. [En línea] 2020. [fecha de consulta: 25 de octubre de 2023]. Disponible en:
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23983/Garc%c3%ada%20Martos%2c%20Marleni%20Lizbeth%20-%20V%c3%a1squez%20Le%c3%b3n%2c%20Mayra%20Yamilet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- GU; et al. Effect of cornstalk biochar on phytoremediation of Cd-contaminated soil by *Beta vulgaris* var. *cicla* L. 2020. Shanghai: Elsevier, 2020, Vol. 205. 0147-6513. [fecha de consulta: 29 de octubre de 2023]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651320309830?via%3Dihub>

- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111144>
- GUERRA; MUÑOZ y SOKOLSKI. Phytoremediation of Heavy Metals in Tropical Soils an Overview. 2021. Bacaramanga, Colombia: MDPI, 2021, Vol. 13. [fecha de consulta: 20 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2574>
- GUTIERREZ. 2016. Estrategias de muestreo. Bogotá: Ediciones de la U, 2016. 978-958-762-587-5. 13. [fecha de consulta: 20 de julio de 2023]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/LizbethNolasco10/estrategias-de-muestreo-gutierrezpdf>
ISSN: 978-958-762-587-5.
- HASNAOUI; et al. Screening of Native Plants Growing on a Pb/Zn Mining Area in Eastern Morocco: Perspectives for Phytoremediation. 2020. 11, Francia: Environnement, 2020, Vol. 9. [fecha de consulta: 18 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants9111458>
ISSN: 2223-7747, Published by MDPI
- JARA. 2018. Evaluación de *Lupinus condensiflorus* C.P.Sm., *L. Ballianus* C.P. Sm y *Astragalus garbancillo* Cav. (Fabaceae) en la restauración de suelos que contienen Plomo, Cadmio y Zinc. [En línea] 2018. [fecha de consulta: 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/9406>
- KHAHANGWA. Assessing phytoremediation potentials of selected plant species in restoration of environments contaminated by heavy metals in gold mining areas of Tanzania. 2021. 9, Tanzania: Heliyon, 2021, Vol. 7. 2405-8440. [fecha de consulta: 15 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240584402102082X>
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07979>
- KHAN; et al. Phytoremediation of toxic heavy metals in polluted soils and Water of Dargai Distric Malakand Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. 2022. Pakhtunkhwa: Brazilian Journal of Biology, 2022, Vol. 84. 1678-4375. [fecha de consulta: 30 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/zGbwhqpvR3VTS65Kxz48wh/?format=pdf&lang=en>
ISSN: 1519-6984 (Print)
- LERMA; et al. 2021. Manual de temas nodales de la investigación cuantitativa. 1. México: Universidad Pedagógica de Durango, 2021. 978-607-8730-22-3. [fecha de consulta: 30 de junio de 2023]. Disponible en: <https://centro-investigacion-innovacion->

educativa.bravesites.com/files/documents/306aa3ba-3be8-4e59-ab4d-51508f7513c6.pdf#page=82

LIU; et al. Bio-organic fertilizer promoted phytoremediation using native plant leymus chinensis in heavy Metal(loid)s contaminated saline soil. 2023. 121599, Hohhot: Elsevier, 2023, Vol. 327. 0269-7491. [fecha de consulta: 5 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749123006012>
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121599>

LÓPEZ & MORALES. PHYTOREMEDIATION OF CONTAMINATED SOIL BY HEAVY METALS: A REVIEW. 2022. 2, Nicaragua: Revista de Ciencia y Tecnología, 2022, Vol. 12. 2413-1911.—. PHYTOREMEDIATION OF CONTAMINATED SOIL BY HEAVY METALS: A REVIEW. 2022. 2, Managua, Nicaragua: El Higo, 2022, Vol. 12. 2413-1911. [fecha de consulta: 10 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/220328359/18001pdf/>

SSN-E: 2413-1911

LÓPEZ; et al. Humic and fulvic acid extraction method and characterization. 2014. 8, Nuevo León México: Texcoco, 2014, Vol. 5. [fecha de consulta: 15 de enero de 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014001001397

