

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“EFECTOS POTENCIALES DEL BIOCHAR DE PODA DE PALTO
(*Persea americana Miller*). SOBRE LOS METALES PESADOS Y
CIANURO EN RELAVE MINERO”**

Presentado por:

JHIMY BRAYAM CASTRO PANTOJA

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Lima – Perú

2024

EFFECTOS POTENCIALES DEL BIOCHAR DE PODA DE PALTO (Persea americana Miller). SOBRE LOS METALES PESADOS Y CIANURO EN RELAVE MINERO

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	minsus.net Fuente de Internet	1%
4	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.cnvinternationaal.nl Fuente de Internet	1%
7	buleria.unileon.es Fuente de Internet	1%
8	Submitted to ECCI Trabajo del estudiante	1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“EFECTOS POTENCIALES DEL BIOCHAR DE PODA DE PALTO
(*Persea americana Miller*). SOBRE LOS METALES PESADOS Y
CIANURO EN RELAVE MINERO”**

Presentado por:

JHIMY BRAYAM CASTRO PANTOJA

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Ph.D. Lizardo Visitación Figueroa
PRESIDENTE

Ph.D. Julio Cesar Alegre Orihuela
MIEMBRO

Mg.Sc. Wilfredo Celestino Baldeón Quispe
MIEMBRO

Ph.D. Mary Flor Césare Coral
ASESORA

DEDICATORIA

A mis padres, cuyo amor y apoyo han sido fundamentales en mi vida, y en memoria de mi querido hermano, cuyo recuerdo perdurará por siempre en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Dra. Mary Cesare, mi asesora de tesis, por brindarme no solo las herramientas necesarias, sino también una inquebrantable motivación y un seguimiento constante durante el desarrollo de esta investigación.

Al Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) y a La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del Laboratorio de Innovación en Minería en los países andinos del programa MinSus, por financiar la parte experimental de esta investigación a través del proyecto RemedyChar, así como a todos sus miembros.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. EL PALTO Y SUS GENERALIDADES	3
2.1.1. Taxonomía.....	3
2.1.2. Especies de palto	3
2.1.3. Poda de las plantaciones de palta (<i>Persea americana Miller.</i>).....	4
2.2. BIOMASA	4
2.3. PIRÓLISIS.....	5
2.4. BIOCHAR	6
2.5. USO DE BIOCHAR EN MINERÍA.....	7
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. RECOLECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA PODA	11
3.1.1. Ubicación.....	11
3.1.2. Materiales	12
3.1.3. Metodología.....	12
3.2. PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	14
3.2.1. Ubicación.....	14
3.2.2. Materiales	14
3.2.3. Metodología.....	15
3.3. APLICACIÓN DEL BIOCHAR	20
3.3.1. Ubicación.....	20
3.3.2. Materiales	22
3.3.3. Metodología.....	23
3.4. EVALUACIÓN DEL TOP SOIL Y DEL CULTIVO INDICADOR	27

3.4.1. Materiales	27
3.4.2. Metodología.....	27
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA DE PODA DE PALTO	32
4.2. PRODUCCIÓN DE BIOCHAR	33
4.3. CARACTERIZACIÓN DE BIOCHAR	33
4.4. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL BIOCHAR PARA INMOVILIZAR METALES PESADOS Y CIANURO	42
V. CONCLUSIONES.....	67
VI. RECOMENDACIONES	68
VII. BIBLIOGRAFÍA	69
VIII. ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Resultados de la literatura sobre los efectos de remediación del biochar en diferentes áreas de suelos contaminados con metales pesados	8
Tabla 02: Coordenadas y descripción de las plantaciones de palto y del lugar de producción de biochar	11
Tabla 03: Análisis que se emplearon en la biomasa y biochar	20
Tabla 04: Coordenadas y descripción de las áreas experimentales y la estación meteorológica más cercana	21
Tabla 05: Datos meteorológicos diarios promedio diciembre 2020 – marzo de 2021 de la estación Mañazo	21
Tabla 06: Composición de las celdas de tratamiento	23
Tabla 07: Análisis inicial que se emplearon a los componentes de la celda	27
Tabla 08: Análisis final que se emplearon en los componentes de la celda	30
Tabla 09: Análisis lignocelulósicos de la biomasa de poda de palto.....	32
Tabla 10: Rendimiento de la producción de biochar	33
Tabla 11: Análisis termogravimétrico (proximal) del biochar producido.....	34
Tabla 12: Densidad aparente del biochar producido	35
Tabla 13: pH y Conductividad Eléctrica del biochar producido	36
Tabla 14: Análisis químico elemental (C, H, N, O, S) del biochar producido.....	36
Tabla 15: Ratios elementales del biochar producido.....	37
Tabla 16: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y Cianuro Total del biochar producido	38
Tabla 17: Análisis textural del biochar producido	39
Tabla 18: Caracterización del suelo orgánico y abono orgánico.....	42
Tabla 19: Contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y Cianuro Total del relave minero y suelo orgánico	43
Tabla 20: Contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y cianuro total en el tejido vegetal del <i>Stipa ichu</i> proveniente del área de esquejes en el área de referencia.....	43
Tabla 21: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total luego de 5 días de estabilización del top soil en las celdas del relave minero.....	44
Tabla 22: Supervivencia y Desarrollo Vegetal de los tratamientos experimentales a los 90 días	48
Tabla 23: Caracterización de los tratamientos experimentales a los 90 días.....	52

Tabla 24: Contenido de metales (As, Pb y Cd) en el top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días.....	58
Tabla 25: Contenido de cianuro total en el top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días.....	60
Tabla 26: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el tejido vegetal del <i>Stipa ichu</i> de los tratamientos experimentales a los 90 días	62
Tabla 27: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el polvo de relave minero	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Tipos de pirólisis y transformación de la materia prima en subproductos pirolíticos	5
Figura 02: Tipos de pirólisis y rendimientos típicos de productos.....	6
Figura 03: Diagrama esquemático del efecto de las condiciones de preparación sobre el efecto de inmovilización del biochar	7
Figura 04: Aplicación de biochar como enmienda.....	9
Figura 05: Mapa de ubicación de las áreas de la recolección de poda y producción de biochar. Elaboración propia a partir de Google Earth.	12
Figura 06: Residuos de la poda de cultivos de palto (<i>Persea americana Miller.</i>)	13
Figura 07: Acondicionamiento de los residuos de la poda y control de la humedad	14
Figura 08: Diseño y fabricación del horno pirolítico	16
Figura 09: Producción de biochar.....	18
Figura 10: Tamizaje (izquierda), medición (centro) y dosificación (derecha) de biochar.	19
Figura 11: Determinación de la densidad aparente del biochar.....	19
Figura 12: Determinación del pH y conductividad eléctrica del biochar	20
Figura 13: Mapa de ubicación de las áreas experimentales. Fotografía de Jacob Mai (2021).....	21
Figura 14: Mapa de ubicación de las áreas experimentales y la estación meteorológica. Elaboración propia a partir de Google Earth.	22
Figura 15: Vista frontal de la composición de las celdas de tratamiento en el área de relave minero (izquierda) y de referencia (derecha).....	24
Figura 16: Generación de pendiente (izquierda) y preparación (centro) del área e instalación (derecha) de las celdas en el área experimental de relave minero.....	24
Figura 17: Preparación del área (izquierda), excavación para la colocación de la grava (centro) e instalación de las celdas en el área experimental de referencia.	24
Figura 18: Llenado de celdas experimentales en el área experimental de relave minero.	25
Figura 19: Llenado de celdas experimentales en el área experimental de referencia.....	25
Figura 20: Siembra de esquejes de <i>Stipa ichu</i>	26

Figura 21: Distribución de las celdas en el área de referencia.	26
Figura 22: Distribución de las celdas en el área de relave minero.	26
Figura 23: Evaluación periódica de los tratamientos en el pH del suelo (derecha), altura (centro) y diámetro (izquierda) de las plantas.	28
Figura 24: Recolección y evaluación de muestras finales.....	29
Figura 25: Imágenes tomadas por el microscopio electrónico de barrido a los aumentos 140 x, 280 x, 600x y 4800x para el biochar.	40
Figura 26: Espectros FTIR del biochar.	41
Figura 27: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total luego de 5 días de estabilización del top soil en las celdas del relave minero.	45
Figura 28: Medición de pH in situ a intervalos de 30 días y % de variación entre el día 30 y día 90 de los tratamientos experimentales (Ver Anexo 12).....	46
Figura 29: Medición in situ del pH del relave minero.....	47
Figura 30: Supervivencia y Desarrollo Vegetal de los tratamientos experimentales a los 90 días.	48
Figura 31: Diámetro promedio de plantas a intervalos de 30 días de los tratamientos experimentales en el área de referencia.	50
Figura 32: Altura de plantas a intervalos de 30 días de los tratamientos experimentales en el área de referencia.	51
Figura 33: Peso fresco y seco de plantas de los tratamientos experimentales a los 90 días en el área de referencia.	52
Figura 34: pH y Conductividad Eléctrica del top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días.	53
Figura 35: Densidad aparente y porosidad del top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días.	55
Figura 36: Macronutrientes (N, P y K) y carbono orgánico de los tratamientos experimentales a los 90 días en el área de referencia.	56
Figura 37: Aumento del nivel del agua en el relave minero y eventos de granizadas en las áreas experimentales a lo largo de los días de evaluación.....	61
Figura 38: Contenido de metales (As, Pb y Cd) en el tejido vegetal del <i>Stipa ichu</i> de los tratamientos experimentales a los 90 días.....	62
Figura 39: Contenido de cianuro total en el tejido vegetal del <i>Stipa ichu</i> de los tratamientos experimentales a los 90 días.	64
Figura 40: Toma de muestra de polvo de relave minero.	65

Figura 41: Impacto del relave minero en esquejes de la especie *Stipa ichu*
empleados como cultivo indicador. 65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación de las áreas experimentales.	78
Anexo 2: Análisis lignocelulósicos de la biomasa de poda de palto	80
Anexo 3: Análisis termogravimétrico (proximal) del biochar.....	82
Anexo 4: Análisis químico elemental (C, H, N, O, S) del biochar	84
Anexo 5: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total del biochar.....	87
Anexo 6: Hoja de cálculo de análisis textural del biochar	91
Anexo 7: Espectros FTIR del biochar	97
Anexo 8: Caracterización del suelo orgánico y abono orgánico	101
Anexo 9: Contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y cianuro total del relave minero y suelo orgánico	104
Anexo 10: Contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y cianuro total en el tejido vegetal del <i>Stipa ichu</i> proveniente del área de esquejes en el área de referencia.....	108
Anexo 11: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total luego de 5 días de estabilización del top soil en las celdas del relave minero.....	111
Anexo 12: Resultados de la medición de pH in situ a los 30, 60 y 90 días en los tratamientos experimentales.....	119
Anexo 13: Supervivencia y desarrollo vegetal de los tratamientos experimentales a los 30, 60 y 90 días	121
Anexo 14: Diámetro y altura de las plantas de los tratamientos experimentales a los 30, 60 y 90 días, y peso a los 90 días.....	137
Anexo 15: Caracterización de los tratamientos experimentales a los 90 días.....	139
Anexo 16: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días.....	145
Anexo 17: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el tejido vegetal del <i>Stipa ichu</i> de los tratamientos experimentales a los 90 días	173
Anexo 18: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el polvo de relave minero	177
Anexo 19: Análisis estadísticos.....	184
Anexo 20: Acreditación nacional e internacional de laboratorios.....	208
Anexo 21: Certificado de fabricación de equipos	213

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo aprovechar el biochar derivado de la biomasa residual de la poda de plantaciones de palto (*Persea americana Miller.*) para servir como enmienda orgánica en la inmovilización de metales pesados (arsénico, plomo y cadmio) y cianuro en el topsoil (capa orgánica superficial) durante la fase de revegetación en el cierre de un relave minero. Se realizó la recolección y acondicionamiento de la poda, seguido del análisis lignocelulósico, para la producción de biochar mediante pirólisis lenta en un horno pirolítico diseñado y construido artesanalmente. Se evaluaron las propiedades físicas y químicas del biochar, así como su capacidad como enmienda orgánica en concentraciones variadas (de 0 a 5% p/p) durante una simulación de revegetación en condiciones de pH (>7,50) y en un área de referencia con baja contaminación minera. Se analizó la supervivencia y desarrollo vegetal de *Stipa ichu*, así como las variaciones en el pH y contenido de metales (As, Pb y Cd) en tejidos vegetales y topsoil. La poda de palto presentó bajos niveles de humedad y altos de lignina, mientras que el biochar derivado presentó un alto contenido de carbono fijo, baja densidad aparente, alto contenido de carbono orgánico, pH alcalino y capacidad de adsorción de grupos funcionales, junto con baja área superficial y tamaño de poros mesoporosos, sin metales (As, Pb y Cd) ni cianuro. Aunque el biochar no afectó la movilización de arsénico, plomo y cadmio, sí influyó en la movilización de cianuro, aumentando su concentración en el topsoil de 1,75 mg/kg a 85,98 mg/kg. Este estudio destaca al biochar como una alternativa efectiva en el manejo de residuos sólidos, y su aplicación como enmienda orgánica en el cierre de relaves mineros, particularmente en la inmovilización del cianuro en el topsoil de zonas mineras.

Palabras clave: Biomasa, pirólisis, minería, metales, cianuro.

ABSTRACT

The objective of this research is to use the biochar derived from the residual biomass of the pruning of avocado plantations (*Persea americana Miller.*) to serve as an organic amendment for the immobilization of heavy metals (arsenic, lead and cadmium) and cyanide in the topsoil during the revegetation phase in the closure of a mine tailing. The pruning was collected and conditioned, followed by lignocellulosic analysis, for the production of biochar by slow pyrolysis in an artisanal pyrolytic furnace designed and built. The physical and chemical properties of the biochar were evaluated, as well as its capacity as an organic amendment in varied concentrations (0 to 5% w/w) during a revegetation simulation under pH conditions (>7.50) and in a reference area with low mining contamination. Plant survival and development of *Stipa ichu*, as well as variations in pH and metal content (As, Pb and Cd) in plant tissues and topsoil were analyzed. The avocado prunings presented low moisture and high lignin levels, while the derived biochar presented high fixed carbon content, low bulk density, high organic carbon content, alkaline pH and adsorption capacity of functional groups, together with low surface area and mesoporous pore size, without metals (As, Pb and Cd) or cyanide. Although biochar did not affect the mobilization of arsenic, lead and cadmium, it did influence the mobilization of cyanide, increasing its concentration in the topsoil from 1.75 mg/kg to 85.98 mg/kg. This study highlights biochar as an effective alternative in solid waste management, and its application as an organic amendment in the closure of mining tailings, particularly in the immobilization of cyanide in the topsoil of mining areas.

Keywords: Biomass, pyrolysis, mining, metals, cyanide.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los tres primeros quinquenios de este siglo, el Perú ha experimentado un notable crecimiento económico impulsado, en gran parte, por el precio de los metales (Tamayo *et al.*, 2017). Incrementando los componentes mineros en el país, entre ellos el relave minero, que deben seguir un proceso de cierre adecuado.

La exposición no controlada de los relaves mineros al ambiente, es un problema que enfrenta las zonas extractivas de los minerales y la población circundante, quienes indirectamente se ven expuestos a los metales pesados y cianuro, al interactuar con componentes ambientales como el agua y los suelos de pastura y cultivos al ser regados por estas aguas, esto les genera enfermedades crónicas con detrimento a su calidad de vida.

Así mismo, los cultivos de palto en los últimos tiempos se han ido incrementando por la gran demanda de este producto tanto nacional e internacional (Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales de ADEX, 2019), el cual genera grandes volúmenes de residuos lignocelulósicos por el mantenimiento de este cultivo mediante las podas, siendo un gran problema por el alto costo de disposición de este residuo; por ello una alternativa de tratamiento es la producción de biochar, el cual puede ser utilizado como enmienda, por sus propiedades físico-químicas, durante el cierre de los relaves mineros, que podrían causar problemas de contaminación a la población circundante.

Existe una necesidad de investigar nuevas enmiendas orgánicas que puedan ser utilizadas en los procesos de cierre de minas de componentes mineros, como lo son los relaves mineros. Por lo general, en estos procesos se requiere de top soil para actividades de revegetación, al ser un material escaso, genera la utilización de canteras de top soil (suelo orgánico), aumentando los costos de cierres e impactos ambientales al disturbar nuevas áreas (Ricaldi, 2020).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el 2009, indico que la demanda de alimentos se incrementará en un 70%, y el reto será

producir alimentos suficientes y con la calidad adecuada, pero de forma sostenible, sin perjudicar a los recursos naturales existentes. El incremento de esta demanda está relacionado estrechamente con la generación de residuos y el cambio climático, como viene a ser la biomasa residual producto de los cultivos agrícolas.

En relación a la producción de biochar a partir de biomasa residual. En el prólogo del libro “Biochar for Environmental Management”, Tim Flannery menciona que “si convirtiéramos en biochar toda la producción anual de residuos forestales y agrícolas del mundo y almacenáramos el carbono, eliminaríamos unas 4 gigatoneladas de CO₂ de la atmósfera” (Lehmann & Stephen, 2015), siendo un método eficiente de limpieza atmosférica.

El propósito de esta investigación es brindar una alternativa para el aprovechamiento de la biomasa residual resultante de la poda de plantaciones de palto (*Persea americana Miller.*), enmarcada dentro de un enfoque de economía circular. Se pretende utilizar el biochar como enmienda orgánica para contribuir a la sostenibilidad del proceso de cierre de relaves mineros, influyendo en la inmovilización del cianuro en el top soil de las zonas mineras.

El objetivo general de este estudio consiste en aprovechar la biomasa residual de la poda de plantaciones de palto (*Persea americana Miller.*) a través de la producción de biochar mediante el método de pirólisis lenta, y evaluar los efectos de este biochar como enmienda orgánica para inmovilizar metales pesados (arsénico, plomo y cadmio) y cianuro en el topsoil durante la etapa de revegetación en el cierre de un relave minero. Los objetivos específicos comprenden: 1) Realizar la caracterización físico-química de la biomasa residual de la poda de palto proveniente de las plantaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina; 2) Producción y análisis de las principales características del biochar; y 3) Evaluación de su potencial como enmienda orgánica para inmovilizar metales pesados (arsénico, plomo y cadmio) y cianuro en el top soil durante la etapa de revegetación en el cierre de un relave minero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL PALTO Y SUS GENERALIDADES

De acuerdo al Ministerio de Agricultura y Riego (2008), la palta es una fruta del árbol de palto que se encuentra con una tendencia creciente en su producción debido al incremento de la demanda en el mercado mundial.

2.1.1. Taxonomía

La palta (*Persea americana*) es fruto del árbol del palto, que de acuerdo a Flores & Vilcapoma (2008) se puede clasificar taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Magnoliidae

Orden: Laurales

Familia: Lauraceas

Género: *Persea*

Subgénero: ***Persea***

Especie: *Persea americana*

FUENTE: Flores & Vilcapoma (2008)

2.1.2. Especies de palto

Arpaia *et al.* (2012) menciona que el primer científico que publicó una descripción del árbol de palto fue Miller en 1745.

Se ha reportado alrededor de 85 especies descritas de *Persea* (Barrientos & López, 1998), la mayoría de origen Americano, Asiático y algunos reportados en las Islas Canarias (Arpaia *et al.*, 2012).

Las tres especies subespecies de mayor importancia, de la especie *Persea americana*, son: *Persea americana americana* (Antillano), *Persea americana drimifolia* (Mexicano) y *Persea americana guatemalensis* (Guatemalteco) (Gomez, 2014).

Sin embargo, de los todos los cultivares distribuidos en el mundo, son los frutos del cultivar 'Hass', híbrido de mexicano x guatemalteco (con mínimos rasgos mexicanos), el más representativo del grupo (Gomez, 2014).

2.1.3. Poda de las plantaciones de palta (*Persea americana* Miller.)

En el periodo 2001-2018, la superficie cosechada de palta en el Perú, ha crecido a una tasa promedio anual de 9,2%, y su producción en un 10,5% (Centro de Investigacion de Economia y Negocios Globales de ADEX, 2019).

De acuerdo a Quispe (2015), durante el desarrollo del árbol del palto, se realiza poda de formación, control fitosanitario y del crecimiento vegetativo de altura, teniendo así muchos tipos de poda (formación, inicio de campaña, sanitaria y de verano).

2.2. BIOMASA

De acuerdo con el International Biochar Initiative (IBI, 2015), el material utilizado para la producción de biochar debe contar con ciertas características, dado que el material tienen un impacto directo en la naturaleza y calidad del biochar resultante, las características limitantes del contenido y la calidad de la materia prima son:

- La materia prima puede ser una combinación de biomasa y diluyentes, cuyo contenido de contaminantes no debe de exceder el 2% de peso seco de total.
- Cualquier diluyente que constituya más del 10% de peso seco de la materia prima debe ser reportado como un componente de la materia prima.
- La materia prima puede ser clasificada en procesada y no procesada, con diferentes requerimientos para el muestreo y análisis de posibles sustancias tóxicas.
- Materia prima que puede haber sido cultivada en suelos contaminados se considerada como procesada, para satisfacer las evaluaciones de toxicología.
- Los residuos sólidos municipales que contenga materiales o residuos peligrosos no estarían incluidos en los productos elegibles para la producción de biochar.