ISSN: 2007-0934

LU; et al. Phytoremediation Potential of Four Native Plants in Soils Contaminated With Lead in a Mining Area. 2021. Xi'an: Land, 2021, Vol. 11. 10111129. [fecha de consulta: 15 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/11/1129>

EISSN: 2073-445X

DOI: <https://doi.org/10.3390/land10111129>

MARTÍNEZ. 2018. Evaluación del estado de conservación de suelos contaminados por la relavera el Madrigal - Arequipa y propuesta de Fitorremediación. Repositorio. [En línea] 2018. [fecha de consulta: 3 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/b180332a-cbd0-4fe7-b6e2-56ff4f2d369c>

MINAM. 2014. GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS. Lima: s.n., 2014. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf

OGUNDIRAN; MEKWUNYEI y ADEJUMO. Compost and biochar assisted phytoremediation potentials of Moringa oleifera for remediation of lead contaminated

- soil. 2018. 2, Ibadan: Elsevier, 2018, Vol. 6. 2213-3437. [fecha de consulta: 3 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343718301465>
- OYOLA. The variable. 2021. 1, Chiclayo: CM, 2021, Vol. 14. 2227-4731. [fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-47312021000100016
ISSN: 2227-4731
IDO: <http://dx.doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.141.905>
- PICON y MILAN. La unidad de análisis en la problemática enseñanza-aprendizaje. 2014. 3, Santa Cruz, Argentina: UNPA, 2014, Vol. 6. 1852-4516. [fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://publicaciones.unpa.edu.ar/index.php/ICTUNPA/article/view/474>
ISSN: 1852-4516
DOI: <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v6i3.106>
- PORRAS. 2017. Diplomado de análisis de Información Geoespacial. México: CONACYT, 2017. [fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/163/1/19-Tipos%20de%20Muestreo%20-%20%20Diplomado%20en%20An%C3%A1lisis%20de%20Informaci%C3%B3n%20Geoespacial.pdf>
- RACHID; et al. The influence of humic and fulvic acids on Cd bioavailability to wheat cultivars grown on sewage irrigated Cd-contaminated soils. 2020. 111347, Pakistán: Elsevier, 2020, Vol. 205. 0147-6513. [fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en: [fecha de consulta: 19 de agosto de 2023]. Disponible en: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651320311842#:~:text=Fourier%20transform%20infrared%20\(FTIR\)%20spectroscopy,irrigation%20lowered%20the%20Cd%20availability](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651320311842#:~:text=Fourier%20transform%20infrared%20(FTIR)%20spectroscopy,irrigation%20lowered%20the%20Cd%20availability).
- RAMÍREZ, et al. 2018. Opiomanía. [En línea] 2018. <https://opomania.net/wp-content/uploads/2021/05/Metadologia-de-la-investigacion-basica-e-investigacion-aplicada.pdf>. [fecha de consulta: 19 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://opomania.net/wp-content/uploads/2021/05/Metadologia-de-la-investigacion-basica-e-investigacion-aplicada.pdf>
- RASHID; et al. The influence of humic and fulvic acids on Cd bioavailability to wheat

- cultivars grown on sewage irrigated Cd-contaminated soils. 2020. Pakistán: Elsevier, 2020, Vol. 205. 0147-6513. [fecha de consulta: 19 de agosto de 2023]. Disponible en: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651320311842#:~:text=Fourier%20transform%20infrared%20\(FTIR\)%20spectroscopy,irrigation%20lowered%20the%20Cd%20availability](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651320311842#:~:text=Fourier%20transform%20infrared%20(FTIR)%20spectroscopy,irrigation%20lowered%20the%20Cd%20availability).
- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111347>
- RISCO. 2020. Antecedentes de investigación. Studocu. [En línea] 15 de 04 de 2020. [fecha de consulta: 19 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3321884>
- DOI: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10818>
- RODRÍGUEZ; et, al. 2019. La contaminación del suelo una realidad oculta. Italia: FAO, 2019. 978-92-5-131639-9. [fecha de consulta: 25 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
- SHAH & DAVEREY. PHYTOREMEDIATION OF CONTAMINATED SOIL BY HEAVY METALS: A REVIEW. 2020. Uttarakhand: Elsevier, 2020, Vol. 18. 100774. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186419308107>
- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100774>
- SUN, SHA y CHUNMING. 2018. Impact of Biochar on the Bioremediation and Phytoremediation of Heavy Metal(loid)s in Soil. [aut. libro] Naofumi Shiomi. Avances en Biorremediación y Fitorremediación. s.l.: IntechOpen, 2018. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/56622>
- DOI: 10.5772/intechopen.70349
- SUN; SHA & SU. 2018. IntechOpen. [En línea] 04 de abril de 2018. <https://ideas.repec.org/h/ito/pchaps/119699.html>. [fecha de consulta: 13 de setiembre de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320087741_Impact_of_Biochar_on_the_Bio_remediation_and_Phytoremediation_of_Heavy_Metalloids_in_Soil
- DOI: 10.5772/intechopen.70349
- TAMAYO. 2003. Proceso de la investigación científica. México: LIMUSA, 2003. 968-185872-7.
- TORRES. 2015. Levantamiento mediante GPS. Cartagena: Universidad Politécnica de