La gran variedad de materias primas potenciales para la producción de biochar hace posible que el biochar tengan características diversas, lo que determina su idoneidad para

aplicaciones tales como la enmienda del suelo, el secuestro de C y/o como medio para la limpieza de sitios contaminados (Spokas *et al.*, 2012).

Una de las materias primas que más se utilizan para la producción de biochar es la biomasa lignocelulósica pues, según Moreno *et al.* (2007) los principales componentes de la biomasa lignocelulósica (madera, cultivos y rastrojos de cultivos bioenergéticos) son: la celulosa, la hemicelulosa y la lignina.

2.3. PIRÓLISIS

Los proceso de obtención de biochar son diversos, principalmente son tecnologías termoquímicas para transformar la biomasa en fuentes de energía renovable, pudiendo ser clasificadas en pirólisis lenta, pirólisis rápida, pirólisis ultrarrápida y gasificación (Escalante *et al.*, 2016).

Dentro del proceso de producción de biochar, la temperatura y el tiempo de residencia del material a pirolizar influyen en los productos de los procesos de pirólisis (Figura 01 y Figura 02).

Proceso	Temperatura de Pirólisis	Tiempo de residencia	Líquido (bioóleo)	Sólido (biochar)	Gas (syngas)
Pirólisis rápida	Moderada (~500°C)	Corto (<2s)	75% (25% agua)	12%	13%
Pirólisis lenta	Baja-moderada (450-650°C)	Largo	30% (70% agua)	35%	35%
Gasificación	Elevada (<800°C)	Largo	5% (5% agua)	10%	85%

Figura 01: Tipos de pirólisis y transformación de la materia prima en subproductos pirolíticos

FUENTE: Sohi *et al.* (2009) citado y adaptado por Zamora (2019).

Condiciones		Líquido (%)	Sólido (%)	Gas (%)
Lenta	Temperatura moderada 500°C	30	35	35
Lenta	Tiempos de residencia del vapor largos 5-30 minutos	30	35	35
Moderada	Temperatura moderada 500°C	50	20	30
Moderada	Tiempos de residencia del vapor 10-20 s	50	20	30
Rápida	Temperatura moderada 500°C	75	12	13
Rápida	Tiempos de residencia del vapor cortos 1s	75	12	13
Gasificación	Temperatura alta >750°C	5	10	85
Gasificación	Tiempo de residencia del vapor 10-20s	5	10	85

Figura 02: Tipos de pirólisis y rendimientos típicos de productos

FUENTE: IEA (2007) citado y adaptado por Zamora (2019).

De acuerdo a Brick (2010), la pirólisis es la descomposición térmica en ausencia de oxígeno, en tanto la gasificación es la descomposición térmica en un entorno de oxígeno limitado; esta descomposición en entornos con poco oxígeno, forma el biochar.

Entre los métodos de producción mencionados, la pirólisis lenta parece ser el proceso óptimo para maximizar la producción de biochar (Brick, 2010). Fundamentalmente la pirólisis comprende el calentamiento de materiales orgánicos a temperaturas superiores a 400 °C en ausencia de oxígeno, ya que a estas temperaturas los materiales se descomponen térmicamente, liberando una fase de vapor y generando una fase sólida residual (biochar) (Escalante *et al.*, 2016).

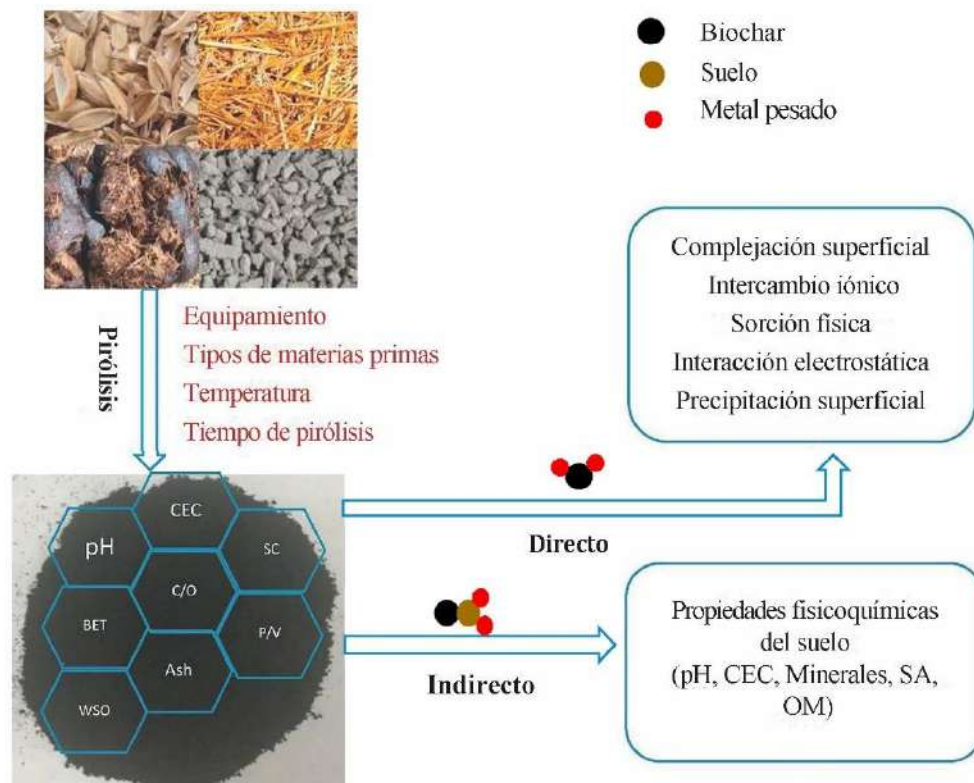
2.4. BIOCHAR

El biochar o biocarbón es el producto resultante de la descomposición térmica de materiales orgánicos (biomasa) mediante un proceso de pirólisis, el cual ocurre con escaso o limitado suministro de oxígeno y a temperaturas inferiores a los 700 °C, con un enfoque específico en su uso en la agricultura (Escalante *et al.*, 2016). A diferencia del carbón vegetal u otros derivados de carbono (C), el biochar está destinado a su aplicación en el suelo, o con un alcance más amplio, para la gestión medioambiental (Lehmann & Joseph, 2009).

Así mismo, Lehmann & Joseph (2015) menciona que una característica importante que define al biochar, es un cierto nivel de formas orgánicas de C, llamadas estructuras de

anillos aromáticos fusionados formadas durante la pirólisis y son clave para propiedades del biochar con respecto a la mineralización o la adsorción.

El biochar cuenta también con grandes áreas superficiales, capacidades de intercambio de cationes porosidad y contiene hidroxilos, carboxilos, carbonilos y otros grupos funcionales; teniendo el efecto de retener, estabilizar e inactivar los elementos de metales pesados y reducir la biodisponibilidad y la fitotoxicidad de los metales pesados en el suelos (Figura 03) (B. Wang *et al.*, 2017).



Características cambiantes del biochar

Figura 03: Diagrama esquemático del efecto de las condiciones de preparación sobre el efecto de inmovilización del biochar. WSO: orgánico soluble en agua; WSI: iones solubles en agua; SC: carga superficial; P/V: poro/volumen; SA: área superficial, y OM: materia orgánica

FUENTE: J. Wang *et al.* (2021). Traducción al español propia.

2.5. USO DE BIOCHAR EN MINERÍA

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada por Wang *et al.* (2021) nos comenta que la gran parte de la investigación sobre el biochar se sigue realizando a nivel de macetas con experimentos de campo de corta duración, aunque un pequeño número de investigadores ha llevado a cabo experimentos de restauración empleando el biochar en el campo durante varias temporadas o años.

En la Tabla 01, Wang *et al.* (2021) resume las investigaciones sobre el biochar realizado durante una larga duración en suelo de la mina.

Tabla 01: Resultados de la literatura sobre los efectos de remediación del biochar en diferentes áreas de suelos contaminados con metales pesados

Fuente de suelo	Materia prima/temperatura	Tasa de aplicación	Efecto de remediación de suelo	Referencias
Una zona de extracción de zinc situada en Vazante, estado de Minas Gerais, Brasil	Biochar de madera de <i>Eucalyptus sp.</i>	0, 2,5 g/kg, 7,5 g/kg, 15 g/kg y 30 g/kg	Aumentó el pH del suelo; redujo los metales pesados extraíbles de las plantas metales pesados extraíbles de las plantas; promovió la germinación de las semillas.	Martins <i>et al.</i> (2018)
Situado en una antigua mina de cobre en Touro, al noroeste de España	Madera de <i>Quercus ilex</i> / 400°C	0 y 4 %	Reducción de las concentraciones de metales fito-disponibles	Forjan <i>et al.</i> (2018)
Mina de carbón, cuenca carbonífera de Makum, Margherita, Assam, situada en la parte nororiental de la India	Residuos destilados de hierba de limón (<i>Cymbopogon flexuosus</i>) / 450°C	0, 1%, 2% y 4%	Reducción de la acidez del suelo y de la biodisponibilidad del metal; mejora de la productividad de las plantas y de la salud del suelo.	Jain <i>et al.</i> (2019)
La zona minera de Cu de Riotinto, España	Residuos de estiércol / 450 y 600°C	0 y 10 %	Aumentó la biomasa de <i>Brassica napus</i> ; redujo la acumulación de metales pesados en <i>Brassica napus</i> .	Gasco <i>et al.</i> (2019)
Mina Raibl en el valle del Río del Lago (lado norte de los Alpes Julianos Alpes Julianos, NE, Italia)	Residuos de poda de los huertos	0, 1%, 5% y 10%	Aumentó el pH, la retención de nutrientes, la CEC y la capacidad de retención de agua; disminuyó la biodisponibilidad de Cd, Pb, Ti y Zn en los residuos mineros	Fellet <i>et al.</i> (2011)

FUENTE: Adaptado de J. Wang *et al.* (2021).

En el caso del cianuro, la literatura ha abordado los efectos del biochar en la adsorción de este compuesto. Por ejemplo, en el estudio realizado por Ramos (2012), se empleó el biochar producido a partir de tallos de *Gliricidia sepium*, logrando una capacidad máxima de adsorción de cianuro de 3mg/g de cianuro del agua proveniente de un relave aurífero. Asimismo, Manyuchi *et al.* (2022) probó el biochar de aserrín para disminuir la concentración de iones de cianuro mediante la adsorción en las aguas residuales de las presas de residuos auríferos, logrando una eficiencia de reducción total del 74% en la concentración de iones de cianuro.

Adicionalmente, aunque Arana & Gonzáles, (2014) no emplearon directamente biochar en su investigación, implementaron materiales precursoras, específicamente materiales naturales tipo lignocelulósico como la cáscara de pistacho (*Pistacia vera L.*) y estropajo

(*Luffa Cylindrica*), logrando porcentajes de retención de ion cianuro de 98,0% y 88,4%, respectivamente, de una solución de cianuro que simula el agua residual del proceso de extracción de minería aurífera.

A nivel de los países andinos, Martínez Madrid & Marrugo-Negrete (2021) evaluaron el efecto de la adición de biochar en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia. En su investigación lograron evidenciar que el biochar disminuyó entre 50-84 % la biodisponibilidad de Pb, Cd y Hg en los suelos mineros, lo que indica una baja probabilidad de que el contaminante se movilice en los compartimentos ambientales e interactúe con los organismos mostrando toxicidad en estos. Sin embargo, no mencionan sobre las características del biochar que utilizaron en la investigación.

En Perú no hay muchos casos de aplicación de biochar dentro de las actividades de cierre o remediación de la minería. Un caso muy representativo en el país dónde se aplica el biochar dentro del proceso de restauración de áreas degradadas por minería aurífera aluvial se desarrolla en el departamento de Madre de Dios.

El Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA) investiga y produce biochar de cáscara de castaña o nuez de Brasil (*Bertholletia excelsa*), un residuo industrial abundante derivado de la recolección y producción de castaña en Madre de Dios, para ser utilizado como enmienda, en la restauración de las áreas degradadas por minería de oro. Este biochar es aplicado en las parcelas de restauración sin sufrir alguna modificación adicional en su granulometría, siendo en la gran mayoría el mismo que se obtuvo luego de su producción (aproximadamente 25 mm).



Figura 04: Aplicación de biochar como enmienda.
FUENTE: CINCIA (2018).

Bajo este contexto, Román-Dañobeytia *et al.* (2021) utilizó este biochar, con una tasa de aplicación de 1.1 t/ha) dentro de su diseño experimental concluyendo la influencia positiva del biochar puro y biochar enriquecido en la supervivencia y crecimiento de las plantaciones de restauración en áreas degradadas por minería del oro de un año de antigüedad.

III. METODOLOGÍA

El ensayo experimental se llevó a cabo en 04 etapas: 1) Recolección y Acondicionamiento de la poda, 2) Producción de biochar, 3) Aplicación del biochar y 4) Evaluación del top soil y el cultivo indicador.

3.1. RECOLECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA PODA

3.1.1. Ubicación

La poda de plantaciones de palto (*Persea americana* Miller.) se obtuvo de las plantaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina en la ciudad de Lima, durante el mes de julio del 2021 (Figura 05).

Tabla 02: Coordenadas y descripción de las plantaciones de palto y del lugar de producción de biochar

Código	Coordenadas UTM Zona 18S		Descripción
	Norte	Este	
PP	8663104	288438	Plantaciones de palto de la Universidad Nacional Agraria La Molina
PB	8662077	288496	Ubicación de la producción de biochar en el Vivero forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina



Figura 05: Mapa de ubicación de las áreas de la recolección de poda y producción de biochar. Elaboración propia a partir de Google Earth.

3.1.2. Materiales

3.1.2.1. Insumos

- Residuos de aprovechamiento de la poda de cultivos de palto (*Persea americana Miller.*) de la Universidad Nacional Agraria La Molina
- Pliego de plástico de 10 m²
- Sacos de polietileno

3.1.2.2. Herramientas

- Hacha con mango de madera

3.1.3. Metodología

3.1.3.1. Recolección de residuos de la poda de cultivos de palto (*Persea americana Miller.*)

La recolección de los residuos de la poda de los cultivos de palto (*Persea americana Miller.*) se obtuvo de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Los residuos de poda se encontraron desde el mes de diciembre del 2020 en los campos de cultivo, se procedió a tomar muestras homogéneas de 100 – 150 kg de la materia prima.



Figura 06: Residuos de la poda de cultivos de palto (*Persea americana* Miller.)

Las muestras fueron obtenidas directamente mediante recolección manual, separando 1,5 kg de muestras para ser llevado al laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional Agraria la Molina, con la finalidad de determinar la humedad (%), extractivo (%), lignina (%), celulosa (%), holocelulosa (%) y sílice (%) de la biomasa residual (Tabla 03).

3.1.3.2. Acondicionamiento de los residuos

Las muestras recolectadas fueron dispuestas sobre pliegues de plástico y puestas a secar a temperatura ambiente, en un ambiente abierto y cubiertas con pliegues de plástico para resguardarlas de las lluvias. Simultáneamente, se realizó un control diario del contenido de humedad, hasta llegar a un porcentaje promedio igual o menor de 10% de contenido de humedad, de acuerdo a lo recomendado por Mohan *et al.* (2006), para evitar un gran requerimiento de energía para eliminar el contenido de humedad durante la pirólisis.

El tiempo de secado dependió del estado de humedad de las muestras, no durando más de una semana de secado.

Se fraccionaron las muestras en tamaños de 15 cm de altura y 6 cm de diámetro en promedio, para que presenten un regular tamaño y dureza, y asegurar el completo nivel de pirólisis.



Figura 07: Acondicionamiento de los residuos de la poda y control de la humedad

3.2. PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

3.2.1. Ubicación

La producción del biochar se realizó en las instalaciones del Vivero Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Figura 05).

3.2.2. Materiales

3.2.2.1. Insumos

- Residuos acondicionados de la poda de plantaciones de palto (*Persea americana Miller.*) en la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cartón
- Hojas secas
- Papel periódico
- Encendedor tipo pistola

3.2.2.2. Equipos

- Horno pirolítico artesanal de doble tambor
- Termómetro infrarrojo tipo pistola de -50~1180°C
- Balanza digital de 50 kg de capacidad

3.2.2.3. Herramientas

- Bolsas ziploc
- Molino de grano
- Tamiz de malla de 0,6 mm
- Tamiz de malla de 30 mm

3.2.3. Metodología

3.2.3.1. Diseño y fabricación del horno pirolítico

La construcción del horno pirolítico artesanal de doble tambor se destinó para la producción de biochar para fines de análisis e investigación. El diseño, propuesta originalmente por Guerra (2015), se ajustó para las cantidades teóricas iniciales de biomasa y de producción de biochar.

El diseño del horno consideró 3 principales componentes:

- Un tambor cilíndrico vertical pequeño, tambor interior, con dimensiones de 40 cm de diámetro y 70 cm de alto, y con una capacidad de 5-10 kg, dependiendo de la densidad de la biomasa. Contó con una tapa totalmente sellada con 5 perforaciones que fué utilizado en la parte inferior del cilindro, para la liberación de energía concentrada y gas de síntesis dentro del tambor una vez iniciada la combustión.
- Un tambor cilíndrico vertical grande, tambor exterior, con dimensiones de 58 cm de diámetro y 86 cm de alto, y con una capacidad de 8 – 12 kg, dependiendo de la densidad de la biomasa. Contó con 45 perforaciones en la base inferior del cilindro para el ingreso del aire primario al horno.
- Una corona para el tambor exterior, con 58 cm de diámetro y 20 cm de alto, acondicionada para la chimenea de ventilación de 20 cm de diámetro y 100 cm de alto.

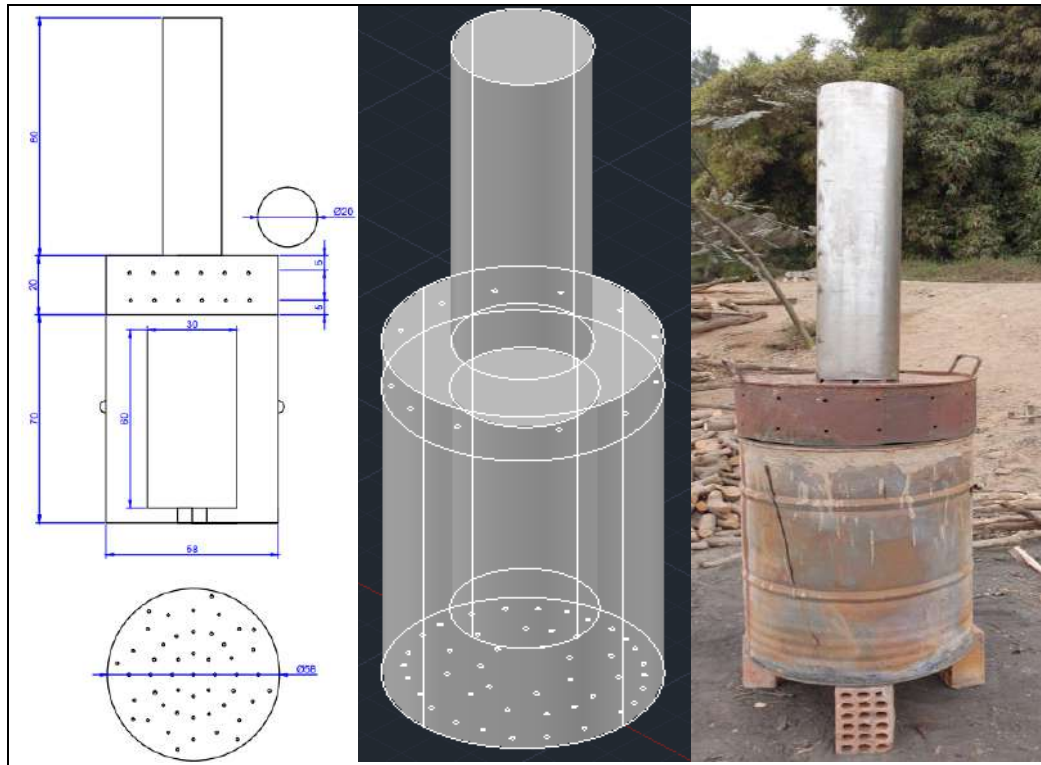


Figura 08: Diseño y fabricación del horno pirolítico

3.2.3.2. Producción de biochar

Antes de iniciar con la producción de biochar, se hizo una limpieza y se llevó el horno pirolítico a 450°C para evitar alguna contaminación del biochar. Las muestras, previamente acondicionadas, fueron mezcladas y posteriormente separadas en porciones equivalentes para su procesamiento en el horno pirolítico. Para este último, se siguieron los siguientes pasos:

- a) Para cada lote de producción de biochar se regularon las entradas de aire primario y secundario en el tambor exterior, y se regularon las salidas de gas de síntesis en el tambor interior, buscando el máximo rendimiento y las temperaturas en el proceso de producción, limitando la entrada de oxígeno durante la pirólisis y la generación de ceniza (Centro de Innovación Científica Amazonica [CINCIA], 2018).
- b) Se agregaron las biomásas, con un contenido promedio de humedad menor o igual a 10%, al tambor interior sin compactarlo. Una vez debidamente llenado, se tapó el tambor interior y se colocó dentro del tambor exterior, quedando la tapa del tambor interior con los 5 agujeros cerca de la base del tambor exterior, para la liberación de gas de síntesis y presión del tambor interior.

- c) El espacio libre comprendido entre los tambores fue llenado, sin compactarla, con la misma biomasa del tambor interior, colocando en la parte superior restos de cartón y hojas secas para prenderlos e iniciar el frente de calor. Una vez prendido la biomasa en el tambor exterior, se colocó la corona con la chimenea en el tambor exterior, para limitar el ingreso de aire primario y el escape de los gases generados por el proceso de pirólisis a través del orificio central.
- d) Durante el proceso de pirólisis se monitoreó constantemente la temperatura con un termómetro infrarrojo tanto en el tope o altura de la chimenea, en la parte media y del fondo del tambor exterior. Tomando nota de los tiempos de duración del proceso.
- e) Cuando se extinguió la llama dentro del tambor exterior, el proceso de pirólisis se detiene, se procedió a enfriarlo retirando cuidadosamente la corona con la chimenea, tapando los agujeros de la base del tambor exterior con tierra húmeda y colocándole la tapa y zuncho en la parte superior, evitando el ingreso de aire al tambor interior durante el enfriamiento y limitando la transformación de carbón a ceniza.



Figura 09: Producción de biochar. a) Llenado del tambor interior. b) Tapado del tambor interior. c) Llenado del tambor exterior para el soporte del frente de calor. d) Colocación de material para iniciar el frente de calor. e) Inicio del frente de calor y colocación de la corona. f) Colocación de la chimenea. h) Monitoreo de la temperatura alcanzada. i) Enfriamiento del tambor interior. j) Obtención del biochar.

3.2.3.3. Rendimiento de la producción

Con el primer lote de producción de biochar se determinó el rendimiento de la producción de la biomasa utilizada, el tamaño de partículas idóneo, las temperaturas alcanzadas de producción y el tiempo de producción, para tenerlos en cuenta en las próximas producciones.

3.2.3.4. Procesamiento del biochar producido

El biochar que se obtuvo fue previamente acondicionado para su aplicación como enmienda orgánica, formando parte de la cubierta para la revegetación del cierre de un relave minero. Para su procesamiento se siguió los siguientes pasos:

- a) Se procedió a moler el biochar producido con ayuda de un molino de grano.
- b) Se utilizó el tamiz de malla de 0,6 mm y tamiz de malla de 30 mm, con el fin de tamizar el biochar molido y obtener partículas de biochar con tamaño entre 0,6 mm y 30 mm.
- c) El cálculo de la dosificación del biochar se realizó teniendo en cuenta la cantidad total en kg de top soil (suelo orgánico) que ingresaron en las celdas de tratamiento, con dimensiones de largo de 0,30 m de largo, 0,30 m de ancho y 0,20 m de altura (de las 0,4 m de altura total que posee). Con la finalidad de obtener dosificaciones de biochar en peso/peso en cada celda de tratamiento de 0%, 2,5%, 3,75% y 5%.
- d) Una vez conocida la dosificación en gramos de biochar, con ayuda de una balanza digital, se prepararon las dosis en gramos para las 5 repeticiones de cada los 13 tratamientos. Posteriormente, las dosis se colocaron en bolsas “ziploc” a fin de conservarlas hasta el momento de su aplicación en las celdas de tratamiento.



Figura 10: Tamizaje (izquierda), medición (centro) y dosificación (derecha) de biochar.

Se separó una muestra representativa de biochar en bolsa ziploc, la cual fue enviada al Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Nacional Agraria La Molina para realizar el análisis elemental (carbono total, carbono orgánico, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre), el análisis proximal o termogravimétrico (humedad, materia volátil y ceniza), la determinación de la densidad aparente, pH y conductividad eléctrica del biochar.



Figura 11: Determinación de la densidad aparente del biochar.



Figura 12: Determinación del pH y conductividad eléctrica del biochar.

Además, a la misma muestra, se le realizó análisis morfológico mediante electrónica de barrido (SEM) en el instituto de Biotecnología (IBT) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, análisis de espectroscopia infrarroja (FTIR) en el Centro de Investigación en Química, Toxicología y Biotecnología Ambiental (CIQTOBIA) de Universidad Nacional Agraria La Molina; y, por último, el análisis de Isoterma BET en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Tabla 03: Análisis que se emplearon en la biomasa y biochar

Muestra	Análisis	Metodología / Equipo
Biomasa	Humedad (%), Extractivo (%), Celulosa (%), Lignina (%) y Holocelulosa (%)	Norma ASRMD 1107-56 Norma TAPPI T 222 os-74 Método Jayme y Wize
	Humedad (%), Material Volátil (%) Ceniza (%), Carbono fijo (%)	ASTM D7582
	Densidad aparente	ASTM D2854-09
	pH y Conductividad eléctrica	Rajkovich <i>et al.</i> , (2011)
Biochar	Carbono (%), Hidrógeno (%), Nitrógeno (%), Oxígeno (%)	ASTM D5373
	Azufre (%)	ASTM D7582
	Carbono orgánico (%)	ASTM D4373
	Análisis SEM (Scanning electron microscopy)	Microscopio electrónico de barrido (MEB)
	Espectroscopia infrarroja (FTIR) Con 150 Scan en un rango de 4000 a 650 nm	Thermo Scientific modelo FTIR 1510
	Adsorción-desorción de N ₂	Gemini VII modelo 2390

3.3. APLICACIÓN DEL BIOCHAR

3.3.1. Ubicación

El ensayo se realizó entre los meses de diciembre del 2021 y marzo del 2022, dentro de las actividades de cierre de un relave minero de una unidad minera ubicada en el distrito de Vilque, de la provincia de Puno del departamento de Puno (Tabla 04 y Figura 13).

Tabla 04: Coordenadas y descripción de las áreas experimentales y la estación meteorológica más cercana

Código	Coordenadas UTM Zona 19S		Descripción
	Norte	Este	
Estación Mañazo*	8252792,1	356537,5	Estación meteorológica convencional más cercana a las áreas experimentales
RE	8251371	362728	Área experimental en zona de relave minero
MG	8251661	362828	Área experimental de referencia en zona con baja influencia de contaminación minera

* De acuerdo con la información publicada en la Dirección de Redes de Observación y Datos del SENAMHI.



Figura 13: Mapa de ubicación de las áreas experimentales. Fotografía de Jacob Mai (2021).

Entre los meses de diciembre y marzo, las épocas del año son de lluvia, los datos meteorológicos disponibles de la estación meteorológica más cercana a las áreas experimentales (Figura 14) son del mes de diciembre del 2020 al mes de marzo del 2021 (Tabla 05).

Tabla 05: Datos meteorológicos diarios promedio diciembre 2020 – marzo de 2021 de la estación Mañazo

Año	Mes	Precipitación anual (mm/día)	Humedad Relativa (%)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
2020	Diciembre	4,55	71,48	18,07	4,71
2021	Enero	7,86	73,89	16,37	4,52
	Febrero	2,00	73,53	16,13	4,09

Año	Mes	Precipitación anual (mm/día)	Humedad Relativa (%)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
	Marzo	5,06	73,79	15,08	4,14

De acuerdo a la información publicada en la Dirección de Redes de Observación y Datos del SENAMHI, la estación Mañazo, ubicada en el distrito de Mañazo, provincia de Puno del departamento de Puno; solo presenta datos meteorológicos diarios sin control de calidad para el año 2020 y parte del 2021.

FUENTE: Adaptado de la Dirección de Redes de Observación y Datos del SENAMHI.



Figura 14: Mapa de ubicación de las áreas experimentales y la estación meteorológica. Elaboración propia a partir de Google Earth.

3.3.2. Materiales

3.3.2.1. Insumos

- Biochar elaborado a partir de las biomásas residuales de plantaciones de palto (*Persea americana Miller.*) en el Vivero Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- El material de propagación de la especie *Stipa ichu* perteneciente al área de esquejes del área de referencia dentro de las instalaciones de la unidad minera.
- Suelo orgánico de las canteras de top soil de la unidad minera.
- Abono orgánico de las reservas de la unidad minera.

3.3.2.2. Equipos

- Balanza digital de 50 kg de capacidad

3.3.2.3. Herramientas

- Celda de madera de 0,3 x 0,3 x 0,4 m
- Envoltura de polietileno y polipropileno
- Balde de plástico de 50 l

- Caretilla
- Pala cuchara
- Cernidor
- Pala
- Pico
- Cinta métrica

3.3.3. Metodología

3.3.3.1. Preparación y composición del top soil en las celdas

Primero se instalaron las celdas de los tratamientos en las áreas experimentales de relave minero y de referencia. Luego se llenaron las celdas, adecuadamente, de acuerdo a la composición que se muestran en la Tabla 06 y en la Figura 15, obteniendo la cantidad total de kg que ingresaron en cada celda.

Tabla 06: Composición de las celdas de tratamiento

Tratamiento	Suelo Orgánico (kg)	Biochar (kg)	Abono Orgánico (kg)
Top soil en el área de referencia			
T0 (0,00%B – 0,00% AB)	16,00	0,00	0,00
T1 (1,25%B – 1,25% AB)	15,60	0,20	0,20
T2 (1,875%B – 1,875% AB)	15,40	0,30	0,30
T3 (2,50%B – 2,50% AB)	15,20	0,40	0,40
T4 (0,00%B – 5,00% AB)	15,20	0,00	0,80
Top soil en el área relave minero			
T5 (0,00%B – 0,00% AB)	16,00	0,00	0,00
T6 (1,25%B – 1,25% AB)	15,60	0,20	0,20
T7 (1,875%B – 1,875% AB)	15,40	0,30	0,30
T8 (2,50%B – 2,50% AB)	15,20	0,40	0,40
T9 (2,50%B – 0,00% AB)	15,60	0,40	0,00
T10 (3,75%B – 0,00% AB)	15,40	0,60	0,00
T11 (5,00%B – 0,00% AB)	15,20	0,80	0,00
T12 (0,00%B – 5,00% AB)	15,20	0,00	0,80

SO-1: Suelo Orgánico, B: Biochar, AB: Abono Orgánico.

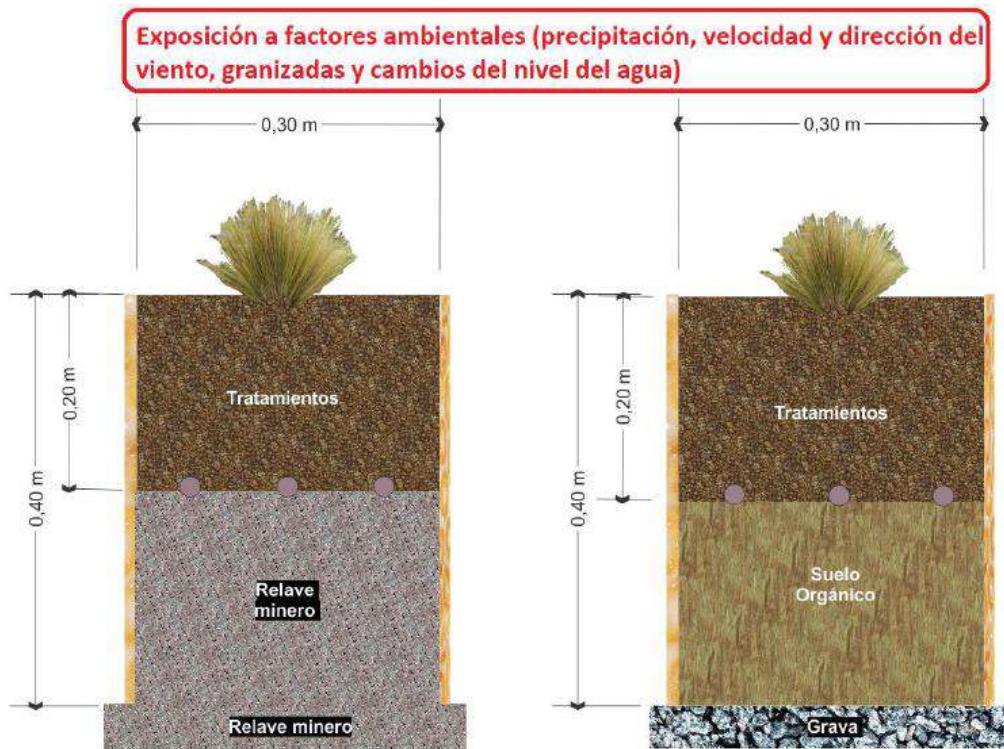


Figura 15: Vista frontal de la composición de las celdas de tratamiento en el área de relave minero (izquierda) y de referencia (derecha).



Figura 16: Generación de pendiente (izquierda) y preparación (centro) del área e instalación (derecha) de las celdas en el área experimental de relave minero.



Figura 17: Preparación del área (izquierda), excavación para la colocación de la grava (centro) e instalación de las celdas en el área experimental de referencia.

3.3.3.2. Llenado de celdas de tratamiento

Se procedió a llenar las 65 celdas con 16 kg en total en cada una, el suelo orgánico utilizado fue previamente zarandeada, homogenizado y secado al aire. Se determinó el volumen ocupado por los 16 kg en la celda, con el fin de determinar la densidad aparente del top soil.

Para el caso del área experimental de referencia, se colocó grava, previamente lavada y tamizada (5 mm – 10 mm) (Figura 17).

3.3.3.3. Aplicación de dosis según tratamientos

Durante el llenado de las celdas, se procedió a aplicar la dosis de biochar y abono orgánico homogéneamente mezclado correspondiente, de acuerdo con el tratamiento, en todas las celdas de tratamientos.



Figura 18: Llenado de celdas experimentales en el área experimental de relave minero.



Figura 19: Llenado de celdas experimentales en el área experimental de referencia.

3.3.3.4. Siembra de *Stipa ichu*

Luego de 05 días de preparados las celdas (estabilización del top soil), se colocó 01 esqueje de *Stipa ichu* en el centro de cada celda. Se acondicionaron los esquejes para que tengan pesos y dimensiones similares en cada celda.



Figura 20: Siembra de esquejes de *Stipa ichu*. a) Área de extracción de esquejes del área de referencia. b) Extracción y traslado de esquejes. c) Evaluación y selección. d) Acondicionamiento de esquejes. e) Medición inicial de la altura de la planta. f) Medición inicial del diámetro de la planta. g) Siembra de esquejes en el área experimental de relave minero. h) Siembra de esquejes en el área experimental de referencia.

3.3.3.5. Características del ensayo experimental

Cada tratamiento tuvo 05 repeticiones y las celdas se distribuyeron en las dos áreas experimentales (Anexo 1), manteniendo una distancia de 1,5 metros una celda con otro, tal como se muestra en la Figura 21 y Figura 22, con el fin de evitar la influencia de los lixiviados del entorno de las celdas y el estancamiento de agua, aprovechando el marco de las celdas y la pendiente de las áreas experimentales (5%) (Figura 16).

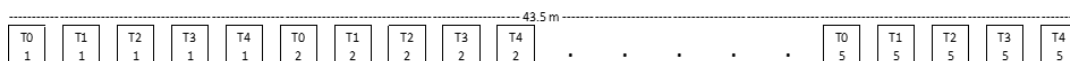


Figura 21: Distribución de las celdas en el área de referencia.

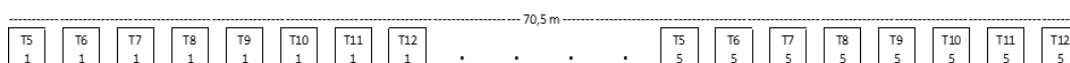


Figura 22: Distribución de las celdas en el área de relave minero.

3.4. EVALUACIÓN DEL TOP SOIL Y DEL CULTIVO INDICADOR

3.4.1. Materiales

3.4.1.1. Equipos

- Vernier digital
- Soil pH meter
- Balanza digital de 5 kg

3.4.1.2. Herramientas

- Cinta métrica de 5 m
- Pala cuchara
- Tijeras de podar
- Bolsa ziploc
- Bolsa de Silica Gel
- Bolsa papel Kraft
- Tamiz de malla
- Balde de 20 l
- Plumón indeleble
- Cinta masking tape
- Agua destilada

3.4.2. Metodología

3.4.2.1. Evaluación inicial de los componentes de la celda

Previo al llenado de las celdas, una vez zarandeada y homogenizada todos los ingredientes del top soil, se procedió a tomar muestras; además de tomar muestra del material de propagación de la especie *Stipa ichu* perteneciente al área de esquejes del área de referencia, para realizarles los siguientes análisis:

Tabla 07: Análisis inicial que se emplearon a los componentes de la celda

Muestra	Análisis	Metodología / Equipo
Suelo orgánico / Relave minero / Muestra sólida de los tratamientos ubicados en el área de relave minero (T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 y T12)	Mercurio (CVAA - FIMS) (Peso Seco)	EPA Method 7471 B Rev.2 2007. Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold- Vapor Technique)
	Metales (ICP- AES) (Peso Seco)	EPA Method 200.7 Rev 4.4. 1994 // EPA Method 3050-B Rev 02. 1994. Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ICPOES // Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils

Continuación ...		
Muestra	Análisis	Metodología / Equipo
	Cianuro Total	EPA 9013A. Cyanide Extraction procedure for Solids and oils. 2004 / APHA, AWWA, WEF 4500-CN-F
	pH	Medición en el potenciómetro de la suspensión de suelo:agua en relación 1:1 / Soil pH meter PCE-PH20S
Abono orgánico / Suelo orgánico	Conductividad Eléctrica	Medición del contenido de sales solubles del extracto acuoso
	Materia Orgánica	Método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio
Tejido vegetal	Cianuro Total	EPA 9013A. Cyanide Extraction procedure for Solids and oils. 2004 / APHA, AWWA, WEF 4500-CN-F
	Total Metals (In Vegetable Tissues) (ICP-OES)	EPA Method 200.3, Rev. 1, April. 1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version 1994

3.4.2.2. Evaluación de los tratamientos

Se evaluaron los tratamientos cada 30 días, consistiendo en la medición del pH del suelo, el diámetro del tallo y la altura de las plantas *Stipa ichu* (Figura 23). Tomando nota del color de las hojas y la mortalidad de las plantas.



Figura 23: Evaluación periódica de los tratamientos en el pH del suelo (derecha), altura (centro) y diámetro (izquierda) de las plantas.

3.4.2.3. Recolección de biomasa aérea y radicular de las plantas de *Stipa ichu*

La biomasa aérea se recolectó extrayendo la totalidad de la planta de las celdas, cortando la parte aérea y radicular de la misma, empleando una bolsa ziploc con una bolsa silica gel incluida para colocar la biomasa aérea que se encuentra por celda (Figura 24). Luego, se pesó el peso fresco de la biomasa aérea recolectada de cada tratamiento. Finalmente, se colocó las muestras en bolsas Kraft y colocadas en una estufa a una temperatura de 75°C por 72 horas, con el fin de tomar el peso seco.

La parte radicular de la planta fue tamizada y los grumos disgregados con suavidad a fin de obtener la mayor cantidad de raíces posibles. Posteriormente, las raíces recolectadas fueron lavadas con agua destilada reiteradamente y dejadas a secar al aire libre. Finalmente, se colocaron las raíces de cada celda en una bolsa ziploc, con una bolsa silica

gel incluida, para proceder a obtener el peso fresco (Figura 24). Finalmente, las muestras fueron colocadas en bolsas Kraft y en una estufa de 75°C por 72 horas, para obtener el peso seco.



Figura 24: Recolección y evaluación de muestras finales. a) Extracción de planta. b) Planta extraída. c) Separación de la parte aérea y radicular de la planta. d) Almacenamiento de las muestras de tejido vegetal. e) Obtención del peso fresco de las muestras de tejido vegetal. f) Obtención de muestras sólidas de los tratamientos.

3.4.2.2. Evaluación final de los componentes de la celda

Una vez obtenido el peso seco de la biomasa aérea y radicular, se procedió a llevar las muestras de tejido vegetal al laboratorio de Servicios Analíticos Generales para cuantificar el contenido de metales totales y cianuro.

Luego de extraer la totalidad de las raíces de cada celda, se obtuvo una muestra de muestra sólida por cada repetición de los tratamientos ubicados en el área de relave minero y el blanco (T0, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 y T12) para ser llevados al laboratorio Environmental Testing Laboratory para su análisis de metales totales y cianuro (Figura 24).

Además, se obtuvo una muestra compuesta de todas las repeticiones de cada tratamiento (T0 al T12) para analizar los parámetros de pH, Conductividad Eléctrica, Materia

Orgánica, Densidad Aparente, Densidad Real y Porosidad; en el laboratorio de análisis de suelos, plantas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tabla 08: Análisis final que se emplearon en los componentes de la celda

Muestra	Análisis	Metodología / Equipo
Muestra sólida de los tratamientos (T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 y T12)	Mercurio (CVAA - FIMS) (Peso Seco)	EPA Method 7471 B Rev.2 2007. Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)
	Metales (ICP-AES) (Peso Seco)	EPA Method 200.7 Rev 4.4. 1994 // EPA Method 3050-B Rev 02. 1994. Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ICPOES // Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils
	Cianuro Total	EPA 9013A. Cyanide Extraction procedure for Solids and oils. 2004 / APHA, AWWA, WEF 4500-CN-F
	pH	Medición en el potenciómetro de la suspensión de suelo:agua en relación 1:1 / Soil pH meter PCE-PH20S
	Conductividad Eléctrica	Medición del contenido de sales solubles del extracto acuoso
	Materia Orgánica	Método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio
	Densidad Aparente	Método del cilindro de metal. Método alternativo: Terrón con parafina
	Densidad Real	Método del picnómetro
	Porosidad	Determinar densidad aparente y densidad real. % P= (1-Dap/ Dr) * 100.
	Tejido vegetal	Cianuro Total
Total Metals (In Vegetable Tissues) (ICP-OES)		EPA Method 200.3, Rev. 1, April. 1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version 1994

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental seleccionado es un Diseño Completamente al Azar (D.C.A). El factor de estudio consiste en los diferentes contenidos de suelo orgánico, biochar y abono orgánico en el top soil, distribuidos entre los distintos tratamientos (del T5 al T12). La variable respuesta es el contenido de metales totales (arsénico, cadmio, plomo) y cianuro total en el top soil.