Cartagena, 2015. [fecha de consulta: 20 de setiembre de 2023]. Disponible en:

<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4651/pfc5890.pdf>

WU; et al. Evaluation of phytoremediation potential of native dominant plants and spatial distribution of heavy metals in abandoned mining area in Southwest China. 2021. 24, Chengdu, China: Elsevier, 2021, Vol. 220. 0147-6513. [fecha de consulta: 1 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112368>

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112368>

XIAOMIN; et al. Biochar facilitated the phytoremediation of cadmium contaminated sediments: Metal behavior, plant toxicity, and microbial activity. 2019. Changsha: Elsevier, 2019, Vol. 666. 0048-9697. [fecha de consulta: 1 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971930703X>

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.215>

ZHANG, et al. Influence of biochar and fulvic acid on the ryegrass-based phytoremediation of sediments contaminated with multiple heavy metals. 2023. 2, Changsha: Elsevier, 2023, Vol. 11. 2213-3437. [fecha de consulta: 1 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343723001859?via%3Dihub>

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109446>


ANEXOS


Anexo N°01: Matriz de operalización de variables

EFECTO DEL ACIDO FULVICO Y BIOCHAR EN LA FITORREMIACION CON WERNERIA NUBIGENA EN SUELOS CONTAMINADOS EN TAJONA _CAJAMARCA 2023					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
INDEPENDIENTE FITORREMIACIÓN	“La fitorremediación con especies nativas es más positiva y eficiente que sus contrapartes no indígenas, y es ecológicamente más segura, más financiera, estéticamente atractivo, socialmente admisible y más fácil de cultivar” (Futughe, Purchase y Jones, 2020, p. 317).	Mediante la planta <i>Werneria nubigena</i> se recuperará los suelos contaminados por metales pesados, se aclimatará la especie vegetal por 3 meses para después ser trasplantada en macetas y dosificada con Biochar y Ácido Fúlvico, se procederá a realizar el estudio por 30 días para luego ser llevadas a analizar al laboratorio y determinar la concentración de metales pesados	PRODUCTO ORGÁNICO	Ácido fúlvico	%
				Biochar	%
			<i>Werneria nubigena</i>	Concentración final del As en el tejido vegetal	mg/Kg
				Concentración final de Cd en el tejido vegetal	mg/Kg
				Concentración final de Pb en el tejido vegetal	mg/Kg

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
DEPENDIENTE METALES PESADOS	“Los metales pesados son resbaladizos porque extienden a bioacumularse, esto significa que habrá una extensión continua de agrupación de unas sustancias químicas en los organismos a lo largo del período, en su colación con el medio ambiente” (Rai et al.2019).	Se empleará muestra de suelo contaminado, y se analizará las concentraciones de los metales pesados.	METALES PESADOS	Arsénico	As
				Cadmio	Cd
				Plomo	Pb

Anexo 02: Fichas de instrumentos de recolección de datos

 Universidad César Vallejo	Ficha1: Identificación de la planta <i>Werneria nubigena</i> para la aplicación en la fitorremediación de suelos contaminados en Tahona, Cajamarca			
Investigadores	Nizama Castro, Cynthia Lisbet - Sandoval Huamán, Luz Elena			
Fecha			Hora	
Indicadores		<i>Werneria nubigena</i>	Unidad de análisis	Total
Recolección de la especie			días	
Trasplantación de la especie en macetas para su estudio			días	
Tiempo de tratamiento			días	

 Universidad César Vallejo	Ficha 2: Tratamiento que añadió en las macetas del suelo contaminado por metales pesados			
Investigadores	Nizama Castro, Cynthia Lisbet - Sandoval Huamán, Luz Elena			
Fecha		Hora		
Indicadores		Unidad de análisis	Observaciones	
Dosis del ácido fúlvico		%		
Dosis del Biochar		%		
Tiempo de tratamiento		días		
Cantidad de suelo tratado		kg		
Concentración de metales pesados		As		
		Cd		
		Pb		

Anexo 03: Validación de instrumentos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

DATOS GENERALES

- **Apellidos y nombres:** Mg. Cabello Torres Rita Jaqueline
- **Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad César Vallejo
- **Especialidad o línea de la investigación:** Recursos Naturales
- **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Matriz de operacionalización de las variables
- **Autor (a) de instrumento:** Nizama Castro, Cynthia Lisbet y Sandoval Huamán, Luz Elena

Aspectos de la Validación

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1.CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X	X	
2.OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3.ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4.ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5.SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6.INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											X		
7.CONSTENCIA	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 las hipótesis.											X		
10.PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.											X		

OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con Los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Trujillo, 24 de diciembre del 2023



Firma y sello

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

DATOS GENERALES

Apellidos y nombre: Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan
Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
Especialidad o línea de la investigación: Recursos Naturales
Nombre del instrumento motivo de evaluación: Matriz de operacionalización de las variables
Autor (a) del instrumento: Nizama Castro, Cynthia Lisbet y Sandoval Huamán, Luz Elena

Aspectos de la Validación

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está 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 a 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		

OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



Firma y sello

Trujillo, 24 de diciembre del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

DATOS GENERALES

Apellidos y nombres: Mg. Alcides Garzon Flores

Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo

Especialidad olínea de la investigación: Recursos Naturales

Nombre del instrumento motivo de evaluación: Matriz de operacionalización de las variables

Autor (a) de instrumento: Nizama Castro, Cynthia Lisbet y Sandoval Huamán, Luz Elena

Aspectos de la Validación

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CIARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. EFICACIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está 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 a 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		

OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



Firma y sello

Trujillo, 24 de diciembre del 2023

Anexo 05: Certificado de acreditación de laboratorio INIA por el INACAL

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

**INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA -
INIA - LABORATORIO DE SUELOS AGUAS Y FOLIARES**

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Jr. Wiracocha s/n baños del inca, Cajamarca, Provincia y departamento de Cajamarca.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 13 de diciembre de 2022
Fecha de Vencimiento: 12 de diciembre de 2025

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ (dt)
Directora (d.t.), Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 15 de diciembre de 2022

Cedula N° : 459-2022-INACAL/DA
Contrato N° : 061-2022-INACAL-DA
Registro N° : LE-200

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditadas, y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-03M Ver. 03



Anexo 06: Resultados de laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200**



INFORME DE ENSAYO N° 09654-23/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : LUZ ELENA SANDOVAL HUAMÁN
 Propietario / Productor : LUZ ELENA SANDOVAL HUAMÁN
 Dirección del cliente : JR. FRATERNIDAD N° 692 - CAJAMARCA
 Solicitado por : Cliente
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 01 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico oscura
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : TAHOMA / HUALGAYOC / CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo : 24/08/2023
 Fecha de recepción de muestra(s) : 29/08/2023
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Baños del Inca
 Fecha(s) de análisis : 31/08/2023
 Cotización del servicio : 289-23-BI
 Fecha de emisión : 18/09/2023