Para comparar el contenido de metales totales y cianuro total en el top soil, se realizaron pruebas estadísticas para validar la normalidad y homogeneidad de varianza de los datos. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad y la prueba de Levene para la homogeneidad de varianza. Los datos que cumplieron con la distribución normal y la homogeneidad de varianza se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA)

utilizando el software IBM SPSS Statistics 22. Posteriormente, las variables significativas fueron comparadas con un nivel de significancia del 5% mediante la prueba de Scott-Knott, utilizando el software Rstudio versión 2023.06.2+561.

Por otro lado, los datos que no cumplieron con la distribución normal y/o la homogeneidad de varianza fueron analizados mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis. Las variables significativas obtenidas de esta prueba fueron comparadas al nivel del 5% de significancia mediante la prueba de Mann-Whitney, ambas realizadas en el software IBM SPSS Statistics 22.

Además, se llevaron a cabo análisis gráficos para comparar los contenidos de metales (arsénico, cadmio, plomo) y cianuro total en los tejidos vegetales, la tasa de supervivencia vegetal, la altura de las plantas, el diámetro de la planta, el peso fresco y seco de la planta, el pH, la conductividad eléctrica, la densidad aparente, la porosidad, el contenido de macronutrientes (N, P y K) y el carbono orgánico del top soil.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA DE PODA DE PALTO

En la Tabla 09 se muestra el resultado de los valores del contenido de humedad, extractivo, celulosa, lignina y Holocelulosa de la biomasa de poda de plantaciones de palto (*Persea americana Miller.*) Los resultados de la caracterización se muestran en el **Anexo 2**.

Tabla 09: Análisis lignocelulósicos de la biomasa de poda de palto

	Humedad (%)	Extractivo (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)	Holocelulosa (%)
Poda de plantaciones de palto	3,00	8,20	43,90	49,61	43,90

FUENTE: Laboratorio de Servicios de Análisis Químico - LASAQ N°11-2022-DQ (Ver Anexo 2).

El contenido de 3,00% de humedad se encuentra por debajo del 10% de contenido de humedad recomendado por Mohan *et al.* (2006), evitando que se requiera gran cantidad de energía para la eliminación del contenido de humedad durante la pirólisis.

En el análisis realizado se encontró un contenido extractivo de 8,20%, similar a lo reportado por Dhyani & Bhaskar (2019), con porcentajes inferiores al 10%, dependiendo de la composición de la especie de biomasa.

Examinando otro componente químico significativo es la lignina, cuyo contenido promedio es de 49,61%, Dhyani & Bhaskar (2019) señalaron que los valores de lignina pueden constituir hasta el 20% - 35% de la matriz orgánica de la madera y otras plantas vasculares.

La lignina, caracterizada por su estructura amorfa, presenta un extenso número de posibles enlaces entre unidades individuales, destacando la prevalencia de enlaces éter entre las unidades de lignina y la presencia de enlaces covalentes tanto con otras unidades de lignina como con polisacáridos (Brown *et al.*, 2015). Además, la lignina se

une a la celulosa y a la hemicelulosa mediante enlaces éter, y específicamente a la hemicelulosa mediante enlaces éster, generando así una estructura rígida (Deng *et al.*, 2023).

En general, se ha observado que mayores cantidades de lignina en la biomasa dan lugar a mayores rendimientos de biochar (Amonette & Joseph, 2009).

4.2. PRODUCCIÓN DE BIOCHAR

Mediante el uso del horno pirolítico artesanal de doble tambor, en la Tabla 10 se observa el rendimiento promedio obtenido del 25,47% en la producción de biochar de la biomasa de poda de plantaciones de palto (*Persea americana Miller.*) en un tiempo promedio de 104 minutos a una temperatura de pirólisis alcanzada de 500°C.

Tabla 10: Rendimiento de la producción de biochar

Lote	Biomasa residual (kg)	Humedad (%)	Biochar (kg)	Rendimiento (%)	Tiempo (min)
1	12,820	3,0	3,320	25,90	110
2	13,360	3,1	3,470	25,97	97
3	13,745	1,9	3,335	24,26	108
4	12,150	2,6	3,130	25,76	101
Rendimiento promedio				25,47	

Según Brick y Wisconsin (2010), los resultados del biochar a temperaturas de 300 – 500 °C muestran un rendimiento que oscila entre el 20% y el 30%, lo que indica que el rendimiento obtenido (25,47%) es satisfactorio. No obstante, de acuerdo con Zamora (2019), el contenido promedio de biochar obtenido mediante pirólisis lenta es del 35%, lo que sitúa nuestro rendimiento por debajo de este valor.

4.3. CARACTERIZACIÓN DE BIOCHAR

Tras la obtención del biochar, se realizaron diversos análisis siguiendo las metodologías especificadas en la Tabla 03.

Tabla 11: Análisis termogravimétrico (proximal) del biochar producido

	Humedad (%)	Material Volátil (%)	Ceniza (%)	Carbono fijo (%)
Biochar	10,68	17,62	3,74	67,96

FUENTE: Laboratorio de Energías Renovables - LER-BIOMASA 006-2022 (Ver Anexo 3).

El aumento de la humedad en la biomasa (3,00%) en comparación con la humedad en el biochar (10,68%) puede explicarse por el hecho de que la humedad tiende a aumentar a temperaturas más altas durante la pirólisis para biomásas con un contenido muy bajo de humedad. Esto se debe a que los componentes lignocelulósicos se volatilizan en mayor medida, dejando poros para la humedad (Palacios *et al.*, 2023).

La cantidad de humedad presente en el biochar dependerá del método utilizado para su determinación, mientras que el método utilizado para la determinación de la humedad de la biomasa fue el ASTM D1762-84 (Re-aprobado 2007), que consiste en introducir la biomasa en una estufa a 105°C durante un periodo de dos horas y dejar enfriar una hora en el desecador para ser pesadas en una balanza, determinando la humedad en base a la diferencia de peso inicial y final de la biomasa; y el biochar bajo la norma ASTM D7582, cuyo contenido de humedad se determina midiendo la pérdida de masa de la muestra de biochar cuando se calienta bajo condiciones específicas de temperatura, tiempo, atmósfera, masa de la muestra y especificaciones del equipo (ASTM, 2023).

El contenido de material móvil (17,2%) en el biochar se refiere a la cantidad que se perderá debido a la volatilización, lixiviación y/o degradación microbiana una vez que se añade al suelo, siendo esto atribuible principalmente al tipo de biomasa utilizada (Guerra, 2015).

Los resultados revelaron un bajo contenido de ceniza en el biochar (3,74%). Esta baja proporción puede atribuirse a la naturaleza de las biomásas leñosas que suelen tener un bajo contenido en ceniza (<1%), mientras que la hierba, la paja y las cáscaras de cereales, que tienen un alto contenido en sílice, pueden tener 24% de ceniza (Amonette & Joseph, 2009). Un bajo contenido de ceniza indica una baja concentración de nutrientes en la biomasa y una baja capacidad alcalinizante (Deenik *et al.*, 2011). Sin embargo, el alto contenido de cenizas a menudo es un factor importante que contribuye a la pérdida de estructura (Downie *et al.*, 2009).

El biochar presenta un contenido de carbono fijo del 67,96%, el cual se sitúa dentro del rango de valores (60 – 85%) obtenidos por reactores de biochar operados a temperaturas comprendidas entre 400 y 600 °C, según lo señalado por Panwar *et al.* (2019).

De acuerdo a McLaughlin *et al.* (2009), el Carbono Fijo del Análisis Proximal del biochar es todo lo que no es ceniza y no se volatiliza a 950°C. La temperatura de funcionamiento del reactor es fundamental para determinar el contenido de carbono fijo y oxígeno del biochar, ya que se ha observado que las temperaturas más altas conllevan mayores contenidos de carbono fijo y menores contenidos de oxígeno (Panwar *et al.*, 2019).

En las Tabla 12 y Tabla 13, se presentan los resultados de las propiedades físico-químicas analizadas en el biochar.

Tabla 12: Densidad aparente del biochar producido

	Densidad aparente (g/cm ³)
Biochar	0,192

Según los resultados obtenidos, el biochar presenta una baja densidad de 0,192 g cm⁻³. En general, el biochar presenta una densidad promedio de 0,3 g cm⁻³ (Mcelligott *et al.*, 2011). En investigaciones previas, Pastor-Villegas *et al.* (2006) encontraron que las densidades aparentes del biochar fabricado a partir de diferentes tipos de maderas procesadas en diferentes tipos de hornos tradicionales variaban entre 0,43 g cm⁻³ y 0,30 g cm⁻³.

De acuerdo a Mcelligott *et al.* (2011), la baja densidad del biochar puede atribuirse a su naturaleza altamente porosa, resultado de la estructura de la pared celular de la materia prima de la biomasa, con una amplia gama de tamaños de poro dentro del biochar que conlleva la formación de un material de baja densidad aparente y alta superficie.

La incorporación de biochar puede alterar las propiedades físicas del suelo, como la estructura, la distribución del tamaño de los poros y la densidad, y tiene implicaciones para la aireación del suelo, la capacidad de retención de agua, el crecimiento de las plantas y la trabajabilidad del suelo (Mcelligott *et al.*, 2011).

Tabla 13: pH y Conductividad Eléctrica del biochar producido

	pH	Conductividad Eléctrica (dS/m)
Biochar	10,48	5,856

La alcalinidad del biochar, con un pH de 10,48, podría atribuirse a que los ácidos carboxílicos, alcoholes, fenoles y cetonas (aldehídos y cetonas), aminas y amidas y otros heterociclos, serían los compuestos que se volatilizan en el proceso de pirólisis, por lo cual se forma un bio-oíl enriquecido en estos compuestos dejando así un biochar más alcalino (Palacios *et al.*, 2023).

La naturaleza alcalina y el valor encalante del biochar podrían ser beneficiosos para la mejora de los suelos ácidos, con el consiguiente aumento de la producción de cultivos, las mismas propiedades podrían ser perjudiciales para determinadas especies vegetales (Chan & Xu, 2009).

La conductividad eléctrica del biochar, registrada en 5,856 dS/m, supera ligeramente el valor indicado por Joseph *et al.* (2009), quien sostiene que la mayoría de los biochars derivados de maderas presentan un valor de este parámetro inferior a 1 dS/m. Además, se observa que la conductividad eléctrica del biochar aumenta con el incremento de la temperatura de producción, especialmente en el caso de biochar con alto contenido en cenizas minerales, para aquellos producidos a temperaturas entre 400°C y 600°C (Joseph *et al.*, 2009).

Los resultados del análisis químico elemental del biochar se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14: Análisis químico elemental (C, H, N, O, S) del biochar producido

	Carbono (%)	Carbono orgánico (%)	Hidrógeno (%)	Oxígeno (%)	Nitrógeno (%)	Azufre (%)
Biochar	82,93	82,50	2,97	9,22	0,65	0,04

FUENTE: Laboratorio de Energías Renovables - LER-BIOMASA 007-2022 y 013-2022 (Ver Anexo 4).

El análisis del biochar revela un contenido de carbono del 82,93%, de los cuales el 82,50% corresponde a carbono orgánico. Mukome & Parikh (2015) sostiene que el carbono total del biochar se compone de la suma de carbono inorgánico y carbono orgánico, por el contenido de carbono presente en las cenizas del biochar. El contenido de carbono en el biochar depende de la materia prima y de la temperatura más alta de

pirólisis; este contenido puede variar ampliamente en el rango de 36 a 94% (Mukome & Parikh, 2015).

De acuerdo al IBI (2015), se clasifica como perteneciente a la Clase 1 de su estándar aquel biochar que presenta un contenido de $C_{org} \geq 60\%$. Este contenido relativamente alto de C_{org} se almacena principalmente en anillos aromáticos condensados recalcitrantes con algunos grupos funcionales reactivos, como sostienen (Mukome & Parikh, 2015).

Los valores obtenidos de H, N, O y S en el biochar (2,97%, 9,22%, 0,65% y 0,04%, respectivamente) resultaron bajos. Esta situación puede atribuirse al aumento de la temperatura de pirólisis, que comúnmente conduce a la pérdida de sustancias fácilmente descomponibles, compuestos volátiles y elementos (por ejemplo, O, H, N y S), así como al incremento de nutrientes, como el carbono (Ippolito *et al.*, 2015).

Tabla 15: Ratios elementales del biochar producido

	H/ C_{org}	H/C	O/C	C/N
Biochar	0,0360	0,0358	0,111	127,585

Los resultados obtenidos de la relación molar H/ C_{org} (0,0360) y H/C (0,0358) del biochar son muy similares, debido al gran contenido de C_{org} presente en el biochar. La relación molar H/ C_{org} del biochar cumple con el estándar del IBI (2015), que requiere una relación molar $H/C_{org} \leq 0,7$. Además, según los EBC (2023), al tener una relación molar $H/C_{org} < 0,4$, se clasificaría entre las categorías "EBC-FeedPlus" y "EBC-Feed", que son consideradas como algunas de las mejores clases del EBC.

Mukome & Parikh (2015) argumenta que el uso de C_{org} es más apropiado para medir el contenido de carbono en el biochar, ya que algunos biochars presentan un alto contenido en carbonatos debido a su elevado contenido en cenizas, lo que conlleva a sobreestimaciones en el contenido de carbono, afectando los ratios elementales utilizados para inferir características como la aromaticidad (H/C), la estabilidad (O/C) y la inmovilización potencial de N (C/N).

El análisis del biochar reveló una relación molar O/C de 0,111. Siguiendo la clasificación de Spokas (2010), este biochar presenta una notable estabilidad. De acuerdo con el autor, las vidas medias del biochar para una relación O/C de $< 0,2$ será > 1000 años, una O/C de 0,2-0,6 será 100-1000 años, y una O/C de $> 0,6$ será < 100 años.

Es importante destacar que el biochar más estable se caracteriza por tener menos grupos funcionales que contienen oxígeno (O), lo que se traduce en relaciones O/C más bajas (Mukome & Parikh, 2015).

La relación C/N del biochar arrojó un valor de 127,585, lo que indica una alta inmovilización de N. Este fenómeno se debe a la variabilidad de la relación C/N del biochar, que puede ser considerablemente alta, oscilando entre ~8 (algas, maíz stover) y casi 1500 (madera blanda), lo que sugiere un mayor potencial de inmovilización de N en los suelos (Mukome & Parikh, 2015). La relación C/N se considera comúnmente uno de los parámetros químicos más importantes de las enmiendas del suelo, ya que se utiliza para predecir la mineralización y la liberación de N en los suelos, según lo destacado por Mukome & Parikh (2015).

La Tabla 16 presenta los niveles de metales (arsénico, plomo y cadmio) y cianuro total presentes en el biochar.

Tabla 16: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y Cianuro Total del biochar producido

	Arsénico (mg/kg PS)	Plomo (mg/kg PS)	Cadmio (mg/kg PS)	Cianuro Total (mg/kg PS)
Biochar	< 5,93	< 1,61	< 0,07	< 0,1

FUENTE: Environmental Testing Laboratory S.A.C. – I.E. 234963 y 234963-I (Ver Anexo 5).

Según los resultados obtenidos, se encontró que el contenido de metales (As, Pb y Cd) y el cianuro total en el biochar se sitúan por debajo del límite de detección, lo que podría indicar su inexistencia en el biochar. Estos niveles son considerablemente inferiores a los estándares establecidos por el IBI (2015) y EBC (2023), específicamente en lo que respecta a los metales pesados.

El biochar contiene metales pesados inherentes en su estructura, derivados de su material de origen, que pueden acumularse y concentrarse en fracciones de ceniza durante la pirólisis (Beesley *et al.*, 2015).

El análisis textural del biochar se llevó a cabo mediante la adsorción de gases, específicamente la adsorción y desorción de N₂ sobre el biochar en condiciones de presión y temperatura estándar, a una temperatura de 77K. Los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17: Análisis textural del biochar producido

	Área superficial BET (m ² /g)	Área superficial externa (m ² /g)	Área microporosa (m ² /g)	Diámetro promedio de poro (nm)
Biochar	51,1049	77,1952	*	25,2823

*El área de microporos no se indica porque el área superficial externa calculada es mayor que el área superficial BET. (Ver Anexo 6).

El área superficial de Brunauer-Emmett-Teller (BET) se define como el área por gramo de muestra y se determina generalmente a través de la sorción física monocapa de un gas, como el gas nitrógeno [N₂] y CO₂, en la superficie del biochar a la temperatura del nitrógeno líquido (77K) (Mukome & Parikh, 2015). Según los resultados obtenidos, el valor del área superficial para el biochar de 51,1049 m²/g.

Es importante considerar que la determinación del área superficial del biochar se ve afectada por numerosos parámetros de protocolo diferentes, como el gas de absorción, la temperatura de desgasificación y el tiempo, lo que dificulta la compilación y comparación de los datos de la literatura (Mukome & Parikh, 2015). En general, el biochar presenta una alta área superficial, entre 200 y 400 m²/g, aunque también se han encontrado valores tan bajos como 3,64 y 14,14 m²/g para biochar producidos de pasta de semilla de cártamo prensado, bajo una atmósfera estática de nitrógeno (Escalante *et al.*, 2016).

El biochar presenta un diámetro promedio de poros de 25,2823 nm, lo cual lo ubica dentro del rango de mesoporos (2 – 50 nm) (Escalante *et al.*, 2016). Debido a la alta cantidad de mesoporos, no ha sido posible determinar la cantidad de microporos mediante los métodos empleados.

Según B. Wang *et al.* (2017), las áreas superficiales del biochar tienen la capacidad de estabilizar los elementos metálicos pesados, disminuyendo así la biodisponibilidad de estos metales en el suelo. La sorción superficial de metales está directamente relacionada con la liberación de iones H⁺ por parte del biochar (Beesley *et al.*, 2015), así como con la presencia de grupos funcionales que contienen oxígeno y capacidades de intercambio catiónico (B. Wang *et al.*, 2017).

Se obtuvieron microfotografías de las muestras de biochar a diferentes magnificaciones: 140x, 280x, 600x y 4800x, las cuales se muestran en la Figura 25.

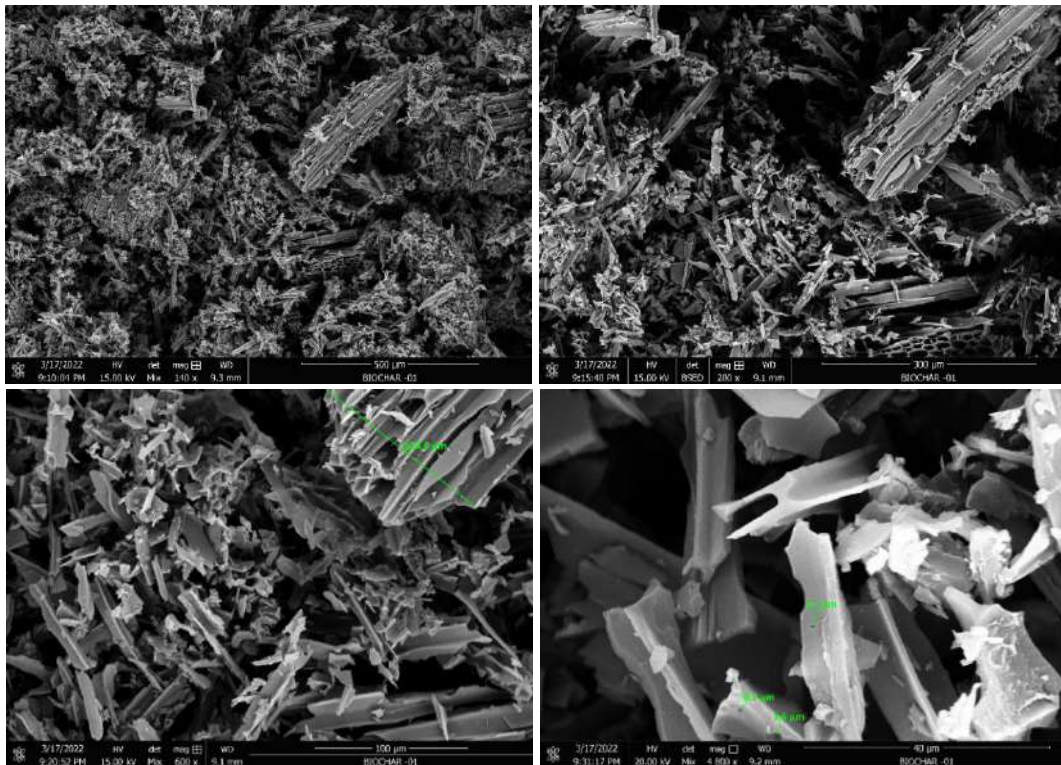


Figura 25: Imágenes tomadas por el microscopio electrónico de barrido a los aumentos 140 x, 280 x, 600x y 4800x para el biochar producido.

Con un aumento de 140x, se pueden observar estructuras tubulares y una alineación de poros en las partículas de biochar. Los análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM) de mayor resolución suelen revelar que estas estructuras de poros, relativamente gruesas, están interconectadas a través de series de poros submicrónicos (Chia *et al.*, 2015). Por lo tanto, con un aumento de 4800x, se logra distinguir las partículas de biochar, revelando la presencia de algunos microporos en el rango de 0,7 a 1,6 μm.

En la Figura 26 se muestran los diagramas espectrales del biochar, presentando la espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR) correspondiente a este material en una gráfica de % Transmitancias vs Frecuencia (cm^{-1}). Este análisis permite identificar los grupos funcionales presente en el biochar, así como evaluar la naturaleza de la química superficial de este material y determinar sus grupos funcionales (Ubillus, 2021).

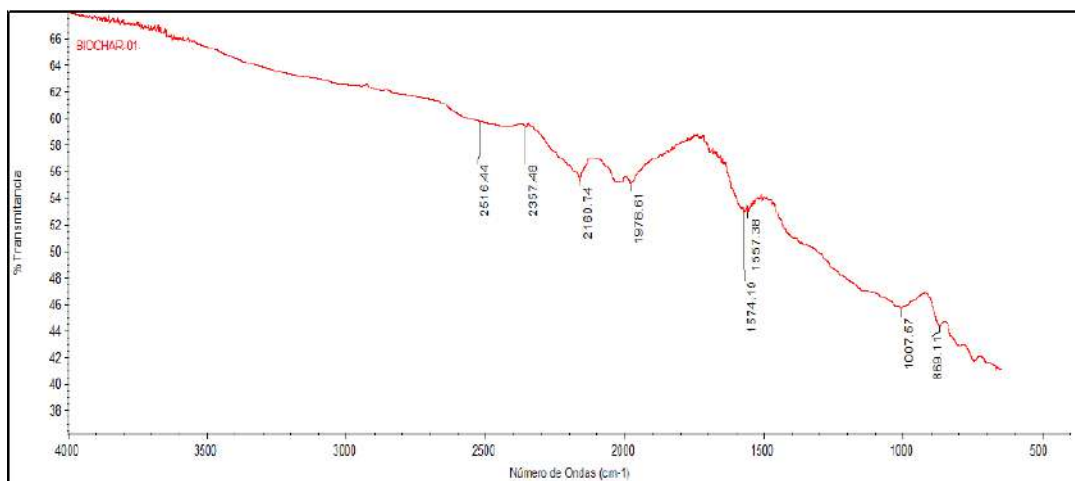


Figura 26: Espectros FTIR del biochar producido.
FUENTE: CIQTOBIA N°002-2022-LTM (Ver Anexo 7).

El espectro FTIR del biochar puede ser explicado de acuerdo a lo descrito por Ubillus (2021), evidenciando la presencia de alcoholes y fenoles en el biochar a partir de la se1al a 3500 cm^{-1} , manifestada por los diferentes picos que se observan en el gr1fico, correspondientes a las vibraciones de estiramiento del grupo -OH . Los 1cidos carbox1licos se presentan a mayores longitudes de onda, en el rango entre 3000 cm^{-1} y 2900 cm^{-1} , asociado a la vibraci6n de estiramiento amplio de su enlace OH . Al grupo alquino se le atribuye la se1al a $2160,74\text{ cm}^{-1}$ por su vibraci6n de estiramiento $\text{C}\equiv\text{C}$. El pico a $1978,61\text{ cm}^{-1}$ corresponde al estiramiento asim6trico del grupo alqueno $\text{C}=\text{C}$, y entre las se1ales de 1700 cm^{-1} y 1800 cm^{-1} se encuentran vibraciones de estiramiento relacionadas con el enlace $\text{C}=\text{O}$ del grupo de las amidas. Por 1ltimo, las se1ales de $1574,19\text{ cm}^{-1}$ y $1557,38\text{ cm}^{-1}$ muestran la vibraci6n de flexi6n del enlace N-H de las amidas.

En resumen, el biochar presenta seis grupos funcionales identificados: alcoholes y fenoles, 1cidos carbox1licos, alquinos, alquenos y amidas. Estos grupos funcionales influyen y participan en el proceso de absorci6n de contaminantes en el suelo al oxigenar las superficies del biochar y modificar los grupos funcionales que contienen ox1geno (O), como los grupos carboxilo, hidroxilo, fenol y carbonilo, presentes en la superficie interna masiva del biochar (Beesley *et al.*, 2015). Estos grupos funcionales inducen una carga negativa y una elevada Capacidad de Intercambio Cati6nico (CIC), lo que permite la inmovilizaci6n de metales pesados y ars6nico a trav6s del intercambio i6nico directo (Beesley *et al.*, 2015).

4.4. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL BIOCHAR PARA INMOVILIZAR METALES PESADOS Y CIANURO

Tras la caracterización de las propiedades del biochar, se llevaron a cabo varios análisis de los componentes iniciales de las celdas siguiendo las metodologías detalladas en la Tabla 07.

Los resultados de la caracterización del suelo proveniente de las canteras del top soil de la unidad minera, así como el abono orgánico extraído de las reservas de la misma unidad minera, que se utilizaron en el relleno de las diferentes celdas experimentales, se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18: Caracterización del suelo orgánico y abono orgánico

	pH (1:1)	Conductividad Eléctrica (dS/m)	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Análisis Mecánico			Clase Textural
					Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	
SO-01	7,31	0,37	2,59	0,06	60	27	13	Franco Arcillo Arenoso
AB-01	8,01	5,03	48,67	1,68	-	-	-	-

SO-01: Suelo Orgánico, AB-01: Abono Orgánico

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes - H.R. 75745 y 75742-151C-21 (Ver Anexo 8).

Según Guerrero (1998), el suelo orgánico se considera neutro, con un pH que oscila entre 6,6 y 7,3, mientras que el abono orgánico se cataloga como alcalino, con un pH entre 7,4 y 8,4. El suelo orgánico presenta una muy ligera salinidad, con una conductividad eléctrica inferior a 2 dS/m, en contraste con el abono orgánico, que exhibe una salinidad media, con una conductividad eléctrica entre 4 y 8 dS/m. Además, el suelo orgánico muestra un nivel bajo de nitrógeno, entre 0 y 0.1%, mientras que el abono orgánico presenta un contenido alto de nitrógeno, mayor de 0.2%, según la clasificación de Guerrero (1998). Asimismo, el suelo orgánico posee una textura franco-arenosa, lo que sugiere una porosidad total cercana al 40% (Guerrero, 1998), favoreciendo la interacción entre el relave minero y las raíces de los cultivos experimentales.

La Tabla 19 muestra el contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y cianuro total en el relave minero y el suelo orgánico.

Tabla 19: Contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y Cianuro Total del relave minero y suelo orgánico

	Mercurio (mg/kg PS)	Arsénico (mg/kg PS)	Plomo (mg/kg PS)	Cadmio (mg/kg PS)	Cianuro Total (mg/kg PS)
RE-01	< 1,00	323,6	464,6	15,94	454,6
SO-1	1,13	< 5,93	15,52	< 2,45	< 0,1

RE-01: Relave minero, SO-1: Suelo Orgánico.

FUENTE: Environmental Testing Laboratory S.A.C. – I.E. 218132, 218132-I (Ver Anexo 9).

Según los resultados obtenidos, el relave minero de la unidad minera presenta niveles de mercurio por debajo del límite de detección, por lo que este metal no será considerado para análisis posteriores. Sin embargo, el relave minero contiene cantidades significativas de arsénico (454,6 mg/kg PS), plomo (464,6 mg/kg PS), cadmio (15,94 mg/kg PS) y cianuro total (323,6 mg/kg PS). Estos resultados nos permiten conocer los niveles de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total a los cuales estuvieron expuestas las celdas de tratamiento durante los 90 días del experimento en el área de relave minero. Por otro lado, el suelo orgánico utilizado para rellenar las diferentes celdas experimentales muestra niveles de arsénico, cadmio y cianuro total por debajo del límite de detección, así como concentraciones bajas de plomo (15,94 mg/kg PS) y mercurio (1,13 mg/kg PS). Estos resultados nos permiten conocer los bajos niveles de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total presentes de forma natural o como resultado de factores externos en el suelo orgánico empleado.

Se llevaron a cabo análisis de metales (Hg, As, Pb y Cd) y cianuro total en el material de propagación de la especie *Stipa ichu*, procedente del área de esquejes en el área de referencia, ya que se utilizaron como cultivo indicador. Los resultados de estos análisis se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20: Contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y cianuro total en el tejido vegetal del *Stipa ichu* proveniente del área de esquejes en el área de referencia

	Mercurio (mg/kg)	Arsénico (mg/kg)	Plomo (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Cianuro Total (mg/kg)
ICH-01	< 0,1	1,4	4,47	< 0,05	< 0,18
ICH-02	< 0,1	2,3	7,58	0,87	< 0,18

ICH-01: *Stipa ichu* (Hojas y Tallo), ICH-02: *Stipa ichu* (Raíz).

FUENTE: Servicios Analíticos Generales S.A.C. – I.E. 156735-2021(Ver Anexo 10).

El contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y cianuro total en los tejidos vegetales de Hojas y Tallos del *Stipa ichu* se encuentra por debajo del límite de detección para Hg, Cd y cianuro total, y muestra bajas concentraciones de arsénico (1,4 mg/kg) y plomo (4,47 mg/kg). En contraste, los tejidos vegetales de Raíz del *Stipa ichu* presentan

concentraciones ligeramente más altas, con 2,3 mg/kg de arsénico, 7,58 mg/kg de plomo y 0,87 mg/kg de cadmio, aunque al igual que los tejidos de Hojas y Tallos, el contenido de Hg y cianuro total se encuentra por debajo del límite de detección. Estos resultados indican que debido a factores externos o de manera natural, los esquejes en el área de referencia presentan concentraciones diferenciadas de As, Pb y Cd entre los tejidos vegetales de Hojas y Tallos, y Raíz del *Stipa ichu*.

Después de instalar y llenar adecuadamente, según lo indicado en la Tabla 06, las celdas correspondientes a los tratamientos de las áreas experimentales, se concedió un periodo de 5 días para la estabilización del top soil en dichas celdas. Posteriormente, antes de colocar los esquejes de la especie *Stipa ichu* en el centro de cada celda, se extrajo una muestra representativa del top soil del área de relave minero, siguiendo las pautas establecidas en la Guía para el muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM ,2014), cuyos resultados se presentan en la Tabla 21 y en la Figura 27.

Tabla 21: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total luego de 5 días de estabilización del top soil en las celdas del relave minero

	Arsénico (mg/kg PS)	Plomo (mg/kg PS)	Cadmio (mg/kg PS)	Cianuro Total (mg/kg PS)
ECA para Suelo Uso Agrícola*	50	70	1,4	-.**
SO-1	< 5,93	15,52	2,45	< 0,1
T5 (0,00%B – 0,00%AB)	34,21	22,15	2,68	0,7
T6 (1,25%B – 1,25%AB)	32,82	25,64	2,58	0,8
T7 (1,875%B – 1,875%AB)	29,76	19,11	2,45	1,2
T8 (2,50%B – 2,50%AB)	30,76	21,33	2,46	1,3
T9 (2,50%B – 0,00%AB)	28,26	15,23	2,29	0,9
T10 (3,75%B – 0,00%AB)	35,38	34,26	2,53	2
T11 (5%B – 0%AB)	33,91	21,21	2,46	1,8
T12 (0%B – 5%AB)	33,9	22,69	2,52	5,5

SO-1: Suelo Orgánico, B: Biochar, AB: Abono Orgánico.

*Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo aprobados en el D.S. N° 011-2017-MINAM.

**Según el D.S. N°011-2017-MINAM, en el caso del Suelo de Uso Agrícola, el ECA para el parámetro de Cianuro Libre es de 0,9 mg/kg PS.

FUENTE: Environmental Testing Laboratory S.A.C. – I.E. 218132, 218132-I (Ver Anexo 9), 220396 y 220396-I (Ver Anexo 11).

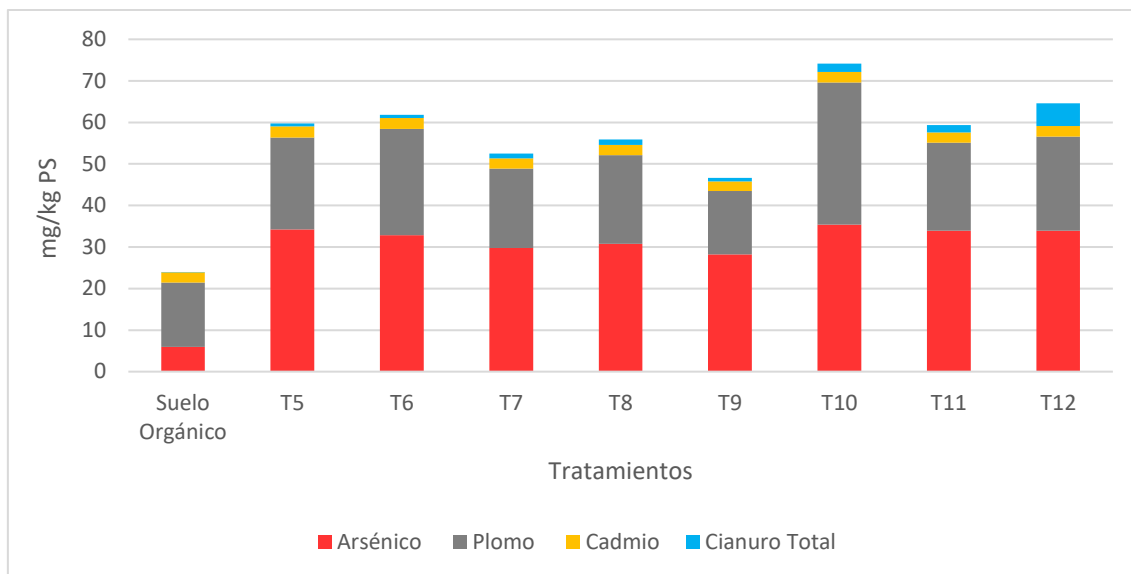


Figura 27: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total luego de 5 días de estabilización del top soil en las celdas del relave minero.

En la Tabla 21 y en la Figura 27 se aprecia un aumento en el contenido de metales (As, y Pb) y cianuro total en comparación con el contenido inicial del suelo orgánico empleado para rellenar las distintas celdas experimentales, lo cual podría atribuirse principalmente a su interacción con el relave minero.

Es importante destacar que tanto los niveles de arsénico como de plomo en todas las celdas experimentales y en el suelo orgánico inicial se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo de Uso Agrícola, como se establece en el D.S. N° 011-2017-MINAM. Sin embargo, en el caso del cadmio, tanto las celdas experimentales como el suelo orgánico presentan concentraciones por encima del ECA, lo que sugiere que su presencia en el top soil podría provenir de la concentración inicial en el suelo orgánico empleado. Por otro lado, el ECA no contempla el parámetro de Cianuro Total, pero sí incluye el parámetro de Cianuro Libre con un valor de 0,9 mg/kg PS. Asimismo, diversas variables, como las precipitaciones, que según Tibane & Mamba (2023) pueden contribuir a la dispersión de los metales y a degradar la calidad de los suelos, pudiendo influir en la interacción entre el top soil de las celdas experimentales y el relave minero.

Durante los 5 días de estabilización del suelo en las celdas experimentales, se registraron precipitaciones, condiciones muy similares a las observadas en el año 2020 (con una precipitación anual en el mes de diciembre de 4,55 mm/día), como se detalla en la Tabla 05. Es importante resaltar que la instalación y el relleno de las celdas experimentales en

las áreas de estudio tuvieron lugar el 18/12/2021, mientras que la extracción de una muestra representativa del top soil del área de relave minero se realizó el 23/12/2021.

Posteriormente a la estabilización, el 23/12/2021 se colocó 01 esqueje de *Stipa ichu* en el centro de cada celda, después de acondicionarlas en peso y dimensiones. Los tratamientos fueron evaluados cada 30 días consistiendo en la medición de pH del suelo (Figura 28), mortalidad de las plantas (Tabla 22 y Figura 30), diámetro de la planta (Figura 31) y altura de las plantas (Figura 32), hasta cumplir los 90 días experimentales el 23/03/2022.

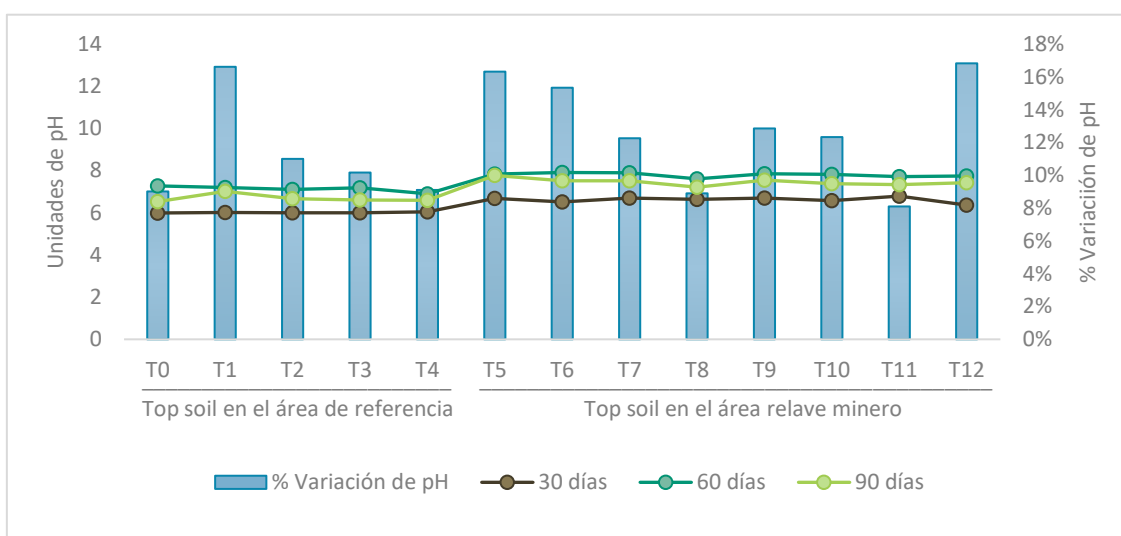


Figura 28: Medición de pH in situ a intervalos de 30 días y % de variación entre el día 30 y día 90 de los tratamientos experimentales (Ver Anexo 12).

En la Figura 28 se observa que los valores de pH in situ durante los 90 días experimentales se encuentran en el rango de 5,99 a 7,91. Durante los primeros 30 días experimentales, los valores de pH del top soil en el área de referencia variaron entre 5,99 y 6,04, lo que indicaría condiciones ácidas según Guerrero (1998). Por otro lado, los valores de pH del top soil en el área de relave minero variaron entre 6,36 y 6,79, lo que indicaría condiciones ácidas y neutras (Guerrero,1998).

El ligero aumento de los valores de pH de los tratamientos en el área de referencia en comparación con los valores de pH de los tratamientos del área de relave minero podría deberse principalmente al pH del relave minero ($\text{pH} > 7,50$) (ver Figura 29). Es importante tener en cuenta que los valores de pH de los componentes usados para el llenado de las celdas experimentales se muestran en la Tabla 18: el suelo orgánico con un pH de 7,31, el abono orgánico con 8,01 y el biochar con 10,48 (Tabla 13).



Figura 29: Medición in situ del pH del relave minero.

En el día 60, los valores de pH del top soil en el área de referencia variaron entre 6,90 y 7,27, indicando condiciones neutras. Por otro lado, los valores de pH del top soil en el área de relave minero variaron entre 7,61 y 7,91, indicando condiciones alcalinas (Guerrero, 1998).

Finalmente, al día 90 experimental, los valores de pH del top soil en el área de referencia variaron entre 6,53 y 7,02, indicando condiciones neutras, mientras que los valores de pH del top soil en el área de relave minero variaron entre 7,22 y 7,77, indicando condiciones neutras y alcalinas.

La variación del pH se determinó calculando la diferencia entre los valores de pH a los 90 días y los valores a los 30 días. En el área de referencia, esta variación osciló entre 9,02% y 16,61%, con un promedio de 11,18%, mientras que en el área de relave minero fue de 8,10% a 16,82%, con un promedio de 12,86%. A pesar de que los tratamientos control (T0 y T5) en ambas áreas mostraron variaciones del 9,02% y 16,32% respectivamente, los valores promedio de variación del pH fueron similares en ambas áreas, siendo del 11,18% y 12,86%, la influencia del aumento del pH en el top soil no se vio significativamente afectada por los valores iniciales del pH del suelo orgánico, abono orgánico y relave minero ($\text{pH} > 7,50$). No obstante, los valores más altos de pH en el área de relave minero en comparación con el área de referencia podrían estar fuertemente influenciados por el pH del relave minero (Figura 29).