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU815-BI-23					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	24/08/2023					
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10:00					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	M1					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Metales pesados (**)						
Aluminio (Al)	mg/kg	0,05	9976,48			
Arsenico (As)	mg/kg	0,05	16,34			
Bario (Ba)	mg/kg	0,05	60,06			
Calcio (Ca)	mg/kg	0,05	7961,03			
Cadmio (Cd)	mg/kg	0,05	20,02			
Cobalto (Co)	mg/kg	0,05	0,17			
Cromo (Cr)	mg/kg	0,05	13,82			
Cobre (Cu)	mg/kg	0,05	419,28			
Hierro (Fe)	mg/kg	0,05	150607,79			
Potasio (K)	mg/kg	0,05	1241,32			
Magnesio (Mg)	mg/kg	0,05	541,85			
Manganeso (Mn)	mg/kg	0,05	245,87			
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0,05	697,29			
Sodio (Na)	mg/kg	0,05	234,55			
Niquel (Ni)	mg/kg	0,05	19,02			
Plomo (Pb)	mg/kg	0,05	1380,79			
Estroncio (Sr)	mg/kg	0,05	12,67			
Zinc (Zn)	mg/kg	0,05	693,56			



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
 Acreditado con la Norma
 NTP-ISO/IEC 17025:2017
 Dirección: Jr. Wiracocha s/n Baños del Inca, Cajamarca - Cajamarca



Página 1 de 3
 Firmado digitalmente por Luz Elena Sandoval Huamán
 CA:PERU, CN=Luz Elena Sandoval Huamán
 Fecha: 20/09/2023 10:34:0500



INIA
Instituto Nacional de Innovación y Desarrollo Agrario

INFORME DE ENSAYO

Nº 1211 20 -23/ SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : LUZ ELENA SANDOVAL HUAMÁN
 Propietario / Productor : LUZ ELENA SANDOVAL HUAMÁN
 Dirección del cliente : JR. FRATERNIDAD N° 692 - CAJAMARCA
 Solicitado por : Cliente
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 12 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico oscura
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : TAHONA / HUALGAYOC / CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo : 14/10/2023 : 25/10/2023 : 03/11/2023
 Fecha de recepción de muestra(s) : 06/11/2023
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarens - LABSAF Baños del Inca
 Fecha(s) de análisis : 13/11/2023
 Cotización del servicio : 386-23-61
 Fecha de emisión : 06/12/2023



II. RESULTADO DE ANÁLISIS

Código	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	LI 1505-81-23	SUJ50 - 81-23	SU1507-SI-23	SU1508-BI-23	SU1509-BI-23	SU1510-81-23		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo	: 14/10/2023	: 14/10/2023	: 14/10/2023	: 14/10/2023	: 25/10/2023	: 25/10/2023		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	08:00	08:00	08:00	08:00	09:30	09:30		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código / Identificación de la Muestra por el Cliente	R1_S1 (C)	R1_S2 (B)	R1_S3 (AF)	R1_S4 (B+AF)	R2_S1 (C)	R2_S2 (B)		
Ensayo	Unidad 1 LC		Resultados					
Metales pesados I^{mg/kg}								
Aluminio (Al)	mg/kg	0.05	12384.97	14643.96	14563.41	13355.66	13213.72	14871.45
Arsenico (As)	mg/kg	0.05	13.52	18.86	6.93	1.60	9.17	11.47
Bario (Ba)	mg/kg	0.05	24.86	22.08	45.41	38.53	82.11	110.13
Calcio (Ca)	mg/kg	0.05	1723.42	2951.32	2086.36	3055.88	2878.38	3593.22
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.05	1427	31.23	13.62	15.15	9.2	15.79
Cobalto (Co)	mg/kg	0.05	39.77	47.84	45.97	40.79	44.18	52.15
Cromo (Cr)	mg/kg	0.05	22.83	24.46	30.67	25.87	23.75	18.7
Cobre (Cu)	mg/kg	0.05	1237.54	1558.00	1618.45	1398.43	1054.77	875.03
Hierro (Fe)	mg/kg	0.05	10030.90	127593.56	125981.66	117577.58	76013.32	59202.71
Potasio (K)	mg/kg	0.05	942.87	984.58	1071.28	1174.44	1319.14	1642.29
Magnesio (Mg)	mg/kg	0.05	217.17	303.44	240.00	267.31	261.62	321.69
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.05	833.05	896.64	5085.64	726.07	489.61	415.26
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.05	18.15	20.99	19.74	16.06	13.49	19.77
Sodio (Na)	mg/kg	0.05	100.82	156.97	1038.4	148.40	207.37	19.77
Niquel (Ni)	mg/kg	0.05	12.39	9.83	11.64	10.86	16.72	20.86
Plomo (Pb)	mg/kg	0.05	370.32	194.66	3667.94	105.21	250.66	19.27
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.05	1.79	26.10	1.43	32.65	9.92	23.77
Cinc (Zn)	mg/kg	0.05	402.14	63.14	60.13	60.13	60.13	60.13