Tabla 22: Supervivencia y Desarrollo Vegetal de los tratamientos experimentales a los 90 días

Tratamiento	Estado a los 90 días										Número de Plantas vivas	Desarrollo Vegetal
	R1		R2		R3		R4		R5			
	SV	DV	SV	DV	SV	DV	SV	DV	SV	DV		
T0	1	2	1	4	1	2	1	4	1	3	5	15
T1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	5	5	21
T2	1	5	1	5	1	5	1	4	1	2	5	21
T3	1	4	1	4	1	4	1	2	1	3	5	17
T4	1	4	1	5	1	3	1	5	1	4	5	21
T5	1	1,5	1	1,5	X	0	X	0	X	0	2	3
T6	0	0	X	0	X	0	1	1,5	1	1,5	2	3
T7	1	1	X	0	X	0	X	0	1	1	2	2
T8	X	0	X	0	X	0	X	0	X	0	0	0
T9	X	0	X	0	X	0	1	1	X	0	1	1
T10	X	0	X	0	X	0	X	0	X	0	0	0
T11	1	1,5	X	1,5	X	0	1	1,5	1	1,5	4	6
T12	1	1	X	0	X	0	X	0	X	0	1	1

X: Planta muerta, SV: Supervivencia Vegetal, DV: Desarrollo Vegetal (Ver Anexo 13).

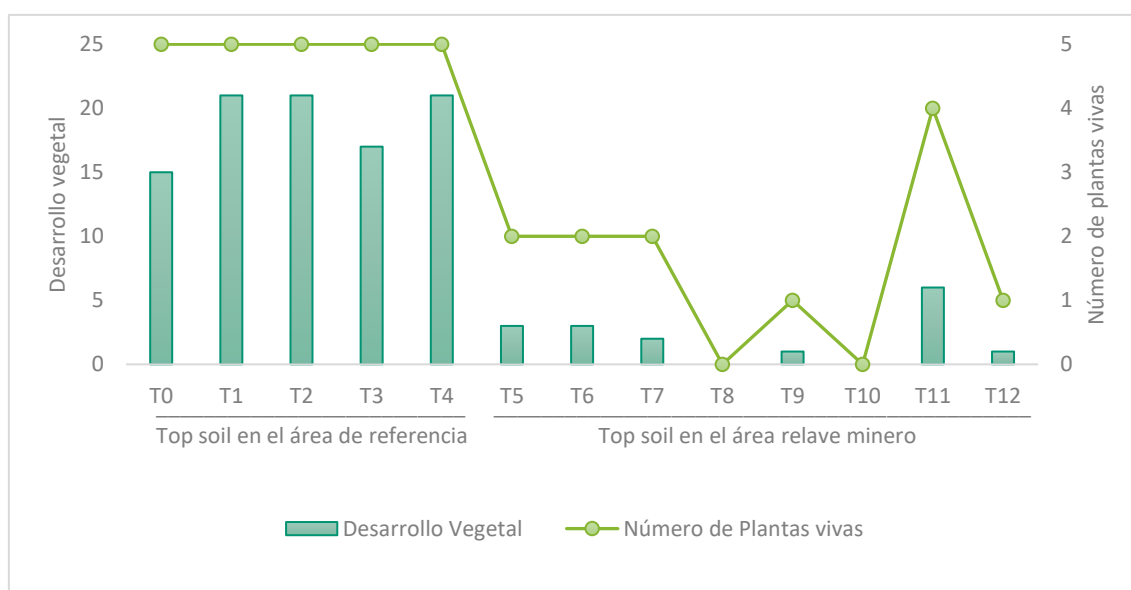


Figura 30: Supervivencia y Desarrollo Vegetal de los tratamientos experimentales a los 90 días.

La supervivencia y desarrollo vegetal se evaluaron cada 30 días (Anexo 13). Los resultados de la evaluación a los 90 días de los tratamientos experimentales se presentan en la Tabla 22 y en la Figura 30. Según los resultados obtenidos en el área de referencia, todos los esquejes de la especie *Stipa ichu*, utilizados como cultivo indicador, obtuvieron puntajes de desarrollo vegetal entre 21 y 15 puntos, siendo 0 el valor mínimo y 25 el máximo considerando todas las repeticiones de los tratamientos experimentales.

Estos resultados indican que los factores ambientales, como el tiempo atmosférico, no tuvieron un impacto negativo significativo en la supervivencia vegetal de los tratamientos durante el tiempo experimental. El tratamiento con menor desarrollo vegetal fue el tratamiento control T0, posiblemente debido a la ausencia de biochar y abono orgánico. Por otro lado, los tratamientos T1, T2, T3 y T4 mostraron un mejor desarrollo vegetal, lo que podría atribuirse al contenido de biochar y abono orgánico. Según el resumen realizado por Wang *et al.* (2021), el biochar puede mejorar la productividad de las plantas y la salud del suelo, además del contenido de materia orgánica y nitrógeno del abono orgánico (Tabla 18).

En cuanto a los resultados de supervivencia y desarrollo vegetal en el área de relave minero, se observó que varios cultivos indicadores murieron durante los 90 días experimentales. Los tratamientos T8 y T10 no lograron que sobreviviera ningún cultivo indicador, obteniendo un puntaje de desarrollo vegetal de 0 puntos. En los tratamientos T9 y T12, solo sobrevivió una repetición para cada uno, con un pobre desarrollo vegetal, obteniendo 1 punto cada uno. En el tratamiento T7, dos repeticiones lograron sobrevivir, pero ambas con un pobre desarrollo vegetal, obteniendo 2 puntos en el desarrollo vegetal. Los tratamientos T5, T6 y T11 mostraron un mejor desarrollo vegetal, con puntajes de 3 para los dos primeros y 6 puntos para el último con un mayor número de repeticiones con cultivo indicador vivo.

La variabilidad en la supervivencia y desarrollo vegetativo en el área de relave está fuertemente influenciada por la presencia del relave minero. Esta influencia puede explicarse por el contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en los tejidos vegetales y en el top soil de los tratamientos al día 90 de la experimentación.

Con el propósito de evaluar la influencia del biochar y el abono orgánico en el diámetro, la altura y peso fresco y seco de las plantas, y considerando que todos los cultivos indicadores sobrevivieron en los tratamientos del área de referencia, se presentan las mediciones del diámetro promedio y la altura promedio de las plantas a intervalos de 30 días, así como el peso fresco y seco de las plantas a los 90 días experimentales para los distintos tratamientos del área de referencia (Anexo 14). Estos datos se observan en la Figura 31 para el diámetro, en la Figura 32 para la altura y en la Figura 33 para el peso fresco y seco de las plantas.

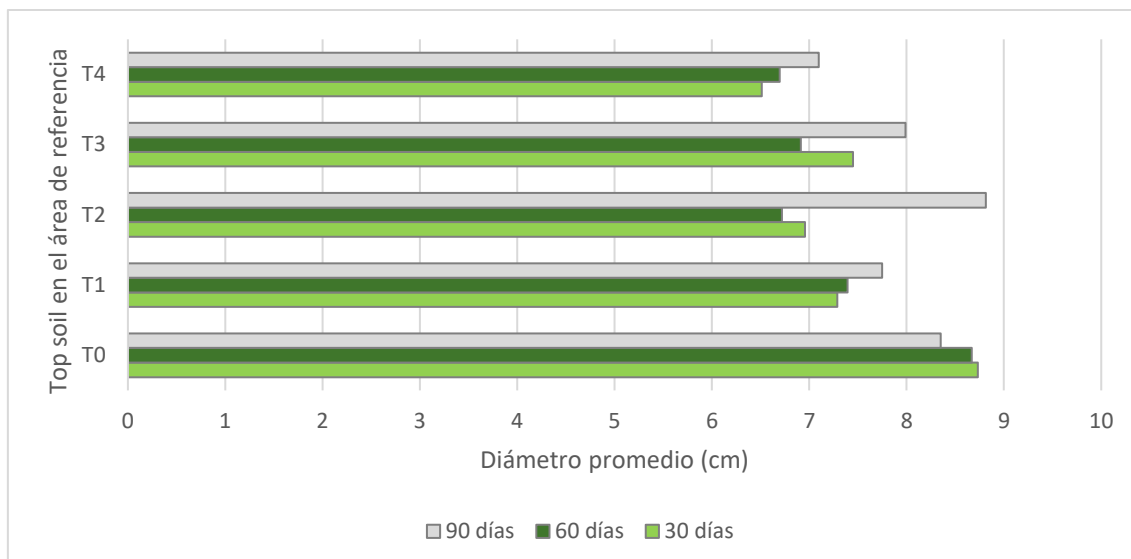


Figura 31: Diámetro promedio de plantas a intervalos de 30 días de los tratamientos experimentales en el área de referencia.

Según los resultados obtenidos en el diámetro promedio de los tratamientos experimentales en el área de referencia, se observa que el tratamiento T0 tiene un diámetro promedio de 8,7 cm al día 30, el cual disminuye paulatinamente hasta alcanzar un diámetro promedio de 8,4 cm. Esta disminución puede atribuirse a la observación en campo de que algunas hojas y tallos alrededor del cultivo indicador no logran adaptarse y mueren, siendo reemplazadas por nuevos brotes, muchos de los cuales se centran en el cultivo. Se observa un patrón similar al comparar los días 30 y 60 en los tratamientos T2 y T3. En contraste, el resto de los tratamientos experimentales muestran un crecimiento continuo en el diámetro promedio de las plantas desde el día 30 hasta el día 90.

Al llegar al día 90 del experimento, se observó que el tratamiento T2 presentó el mayor diámetro promedio, alcanzando los 8.8 cm, seguido de cerca por el tratamiento T3 con 8,0 cm.

Además, se observó que el tratamiento T2 experimentó el mayor incremento en el diámetro promedio en comparación con el día 30, con un aumento de 1,9 cm, lo cual podría atribuirse al contenido de biochar y abono orgánico presentes en dicho tratamiento.

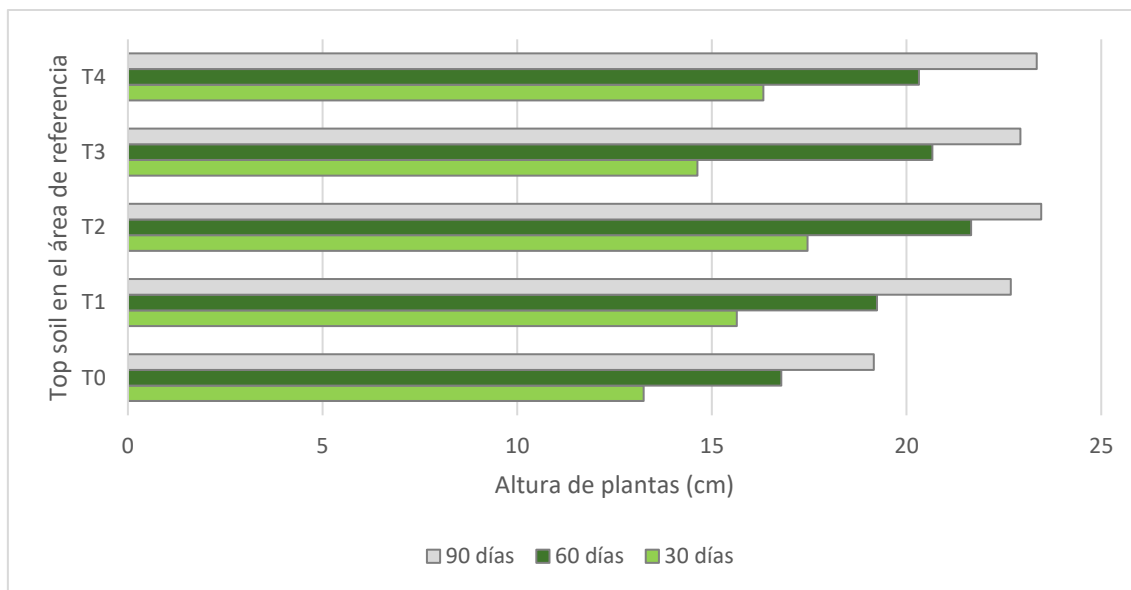


Figura 32: Altura de plantas a intervalos de 30 días de los tratamientos experimentales en el área de referencia.

Las alturas de las plantas de los tratamientos experimentales en el área de referencia muestran un crecimiento progresivo desde el día 30 hasta el día 90. Al final del período experimental, el tratamiento T0 alcanzó la menor altura, con 19,2 cm, y registró el menor incremento en comparación con el día 30, con un incremento de 5,9 cm. En contraste, las alturas de las plantas obtenidas al día 90 en los tratamientos T1, T2, T3 y T4 son bastante similares, con valores de 22,7 cm, 23,5 cm, 22,9 cm y 23,3 cm, respectivamente. Sin embargo, es importante destacar que el tratamiento T3 exhibió el mayor incremento en comparación con el día 30, con un aumento de 8,29 cm. Este tratamiento también fue el que presentó la mayor cantidad de biochar y abono orgánico en comparación con el resto, lo que sugiere que el incremento observado podría estar relacionado con el contenido de biochar y abono orgánico presentes en dicho tratamiento.

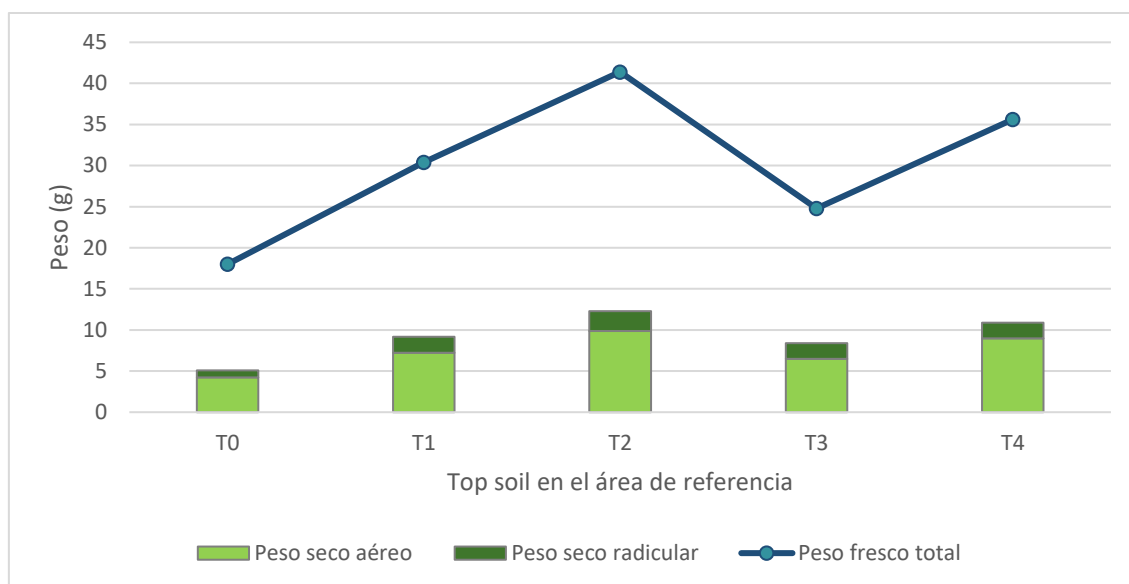


Figura 33: Peso fresco y seco de plantas de los tratamientos experimentales a los 90 días en el área de referencia.

A los 90 días experimentales, se obtuvieron los pesos frescos y secos de los tratamientos experimentales en el área de referencia. En todos los tratamientos, el peso seco radicular fue menor en comparación con el peso seco aéreo, lo cual puede atribuirse a la naturaleza del esqueje *Stipa ichu*. Por otro lado, se observó que el tratamiento T0 presentó el menor contenido promedio de peso fresco, con un valor de 18,0 g y un peso seco total de 5,1 g. En contraste, el tratamiento T2 presentó el mayor contenido promedio de peso fresco, con 41,4 g de peso fresco y un peso seco total de 12,3 g. Este hallazgo podría estar relacionado, al igual que las demás variables evaluadas anteriormente, con el contenido de biochar y abono orgánico presentes en dicho tratamiento.

En la Tabla 23 se muestran los resultados obtenidos por los análisis de laboratorio para la caracterización de los tratamientos experimentales.

Tabla 23: Caracterización de los tratamientos experimentales a los 90 días

Tratamientos	pH (1:1)	C.E. (dS/m)	M.O. (%)	D.A. (g/cc)	D.R. (g/cc)	Porosidad (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Corg (%)
T0 (0,00%B – 0,00%AB)	7,35	0,44	0,82	1,20	2,59	53,67	0,07	0,05	0,17	0,48
T1 (1,25%B – 1,25%AB)	7,35	0,54	1,02	1,13	2,49	54,62	0,09	0,05	0,15	0,59
T2 (1,875%B – 1,875%AB)	7,42	0,53	1,26	1,08	2,48	56,45	0,09	0,04	0,13	0,73
T3 (2,50%B – 2,50%AB)	7,44	0,87	1,51	1,05	2,51	58,17	0,11	0,05	0,15	0,87
T4 (2,50%B – 0,00%AB)	7,16	0,70	2,20	1,16	2,49	53,41	0,13	0,05	0,14	1,28

Continuación ...

Tratamientos	pH (1:1)	C.E. (dS/m)	M.O. (%)	D.A. (g/cc)	D.R. (g/cc)	Porosidad (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Corg (%)
T5 (0,00%B – 0,00%AB)	7,49	2,14	0,53	1,16	2,52	53,97	-	-	-	-
T6 (1,25%B – 1,25%AB)	7,54	2,04	1,33	1,05	2,50	58,00	-	-	-	-
T7 (1,875%B – 1,875%AB)	7,58	3,28	1,92	1,02	2,42	57,85	-	-	-	-
T8 (2,50%B – 2,50%AB)	7,67	1,77	1,86	1,01	2,43	58,44	-	-	-	-
T9 (2,50%B – 0,00%AB)	7,72	1,96	1,66	1,01	2,53	60,08	-	-	-	-
T10 (3,75%B – 0,00%AB)	7,81	1,65	1,06	1,04	2,45	57,55	-	-	-	-
T11 (5%B – 0%AB)	7,90	1,18	0,27	1,01	2,48	59,27	-	-	-	-
T12 (0%B – 5%AB)	7,49	0,10	2,72	1,05	2,52	58,33	-	-	-	-

B: Biochar, AB: Abono Orgánico.

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – H.R. 76665, 76641 y 76640 (Ver Anexo 15).

Los resultados de pH y conductividad eléctrica del top soil a los 90 días experimentales se pueden observar en la Figura 34.

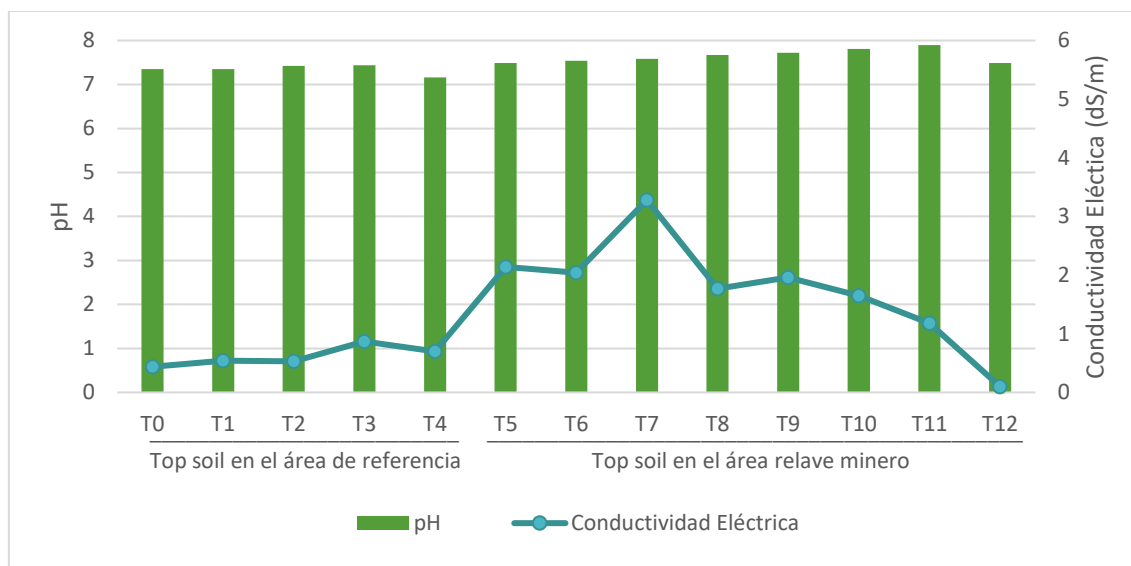


Figura 34: pH y Conductividad Eléctrica del top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días.

Los resultados de pH obtenidos del top soil por el laboratorio son consistentes con los resultados obtenidos in situ, siendo los resultados de laboratorio los son más exactos. A los 90 días, se observa que el tratamiento T11 muestra un mínimo valor de pH de 7,16, mientras que el tratamiento T11 exhibe el máximo valor de 7,9. Al igual que las

mediciones in situ, los tratamientos en el área de referencia presentan un valor promedio de pH de 7,34, ligeramente menor que los tratamientos en el área de relave minero, cuyo valor promedio es de 7,65.

Los valores de conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales del área de referencia oscilan entre 0,44 y 0,87 dS/m, lo que se considera una salinidad muy ligera (Guerrero, 1998), con un valor promedio de 0,62 dS/m. El tratamiento T0 muestra el valor más bajo, mientras que el tratamiento T3 presenta el valor más alto, coincidiendo este último con el tratamiento que tiene el mayor contenido de biochar y abono orgánico. Esto podría atribuirse a los valores iniciales de conductividad eléctrica del abono orgánico, con un contenido de 5,03 dS/m (Tabla 18), y del biochar, con un contenido de 5,856 dS/m (Tabla 13).

Por otro lado, los valores de conductividad eléctrica en los tratamientos experimentales del área de relave minero varían entre 0,1 y 3,28 dS/m, lo que se considera entre una salinidad muy ligera y ligera (Guerrero, 1998), con un valor promedio de 1,77 dS/m. El tratamiento T7 presenta la mayor conductividad, mientras que el tratamiento T12 muestra el menor valor de conductividad. Aunque los valores de conductividad eléctrica entre los tratamientos experimentales del área de relave minero varían ligeramente, en promedio son más altos que los valores de conductividad eléctrica del área de referencia. Esta variación podría atribuirse a la influencia del relave minero, al igual que el parámetro de pH evaluado anteriormente, aunque en este caso no ha sido posible determinar la conductividad eléctrica del relave minero.

Los valores de densidad aparente y porosidad del top soil a los 90 días de experimento se pueden apreciar en la Figura 35.

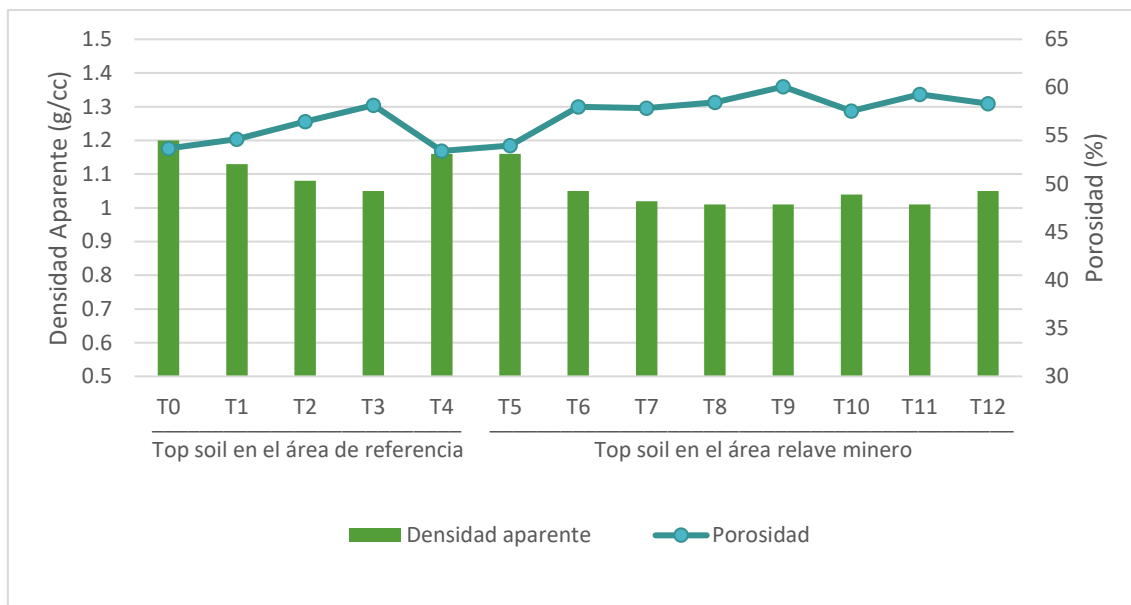


Figura 35: Densidad aparente y porosidad del top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la densidad aparente en el top soil de los tratamientos experimentales en el área de referencia varía entre 1,2 y 1,05 g/cm³, mientras que los valores de porosidad oscilan entre 58,17 y 53,41%. Entre estos tratamientos, el T3 destaca al mostrar la menor densidad aparente, pero simultáneamente presenta la mayor porosidad, situación que se atribuye a su elevado contenido de biochar y abono orgánico. Es importante mencionar que se determinó que la densidad aparente del biochar es de 0,192 g/cm³ (Tabla 12), lo que sugiere que el biochar contribuye a la disminución de la densidad aparente y al aumento de la porosidad del suelo, coincidiendo con lo señalado por Mcelligott *et al.* (2011), quienes indican que la baja densidad del biochar puede atribuirse a su naturaleza altamente porosa.

Por otro lado, la densidad aparente en el top soil de los tratamientos experimentales en el área de relave minero varía entre 1,16 y 1,01 g/cm³, con valores de porosidad entre 53,97 y 60,08%. Los tratamientos T8, T9 y T11, que presentan menor densidad aparente, también muestran una mayor porosidad, con valores de 58,44%, 60,08% y 59,27%, respectivamente. Estos tratamientos contienen cantidades de biochar del 2,50%, 2,50% y 5,00%, respectivamente, lo que podría atribuirse principalmente al aporte del biochar en la disminución de la densidad aparente y el incremento de la porosidad del suelo.

Se llevó a cabo el análisis para determinar la contribución del biochar al contenido de macronutrientes (N, P y K) y carbono orgánico en el top soil del área de referencia, como se muestra en la Figura 36.

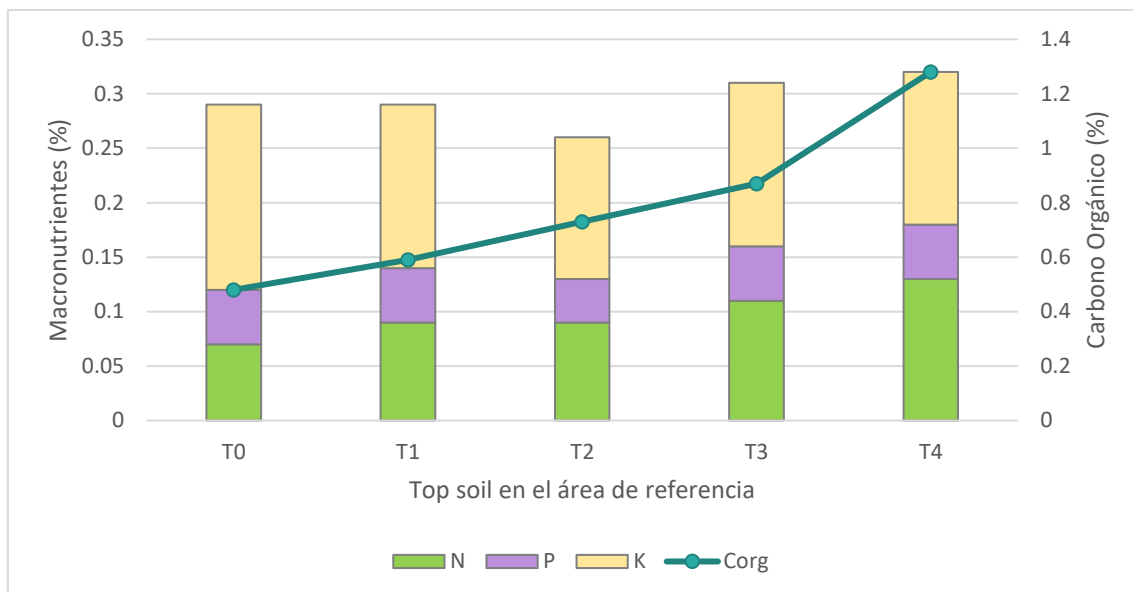


Figura 36: Macronutrientes (N, P y K) y carbono orgánico de los tratamientos experimentales a los 90 días en el área de referencia.

Según los resultados obtenidos, el contenido de nitrógeno total en los tratamientos del área de referencia varía entre 0,07% y 0,13%, el contenido de fósforo total oscila entre 0,04% y 0,05%, el contenido de potasio total fluctúa entre 0,13% y 0,17%, y el contenido de carbono orgánico muestra variaciones de 0,48% a 1,28%. Se observa que el tratamiento T0 presenta la menor cantidad de nitrógeno y carbono orgánico en comparación con los demás tratamientos, mientras que el tratamiento T4 presenta el mayor contenido de nitrógeno y carbono orgánico.

Es importante mencionar que si bien el contenido de fósforo total oscila entre 0,04% y 0,05%, de acuerdo a Castro (2016), las plantas absorben fósforo en forma de H_2PO_4^- , ion que queda disponible al solubilizarse o romperse cualquiera de los compuestos fosfatados, esta disponibilidad dependerá de los coloides y minerales presentes en el suelo, el pH, la actividad micro biológica, la presencia de enzimas y ácidos orgánicos y la intensidad de la demanda del nutriente; sin embargo el pH del suelo es posiblemente el determinante individual más importante en la disponibilidad del P en el suelo, la solubilidad de muchos compuestos de P disminuye a medida que el pH sube del levemente ácido (6,5) a neutro (7,0) y llega a el rango de la alcalinidad, también se ven limitadas a cationes en el suelo. El fósforo es vital para el crecimiento de las plantas, el efecto más acentuado de la falta de P es la reducción en el crecimiento de la hoja así como en el número de hojas, evidenciando una pérdida apreciable de rendimiento.

Es relevante destacar que, aunque los niveles de fósforo total varíen entre 0,04% y 0,05%, según lo expuesto por Múnera (2014), las plantas absorben el fósforo en forma de H_2PO_4^- , un ión que se vuelve disponible al solubilizarse o descomponerse cualquiera de los compuestos fosfatados. Esta disponibilidad estará condicionada por la presencia de coloides y minerales en el suelo, el pH, la actividad microbiológica, la presencia de enzimas y ácidos orgánicos, así como la intensidad de la demanda del nutriente. No obstante, el pH del suelo posiblemente sea el factor más determinante en la disponibilidad de fósforo en el suelo; la solubilidad de muchos compuestos de fósforo disminuye a medida que el pH se desplaza desde ligeramente ácido (6,5) hacia la neutralidad (7,0) y hasta el rango de alcalinidad, también afectando la limitación a los cationes en el suelo (Múnera, 2014). El fósforo resulta fundamental para el crecimiento de las plantas, siendo la falta de este nutriente responsable de la reducción en el crecimiento y número de hojas, lo cual refleja una notoria disminución en el rendimiento de las mismas (Múnera, 2014). Estos factores podrían haber influido en los resultados observados en la supervivencia y desarrollo vegetal de los tratamientos experimentales a los 90 días (Tabla 22).

El análisis revela un incremento gradual en el contenido de nitrógeno y carbono orgánico a medida que se incrementa el porcentaje de biochar en los tratamientos, como se muestra en la Figura 36. Este hallazgo sugiere una fuerte influencia del biochar en el contenido de nitrógeno y carbono orgánico en el top soil de los tratamientos. Además, se destaca la contribución significativa de nitrógeno proveniente del abono orgánico, el cual contiene un 1,68% (Tabla 18) de nitrógeno en los tratamientos T1, T2 y T3, considerando que el suelo orgánico inicialmente posee un contenido de nitrógeno de 0,06% (Tabla 18). Asimismo, el biochar, según la Tabla 14, muestra un contenido de nitrógeno de 0,65% y un contenido de carbono orgánico de 82,50%.

El incremento en el contenido de Corg en el top soil, atribuible al uso de biochar, sugiere su potencial como enmienda del suelo para contribuir a la mitigación del cambio climático, mediante el aumento del almacenamiento de carbono en los suelos y la reducción de las emisiones netas de dióxido de carbono (CO_2) (Mukome & Parikh, 2015). Además, Mukome & Parikh (2015), el aumento de nitrógeno en los suelos posibilita un mayor potencial de inmovilización de N en los suelos.

Para evaluar los efectos de los tratamientos experimentales en la inmovilización de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total, se analizó el top soil de los tratamientos

experimentales (Anexo 16), cuyos resultados se presentan en la Tabla 24 y en la Tabla 25.

Tabla 24: Contenido de metales (As, Pb y Cd) en el top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días

Tratamientos	Arsénico (mg/kg PS)	Plomo (mg/kg PS)	Cadmio (mg/kg PS)
ECA para Suelo Uso Agrícola*	50	70	1,4
T0 (0,00%B – 0,00%AB)	23,33 a	11,57 a	1,37 a
T5 (0,00%B – 0,00%AB)	33,47 b	30,12 b	1,95 b
T6 (1,25%B – 1,25%AB)	30,53 b	30,55 b	1,87 b
T7 (1,875%B – 1,875%AB)	29,75 b	27,66 b	1,83 b
T8 (2,50%B – 2,50%AB)	32,52 b	33,93 b	1,89 b
T9 (2,50%B – 0,00%AB)	28,34 b	23,40 b	1,68 b
T10 (3,75%B – 0,00%AB)	30,43 b	29,74 b	1,72 b
T11 (5%B – 0%AB)	31,47 b	27,95 b	1,73 b
T12 (0%B – 5%AB)	28,47 b	23,90 b	1,59 c

*Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo aprobados en el D.S. N° 011-2017-MINAM. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Para el análisis del contenido de metales (As, Pb y Cd) en el top soil del tratamiento control T0 del área de referencia y los tratamientos del área de relave minero a los 90 días, se verificó que presentaran distribución normal y homogeneidad de varianzas. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las variables. Las diferencias significativas encontradas fueron evaluadas al nivel del 5% de significancia mediante la prueba de Scott-Knott, lo que permitió identificar diferencias significativas únicamente entre el tratamiento control T0 del área de referencia y los tratamientos del área de relave minero.

Estos resultados indican que el contenido de metales en los tratamientos del área de relave minero fue influenciado significativamente por la presencia del relave minero, lo que resultó en un aumento del contenido de arsénico, plomo y cadmio en todos los casos. Es importante destacar que tanto los niveles de arsénico como de plomo en todos los tratamientos se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

para Suelo de Uso Agrícola, como se establece en el D.S. N° 011-2017-MINAM. Sin embargo, en el caso del cadmio, solo el tratamiento control T0 se encuentra ligeramente por debajo del ECA, siendo estos resultados principalmente influenciados por la concentración inicial de cadmio en el suelo orgánico utilizado (Tabla 21).

Por otro lado, según las mediciones in situ de pH (Figura 28), se observó que el pH se mantuvo en el rango de 5,99 a 7,91 durante los 90 días del experimento. De acuerdo con Isaura (2011), pH por encima de 5 favorece los procesos de precipitación, limitando el desplazamiento de metales como el plomo y el cadmio. Esto indica que en el rango de pH al que estuvieron expuestos los tratamientos, los metales (Pb y Cd) estuvieron menos móviles, lo que resultó en una interacción mucho menor con los componentes de las celdas experimentales, como el biochar, abono orgánico y el cultivo indicador.

En el caso del arsénico, Pérez (2015) indica que por lo general valores más altos de pH permiten una movilización de arsénico en el suelo, sin embargo, menciona que en varios experimentos, principalmente con suelos de minas, los valores altos de pH, en presencia de sulfatos y carbonatos, pueden producir una co-precipitación de arsénico, formando oxi-hidróxidos y sulfatos, lo que precipita el arsénico y desfavorece su desplazamiento. Por lo tanto, la movilización del arsénico dependerá no solo del pH, sino también de las condiciones de óxido-reducción y la presencia de hierro-sulfuro en el suelo.

Con el fin de procesar y analizar los datos obtenidos en el contenido de cianuro total en el top soil y en el tejido vegetal del cultivo indicador, se procesó la información del contenido de cianuro total en el top soil de los tratamientos T0, T5, T6 y T11, debido a que en el área de relave minero los tratamientos T5, T6 y T11 fueron los únicos tratamientos con un desarrollo vegetal, relacionado al peso fresco obtenido del cultivo indicador, que permitió generar la cantidad mínima de muestra solicitada por el laboratorio para el análisis de metales totales y cianuro total

Para procesar y analizar los datos obtenidos en el contenido de cianuro total en el top soil y en el tejido vegetal del cultivo indicador, se llevó a cabo la evaluación del contenido de cianuro total en el top soil de los tratamientos T0, T5, T6 y T11 (Tabla 25). Esto se debió a que, en el área de relave minero, los tratamientos T5, T6 y T11 fueron los únicos con un desarrollo vegetal (Tabla 22) que permitió obtener el peso fresco necesario del cultivo indicador para generar la cantidad mínima de muestra requerida por el laboratorio para el análisis de metales y cianuro totales.

Tabla 25: Contenido de cianuro total en el top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días

Tratamientos	Cianuro Total (mg/kg PS)
ECA para Suelo Uso Agrícola*	.*
T0 (0,00%B – 0,00%AB)	0,10 a
T5 (0,00%B – 0,00%AB)	1,75 a,b
T6 (1,25%B – 1,25%AB)	43,08 b,c
T11 (5%B – 0%AB)	85,98 c

*Según el D.S. N°011-2017-MINAM, en el caso del Suelo de Uso Agrícola, el ECA para el parámetro de Cianuro Libre es de 0,9 mg/kg PS.

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En el caso del análisis del contenido de cianuro total en el top soil del tratamiento control T0 del área de referencia y los tratamientos del área de relave a los 90 días, los datos no presentaban distribución normal ($p < 0,05$). Por esta razón, se procedió a analizar los datos a través de pruebas no paramétricas, específicamente la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis. Posteriormente, las variables significativas obtenidas de esta prueba fueron comparadas al nivel del 5% de significancia mediante la prueba de Mann-Whitney.

Este análisis permitió identificar que no existen diferencias significativas entre el tratamiento control T0 del área de referencia y el tratamiento control T5 del área de relave minero. Esta situación puede estar influenciada por el hecho de que ambos tratamientos control no contienen biochar o abono orgánico en su composición. En contraste, al comparar el tratamiento control T0 con los tratamientos T6 y T11, se observó que estos dos últimos presentan cantidades de biochar de 1.25% y 5%, con concentraciones de cianuro total de 43,08 y 85,98 mg/kg, respectivamente. Se observó un comportamiento similar al comparar el tratamiento control en el área de relaves T5, con un contenido de biochar de 0% y una concentración de cianuro total de 1,75 mg/kg, y el tratamiento T11, con un contenido de biochar de 5% y una concentración de cianuro total de 85,98 mg/kg.

Estos resultados pueden explicarse en gran medida por los valores de pH a los que el top soil ha estado expuesto durante los 90 días experimentales, siendo en el área de referencia entre 5,99 y 7,27, y en el área de relave minero entre 6,36 y 7,91 (Figura 28). Según Arana & González (2014), el cianuro presente en un ambiente acuoso puede formar ácido cianhídrico (HCN) en medios con un pH básico ($pH < 10$). En valores de

pH de 6 a 9, el cianuro libre estará principalmente en la forma no disociada (HCN), siendo el cianuro de hidrógeno volátil y casi totalmente miscible en agua, moviéndose por difusión a través del suelo y siendo liberado a la atmósfera (Kjeldsen, 1999).

Por otro lado, la presencia de biochar en el suelo puede mejorar la capacidad general de sorción del cianuro en el suelo, ya que el biochar con valores de pH mayores al del suelo contribuye a mejorar el pH, permitiendo adsorber más cationes intercambiables y aniones, como el cianuro (CN^-), a través de puentes con estos cationes, disminuyendo la pérdida de cianuro por volatilización, influyendo en la toxicidad, transporte y destino del cianuro (Sawaraba & Rao, 2015).

El contenido de cianuro aumentó un 4812% en el top soil del tratamiento T11 en comparación al tratamiento control T5 del área de relave minero. Si bien los valores de pH del área de relave minero y el contenido de biochar influyen en estos resultados, también han influenciado factores ambientales externos, como la variación periódica del nivel de agua en el relave minero, la movilización de polvo de relave influenciada por la dirección y velocidad del viento, y eventos de lluvias y granizada a lo largo de los días de evaluación (Figura 37). Aunque se procuró estandarizar la influencia de estos factores en todas las celdas (Anexo 1), para investigaciones de esta índole, el control de los factores ambientales externos es limitado.



Figura 37: Aumento del nivel del agua en el relave minero y eventos de granizadas en las áreas experimentales a lo largo de los días de evaluación.

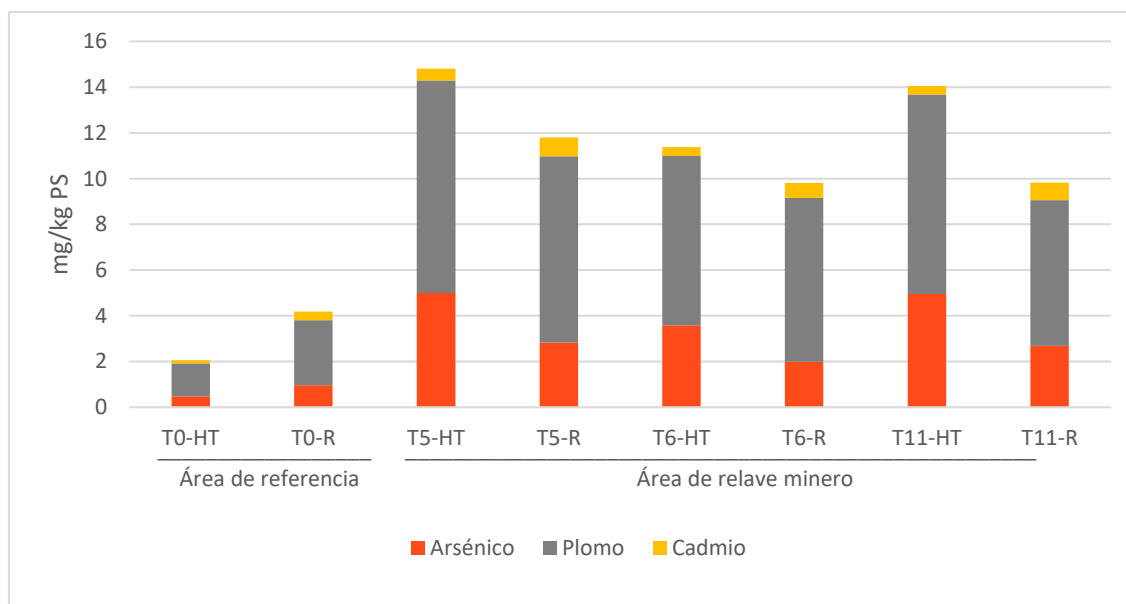
En la Tabla 26 se presentan las concentraciones de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el tejido vegetal del cultivo indicador después de 90 días de experimentación en los tratamientos T0, T5, T6 y T11, ya que estos tratamientos muestran un desarrollo vegetal que permite el análisis de estos parámetros.