Red de Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarens
Acreditado con la Norma
NTP SO/IEC 17025:2017



Firmado digitalmente por:
C. AIRERA HOYOSE Hector
Antonio FAU 20131305...
Identificación: Doy Ver...
Fecha: 11/11/2023 16:16:09



Red de Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarens
Acreditado con la Norma
NTP - ISO/IEC 17025:2017

Página 1 de 1
F-AU1 Ver. 0.
www.inia.ub.pe

Opción: Jr. W... en Baños del Inca, C/11marca - Cajamarca, I

INFORME DE ENSAYO
Nº 121120-23/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : LUZ ELENA SANDOVAL HUAMÁN
 Propietario / Productor : LUZ ELENA SANDOVAL HUAMÁN
 Dirección del cliente : J. R. F RATERNIDAD N° 692 - CAJAMARCA
 Solicitado por : Cliente
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 12 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico oscura
 Referencia del muestreo : Reseivado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : TAHONA / HUALGAY OC / CAJA MARCA
 Fecha(s) de muestreo : 14/10/2023 : 25/10/2023 : 03/11/2023
 Fecha de recepción de muestra(s) : 06/11/2023
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarés - LABSAF Sanos del Inca
 Fecha(s) de análisis : 13/11/2023
 Cotización del servicio : 386-23-81
 Fecha de emisión : 06/12/2023



II. RESULTADO DE ANÁLISIS

		1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio		SU1505-81-23	SU1508-81-23	SU1507-81-23	SU1508BI-23	SU1509-81-23	SU1510-BI-23
Matriz Analizada		Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo		: 14/10/2023	: 14/10/2023	: 14/10/2023	: 14/10/2023	: 25/10/2023	: 25/10/2023
Hora de Inicio de Muestreo (h)		08:00	08:00	08:00	08:00	09:30	09:30
Condición de la muestra		Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código/ Identificación de la Muestra por el Cliente		R1,S (C)	R1S2(S)	R1S3(AF)	R1,S4 (B+AF)	R2,S1 (C)	R2,S2 (B)
Ensayo	Unidad LC	Resultados					
Metales pesados (..)							
Aluminio (Al)	mg/kg	0.05	12384.97	14643.96	14563.41	13355.66	13213.72
Arsenico (As)	mg/kg	0.05	13.52	18.86	8.93	7.60	9.17
Bario (Ba)	mg/kg	0.05	24.66	22.06	45.41	36.53	82.11
Calcio (Ca)	mg/kg	0.05	1723.42	2951.32	2066.36	3055.66	2676.36
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.05	1427	31.23	13.62	15.15	15.79
Cobalto (Co)	mg/kg	0.05	39.77	47.84	45.97	40.79	44.16
Cromo (Cr)	mg/kg	0.05	22.63	24.46	30.67	25.67	23.75
Cobre (Cu)	mg/kg	0.05	1237.54	1556.00	1616.45	1396.43	1054.77
Hierro (Fe)	mg/kg	0.05	100330.90	127593.56	125981.66	117577.58	76013.32
Potasio (K)	mg/kg	0.05	942.87	984.56	1071.28	1174.44	1319.14
Magnesio (Mg)	mg/kg	0.05	217.17	303.44	240.00	267.31	261.02
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.05	833.05	896.84	5085.64	726.07	469.61
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.05	18.15	20.99	19.74	16.06	13.49
Sodio (Na)	mg/kg	0.05	100.82	156.97	103.84	148.40	207.37
Niquel (Ni)	mg/kg	0.05	12.39	9.83	11.64	10.86	15.72
Plomo (Pb)	mg/kg	0.05	370.32	194.66	3667.94	105.21	25066
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.05	1.79	26.10	1.43	9.92	23.77
Zinc (Zn)	mg/kg	0.05	482.74	1030.14	1030.14	1030.14	1030.14



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliarés
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017



Firmado digitalmente por :
CABRERA HOYOS Hector
Antonio RAU 201311a5j9jlnv/t
Método: Doy V" e" Fu 1ve.
Fecha: 11/12/2023



INFORME DE ENSAYO
N° 121144-23/AULABSAF - BAÑOS DEL INCA

INFORMACION GENERAL

Cliente: LUZELENA SANOVAL HUAMÁN
 Producto / Proveedor: LUZ ELENA SANDOVAL HUA.W.N
 Dirección del cliente: JR. FAATERNIOAO N° 692 - CAJAMARCA
 Solicitud por: Cliente
 Muestra por: Cliente
 Número de muestra: 12muestras
 Plazo de entrega: 15 días
 Presentación de las muestras: Bolsitas de plástico
 Referencia de muestra: Reseñado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s): TAHONA / HU ALGAYOC / CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo: 14 y 25/10/2023
 Fecha de recepción de muestra(s): 06/11/2023
 Lugar de entrega: Laboratorio de Suelos, Agua, Follaje - LABSAF Baños del Inca
 Fecha de análisis: 16/12/2023
 Contacto del servicio: 386-23-81
 Fecha de emisión: 19/12/2023

D. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23
Muestra	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23
Fecha de Muestreo	2023-10-14	2023-10-14	2023-10-14	2023-10-14	2023-10-25	2023-10-25
Hora de Inicio de Muestra (h)	01:00:00	01:00:00	01:00:00	01:00:00	01:00:00	01:30:00
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código de identificación de muestra	R1.P1(C)	R1.P2(B)	R1.P1(AF)	R1.P4(B-AF)	R1.P1(CI)	RZ.82(8)
Unidad	LC	LC	LC	LC	LC	LC
Aluminio (Al)	0.05	920.40	1.090.76	1.640.36	582.55	3.002.79
Berio (Be)	0.05	0	2712	1123	970	45
Calcio (Ca)	0.05	830382	700081	706559	5.796.53	20.880.33
Cadmio (Cd)	0.05	0	442	653	1.114	174
Cobalto (Co)	0.05	8.92	0	3196	7.29	0
Cromo (Cr)	0.01	260	10	0	2.53	3.58
Cobre (Cu)	0.05	43.36	3.4	11435	36	6291
Hierro (Fe)	0.05	12.086.27	1302297	37.79311	9.24000	8.757.26
Manganeso (Mn)	0.05	683343	633306	5.453.04	949.169	11297.62
Niquel (Ni)	0.05	88273	1000	94799	647.13	212267
Sodio (Na)	0.01	563.16	517.53	1.084.14	402.70	4.251.28
Plomo (Pb)	0.01	0	1	799	3	0.19
Estadío (St)	0.00	3567	43.59	32.69	42.40	1343.53
Zinc (Zn)	0.05	100.08	71.34	112.86	72.32	296.86

ITEM	10	11	12
Código de Laboratorio	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23
Muestra	ALU-8-23	ALU-8-23	ALU-8-23
Fecha de Muestreo	2023-10-14	2023-10-25	2023-11-03
Hora de Inicio de Muestra (h)	01:30:00	01:30:00	11:00:00
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada
Código de identificación de muestra	R1.P1(AF)	R1.P4(B-AF)	R1.P1(CI)
Unidad	LC	LC	LC
Aluminio (Al)	0.05	4.813.65	3.491.17
Antimonio (As)	0.05	0	0
Bismuto (Bi)	0.05	37.50	18.36
Calcio (Ca)	0.00	4408.29	5259.11
Cadmio (Cd)	0.05	700	525
Cobalto (Co)	0.05	3.83	4.47
Cromo (Cr)	0.05	112.24	254.05
Cobre (Cu)	0.05	7512.72	11894.49
Hierro (Fe)	0.05	9100	8373.56
Manganeso (Mn)	0.00	411100	807.92
Niquel (Ni)	0.05	88760	64337
Sodio (Na)	0.05	16.87	26.87
Plomo (Pb)	0.05	1072.13	1.694.77
Plomo (Pb) Eléctrico (Sr)	0.05	0	0
Zinc (Zn)	0.05	340.13	331.15



Red CS. - TOC...
 A cargo de: ...
 NTP-ISO IEC 17025:2011
 Olu...

Firmado digitalmente por:
CABRERA HOYOS Hector
 Antonio FAU 2013130...
 Motivo: Doy Vº Bº
 Fecha: 21/12/2023 12:55:43-0500

INFORME DE ENSAYO
Nº 121120-23/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

		7	8	10	11	12		
Código de Laboratorio		SU1511-BI-23	SU1512-BI-23	SU1513-BI-23	SU1514-BI-23	SU1515-BI-23	SU1516-BI-23	
Matriz Analizada		Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	
Fecha de Muestreo		25/10/2023	25/10/2023	03/11/2023	03/11/2023	03/11/2023	03/11/2023	
Hora de Inicio de Muestreo (h)		09:30	09:30	11:00	11:00	11:00	11:00	
Condición de la muestra		Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	
Código/ Identificación de la Muestra por el Cliente		R2.S3 (AF)	R2.SA (B-AF)	R3.S1 (C)	R3.S2(B)	R3.S3 (Af)	R3.S4(B-AF)	
Ensayo	Unidad LC	Resultados						
Metales pesados (*)								
Aluminio (Al)	mg/kg	o.os	14110.95	15261.99	14454.17	15162.41	15966.47	14264.90
Arsénico (As)	mg/kg	o.os	6.60	15.54	8.71	21.63	17.15	14.49
Bario (Ba)	mg/kg	o.os	106.64	119.20	102.23	100.92	119.61	90.26
Calcio (Ca)	mg/kg	o.os	2821.42	3837.00	2504.99	5371.25	3123.39	3225.63
Cadmio (Cd)	mg/kg	o.os	10.38	14.95	5.37	20.58	17.23	13.80
Cobalto (Co)	mg/kg	o.os	62.68	45.16	51.32	45.38	43.43	40.01
Cromo (Cr)	mg/kg	o.os	21.19	18.82	22.25	20.00	17.87	17.97
Cobre (Cu)	mg/kg	o.os	97.94	853.61	997.11	908.96	844.24	849.96
Hierro (Fe)	mg/kg	o.os	672.00	107.23	73401.00	100.30	---	52.07
Potasio (K)	mg/kg	0.05	1565.84	2365.18	1892.48	2031.32	1879.72	1870.80
Magnesio (Mg)	mg/kg	o.os	278.49	308.10	261.92	363.47	262.25	303.55
Manganeso (Mn)	mg/kg	o.os	390.34	7.10	383.00	300.00	280.55	309.44
Molibdeno (Mo)	mg/kg	o.os	12.04	11.86	13.51	11.14	9.05	13.21
Sodio (Na)	mg/kg	o.os	176.04	221.42	205.68	237.86	186.63	202.37
Níquel (Ni)	mg/kg	o.os	13.22	8.70	12.25	9.05	9.71	9.98
Plomo (Pb)	mg/kg	o.os	48.95	185.07	175.50	203.20	216.50	180.02
Estroncio (Sr)	mg/kg	o.os	8.94	22.02	7.10	5.50	9.55	22.90
Mercurio (Hg)	mg/kg	o.os	0.40	100.00	---	---	---	---

Anexo 07: Panel fotográfico

Foto 01: Camino a Tahona



Foto 02: Recolección de la especie vegetal *Werneria nubigena*



Foto 03: Recolección de suelo contaminado



Foto 04: Adaptación de la especie vegetal *Werneria nubigena*



Foto 05: Pesado de suelo contaminado en macetas para posterior estudio



Foto 06: Trasplantación de la especie vegetal *Werneria nubigena* para el posterior estudio



Foto 07: Incorporación de Biochar y ácido fúlvico



Foto 08: Tratamientos



Foto 09: Muestras para laboratorio