Tabla 26: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el tejido vegetal del *Stipa ichu* de los tratamientos experimentales a los 90 días

Tratamientos	Arsénico (mg/kg)		Plomo (mg/kg)		Cadmio (mg/kg)		Cianuro Total (mg/kg)	
	HT	R	HT	R	HT	R	HT	R
T0 (0,00%B – 0,00%AB)	0,47	0,97	1,44	2,83	0,15	0,38	1,11	0,97
T5 (0,00%B – 0,00%AB)	5,00	2,82	9,29	8,16	0,52	0,82	332,00	128,89
T6 (1,25%B – 1,25%AB)	3,58	1,98	7,41	7,18	0,39	0,65	574,06	181,45
T11 (5%B – 0%AB)	4,95	2,68	8,72	6,37	0,39	0,78	396,09	262,78

HT: Hojas y Tallo, R: Raíz

FUENTE: Servicios Analíticos Generales S.A.C. – I.E. 161971-2022 (Ver Anexo 17)



HT: Hojas y Tallo, R: Raíz

Figura 38: Contenido de metales (As, Pb y Cd) en el tejido vegetal del *Stipa ichu* de los tratamientos experimentales a los 90 días.

Los resultados obtenidos revelan que el contenido de metales (arsénico, plomo y cadmio) en los tejidos vegetales, tanto en hojas y tallos como en raíces, de los tratamientos del área de relave, es superior al obtenido en el tratamiento control T0 del área de referencia. Esta diferencia se ve principalmente influenciada por la presencia y el contenido de metales del relave minero (Tabla 19).

Asimismo, se observa que, en el caso del arsénico y el plomo, los tratamientos del área de relave minero muestran mayores concentraciones en el tejido vegetal de las hojas y tallos que en el tejido de la raíz. Según Kabata-Pendias & Pendias (2000), en suelos con

alto contenido de arsénico, las concentraciones de arsénico siempre se registraron en hojas viejas y raíces, mientras que en suelos con bajo contenido de arsénico, también se ha informado de una acumulación mayor en las hojas que en las raíces. En el caso del plomo, se ha observado que la translocación del plomo desde la raíz hacia la parte aérea es bastante limitada (Kabata-Pendias & Pendias, 2000).

La mayor concentración de plomo en la parte aérea puede deberse a la influencia del polvo de relave (Tabla 27 y Figura 40), que, por acción y velocidad del viento, se traslada en primera instancia hacia la parte aérea de los cultivos indicadores de las celdas experimentales. De acuerdo a Kabata-Pendias & Pendias (2000), el plomo transportado por el aire, una de las principales fuentes de contaminación por plomo, también es absorbido fácilmente por las plantas a través del follaje.

Los síntomas de toxicidad por arsénico se manifiestan de diversas maneras, como el marchitamiento de las hojas, coloración violeta (aumento de antocianinas), decoloración de las raíces y plasmólisis celular, siendo el síntoma más común la reducción del crecimiento (Kabata-Pendias & Pendias, 2000)

Kabata-Pendias & Pendias (2000), también mencionan que, en la mayoría de las plantas, la concentración natural de plomo es de 2 a 6 ppb, teniendo efectos tóxicos sobre los tejidos vegetales al inhibir la respiración y fotosíntesis, afectar la mitosis, la absorción de agua, la transpiración, la nodulación, el intercambio gaseoso, entre otros.

Por otro lado, en el caso del cadmio, las mayores concentraciones se presentan en el tejido vegetal de la raíz en comparación con el tejido vegetal de las hojas y tallos (Figura 38). Aunque el cadmio se considera un elemento no esencial para los procesos metabólicos, es absorbido eficazmente tanto por el sistema radicular como por el follaje, considerándose un elemento tóxico para las plantas, debido a que perturba las actividades enzimáticas, promoviendo la inhibición de la formación de pigmentos antocianina y clorofila (Kabata-Pendias & Pendias, 2000). La concentración en la parte de la raíz también pudo haber sido influenciada por la presencia del polvo del relave (Tabla 27 y Figura 40).

En la Figura 39 se muestra el contenido de cianuro total en los tejidos vegetales del cultivo indicador después de 90 días de experimentación en los tratamientos T0, T5, T6

y T11, ya que estos tratamientos muestran un desarrollo vegetal que permite el análisis de estos parámetros.

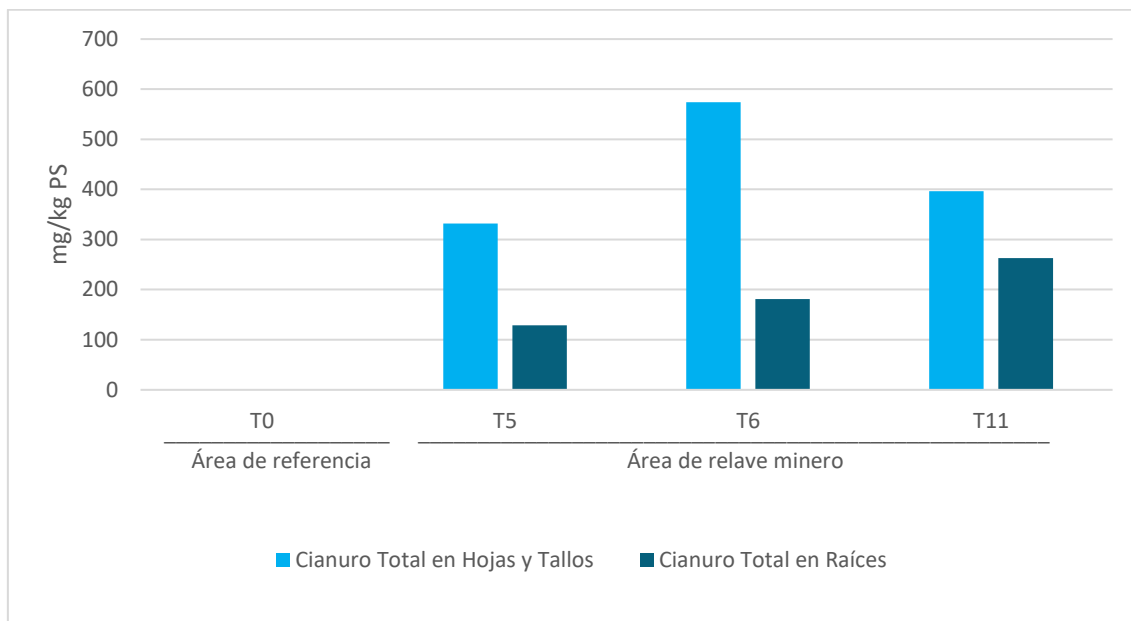


Figura 39: Contenido de cianuro total en el tejido vegetal del *Stipa ichu* de los tratamientos experimentales a los 90 días.

Los resultados revelan que el contenido de cianuro total en el tejido vegetal del tratamiento control T0 en el área de referencia se encuentra por debajo del límite de detección del método. Por otro lado, el tratamiento control T5 del área de relave minero muestra concentraciones de cianuro total en hojas y tallo, y raíces de 332,0, y 128,89 mg/kg, respectivamente. Estos hallazgos indican la influencia directa del relave minero en el aumento del contenido de cianuro total en ambas áreas experimentales.

En cuanto al tratamiento T6, se observaron concentraciones de cianuro total de 574,06 mg/kg en hojas y tallo, y 181,45 mg/kg en raíces, siendo este el tratamiento experimental con mayor contenido de cianuro en el tejido vegetal de hojas y tallo. Por otro lado, el tratamiento T11 presenta concentraciones de cianuro total de 396,06 mg/kg en hojas y tallo, y 262,78 mg/kg en raíces, siendo el tratamiento experimental con mayor contenido de cianuro en el tejido vegetal de raíces.

En los tratamientos experimentales T5, T6 y T11 en el área de relave minero, se observa una mayor presencia de cianuro en el tejido vegetal aéreo (hojas y tallo). Esto podría estar influenciado principalmente por el polvo de relave (Tabla 27 y Figura 40), ya que se constató en campo que, durante los días soleados, y debido a la acción y velocidad del viento, se formaban partículas de relave minero que se desplazaban hacia áreas adyacentes, alcanzando las celdas experimentales y afectando de diversas maneras a los

cultivos indicadores. Se pudo observar una importante presencia visual de polvo de relave minero en la parte aérea de la planta y en menor medida en las raíces (Figura 41).

Por esta razón, se decidió tomar una muestra representativa de este polvo de relave para su análisis en laboratorio (Figura 40). Los resultados indicaron una considerable cantidad de cianuro total, alcanzando los 2500,80 mg/kg, además de importantes cantidades de arsénico, plomo y cadmio (Tabla 27). Aunque se intentó minimizar la influencia de estos factores ambientales externos en todas las celdas (Anexo 1), es importante tener en cuenta que el control total de estos factores es limitado en investigaciones de esta índole.



Figura 40: Toma de muestra de polvo de relave minero.

Tabla 27: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el polvo de relave minero

Tratamientos	Arsénico (mg/kg)	Plomo (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	Cianuro Total (mg/kg)
PRE-01	112,20	124,90	4,92	2500,80

PRE-01: Polvo de relave minero

FUENTE: Environmental Testing Laboratory S.A.C. – I.E. 222287, 222287-I (Ver Anexo 18)



Figura 41: Impacto del relave minero en esquejes de la especie *Stipa ichu* empleados como cultivo indicador.

El contenido de cianuro total en los tejidos vegetales de los tratamientos T6 y T11, así como la supervivencia y desarrollo vegetal, podrían haber sido influenciados por la presencia de biochar en la composición de las celdas experimentales. Estos tratamientos tuvieron cantidades de biochar del 1.25% y 5. Además, según la Tabla 25, el top soil de

T11 y T6 presentó concentraciones de 43.08 y 85.98 mg/kg de cianuro total, respectivamente.

Esto se debe a que los tratamientos T6 y T11 contenían cantidades de 1,25% y 5% de biochar, respectivamente. Según la Tabla 25, el top soil de los tratamientos T11 y T6 presentó concentraciones de 43,08 y 85,98 mg/kg de cianuro total, respectivamente.

Es posible que el biochar haya contribuido a la inmovilización de cianuro en las raíces de los cultivos indicadores, disminuyendo la concentración de cianuro en los tejidos vegetales de hojas y tallos de dichos cultivos. Esta influencia podría explicar por qué el tratamiento T6, con una menor concentración de cianuro en las raíces (181,45 mg/kg) y una mayor concentración en hojas y tallos (574,06 mg/kg), difiere del tratamiento T11, que presenta una mayor concentración de cianuro en las raíces (262,78 mg/kg) y una menor en hojas y tallos (396,09 mg/kg).

El cianuro puede resultar altamente perjudicial para las plantas, dando lugar a la inhibición del crecimiento, la disminución del tamaño general de la planta y la reducción en el contenido de clorofila, debido a que varias enzimas intracelulares involucradas en muchas vías metabólicas importantes son inhibidas por el cianuro (Siegień & Bogatek, 2006). Las concentraciones de cianuro endógeno necesarias para causar un 50 % de inhibición de enzimas sensibles generalmente están en el rango de 5 a 10 μM (Grossmann, 1996).

V. CONCLUSIONES

1. Se utilizó la biomasa residual de la poda de plantaciones de palto (*Persea americana Miller.*) para producir biochar mediante el método de pirólisis lenta, logrando un rendimiento del 25,47% en un tiempo de 104 minutos y alcanzando una temperatura de pirólisis de 500°C.
2. La caracterización de la biomasa residual de la poda de palto proveniente de las plantaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina reveló un contenido de humedad bajo, lo que favorece el proceso de pirólisis, y un alto contenido de lignina, lo que sugiere su idoneidad para la producción de biochar con buenos rendimientos.
3. El biochar resultante fue analizado, presentando un alto contenido de carbono orgánico, bajo contenido de hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (indicando aromaticidad, estabilidad e inmovilización potencial de N), pH alcalino, baja conductividad eléctrica, grupos funcionales capaces de adsorber, baja área superficial, tamaño de poros en el rango de mesoporos, y ausencia de cianuro y metales como arsénico, plomo y cadmio.
4. En la evaluación de las propiedades del biochar como enmienda orgánica en el topsoil, simulando la etapa de revegetación del cierre de relave minero, se observó que el biochar no afectó la movilización de arsénico, plomo y cadmio, pero sí se evidenció influencia en la movilización de cianuro, aumentando su concentración en el topsoil de 1,75 mg/kg a 85,98 mg/kg.
5. Los factores ambientales externos, como el pH del relave minero superior a 7,50 y la dispersión del polvo de relave, ejercen una influencia considerable en la movilización de arsénico, plomo cadmio y cianuro. Esto sugiere que el control de estas variables puede resultar limitado en investigaciones de esta naturaleza.

VI. RECOMENDACIONES

- Replicar la parte experimental del estudio, evitando la influencia de fuentes externas de metales pesados y cianuro, como el polvo de relave. Además, se sugiere realizar la replicación en un ambiente de relave minero con un pH ácido para examinar, en esas condiciones, los efectos del biochar en la inmovilización de metales pesados.
- Se propone explorar la valorización de la biomasa residual de la zona a través de la producción de biochar, utilizando tanto tecnologías artesanales como industriales, como una alternativa efectiva para el manejo de residuos sólidos, con potencial para mitigar los impactos ambientales negativos y generar recursos útiles. Además, su aplicación como enmienda orgánica puede contribuir significativamente al proceso de cierre de relaves mineros, ayudando a la inmovilización del cianuro en el suelo superficial de las áreas mineras.
- Se insta a realizar investigaciones adicionales sobre los efectos del biochar como enmienda orgánica en el cierre final de relaves mineros. Esto incluiría evaluar sus efectos en la movilización de metales, la mejora de la calidad del suelo, la retención de nutrientes, la promoción del crecimiento de las plantas y la mitigación del cambio climático. Estos aspectos son fundamentales para comprender plenamente el potencial del biochar en la restauración de suelos degradados y la sostenibilidad ambiental.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Amonette, J. E., & Joseph, S. (2009). Characteristics of Biochar: Micro-chemical Properties. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology* (pp. 35–52). Earthscan. doi: 10.4324/9781849770552
- Arana, J., & Gonzáles, J. (2014). BIOADSORCIÓN DE CIANURO PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA MINERA AURIFERA (Tesis de pregrado, Universidad Libre de Colombia). Recuperado de [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11286/BIOADSORCIÓN DE CIANURO PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA MINERA AURÍFERA.pdf?sequence=1](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11286/BIOADSORCIÓN_DE_CIANURO_PROVENIENTE_DE_LA_INDUSTRIA_MINERA_AURÍFERA.pdf?sequence=1)
- Arpaia, M. L., Bender, G., Francis, L., Menge, J., Shepherd, J., & Smothers, V. (2012). Avocado production in California: A Cultural Handbook for Growers (2° ed.). En *A cultural handbook for growers* (2° ed., pp. 1–32). Recuperado de <https://ucanr.edu/sites/alternativefruits/files/166823.pdf>
- ASTM. (2023). *Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis*. doi: 10.1520/D7582-15R23
- Barrientos Priego, A., & López López, L. (1998). *Historia Y Genetica Del Aguacate*. Recuperado de https://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998/cictamex_1998_33-51.pdf
- Beesley, L., Moreno-Jimenez, E., Fellet, G., Melo, L., & Sizmur, T. (2015). Biochar and heavy metals. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management* (2° ed., pp. 563–594). Routledge. doi: 10.4324/9780203762264
- Brick, S. (2010). Biochar : Assessing the Promise and Risks To Guide U . S . Policy Author. En *NRDC* (Issue November). Recuperado de https://www.nrdc.org/sites/default/files/biochar_paper.pdf

- Brick, S; Wisconsin, M. (2010). Biochar: Assessing the promise and risks to guide U.S. policy. NRDC Issue Paper nov. 2010. Natural Resources Defense Council. USA. Recuperado de http://www.nrdc.org/energy/files/biochar_paper.pdf
- Brown, R., Del Campo, B., Boateng, A., Garcia-perez, M., & Mašek, O. (2015). Fundamentals of biochar production. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management* (2° ed., pp. 71–94). Routledge. doi: 10.4324/9780203762264
- Centro de Investigacion de Economia y Negocios Globales de ADEX. (2019). *La Palta en la Alianza del Pacífico*. Recuperado de <https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2019/08/Palta-Alianza-del-Pacifico1.pdf>
- Chan, K. Y., & Xu, Z. (2009). Biochar: Nutrient Properties and Their Enhancement. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology* (pp. 67–84). Earthscan. doi: 10.4324/9781849770552
- Chia, C. H., Downie, A., & Munroe, P. (2015). Characteristics of biochar: physical and structural properties. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management* (2° ed., pp. 89–109). Routledge. doi: 10.4324/9780203762264
- CINCIA-Centro de Innovación Científica. (2018). *Producción y Utilización de Biocarbón*. Recuperado de http://cincia.wfu.edu/wp-content/uploads/Nota-Técnica_Biochar-1.pdf
- Deenik, J. L., Diarra, A., Uehara, G., Campbell, S., Sumiyoshi, Y., & Antal, M. J. (2011). Charcoal ash and volatile matter effects on soil properties and plant growth in an acid ultisol. *Soil Science*, 176(7), 336–345. doi: 10.1097/SS.0b013e31821fbfea
- Dhyani, V., & Bhaskar, T. (2019). Pyrolysis of Biomass. En *Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes for the Production of Liquid and Gaseous Biofuels* (2° ed, pp. 217–244). doi: 10.4324/9781849770552
- Downie, A., Crosky, A., & Munroe, P. (2009). Physical Properties of Biochar. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology* (pp. 13–32). Earthscan. doi:10.4324/9781849770552
- EBC. (2023). *European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar*. Recuperado de www.europeanbiochar.org

- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., & Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza , historia , fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34, 367–382. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000300367&lng=es&tlng=es
- Gomez Carrión, J. R. (2014). Reacción a la pudrición radicular causada por *Phytophthora cinnamomi*. Rands en dos razas y dos cultivares de palto, *Persea americana*. Miller. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2349>
- Grossmann, K. (1996). A role for cyanide , derived from ethylene biosynthesis , in the development of stress symptoms. *Physiologia Plantarum*, 97(4), 772–775. doi: 10.1111/j.1399-3054.1996.tb00543.x
- Guerra, P. (2015). Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1895>
- Guerrero, J. (1998). Interpretación de Análisis de Suelos y Recomendaciones. En *Universidad Agraria La Molina*. Recuperado de https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/curso_cierre_minas/02_Técnico/08_Vegetación/TecReVeg-L1_Análisis de Suelos.pdf
- IBI. (2015). *Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil*. Recuperado de https://biochar-international.org/wp-content/uploads/2019/01/IBI_Biochar_Standards_V2.1_Final1.pdf
- Isaura, J. A. (2011), CAPACIDAD DE AMORTIGUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR PLOMO Y POR CADMIO EN SUELOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID. (Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid). Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/12511/1/T32805.pdf>
- Ippolito, J. A., Spokas, K. A., Novak, J. M., Lentz, R. D., & Cantrell, K. B. (2015). Biochar elemental composition and factors influencing nutrient retention. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management* (2º ed., pp. 139–163). Routledge. doi: 10.4324/9780203762264

- Joseph, S., Peacocke, C., Lehmann, J., & Munroe, P. (2009). Developing a Biochar Classification and Test Methods. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology* (pp. 107–125). Earthscan. doi: 10.4324/9781849770552
- Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2000). *Biogeochemistry of trace elements* (3° ed.). CRC Press. Recuperado de <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Soil/Trace-Elements-in-Soils-and-Plants.pdf>
- Kjeldsen, P. (1999). Behaviour of cyanides in soil and groundwater: A review. *Water, Air, and Soil Pollution*, 115(1–4), 279–308. doi: 10.1023/A:1005145324157
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). Biochar for Environmental Management: An Introduction. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology* (pp. 1–12). Earthscan. doi: 10.4324/9781849770552
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). Biochar for environmental management: an introduction. En J. Lehmann & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology* (2° ed., pp. 1–13). Routledge. doi: 10.4324/9780203762264
- Lehmann, J., & Stephen, J. (2015). Biochar for Environmental Management. En J. Lehmann & J. Stephen (Eds.), *Biochar for Environmental Management* (2° ed., pp. 31–32). Routledge. doi: 10.4324/9780203762264
- Manyuchi, M. M., Sukdeo, N., & Stinner, W. (2022). Potential to remove heavy metals and cyanide from gold mining wastewater using biochar. *Physics and Chemistry of the Earth*, 126(Enero), 103110. doi: 10.1016/j.pce.2022.103110
- Martínez Madrid, D. E., & Marrugo-Negrete, J. (2021). Efecto de la adición de enmiendas en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 22(2). doi: 10.21930/rcta.vol22_num2_art:2272
- Mcelligott, K., Page-dumroese, D., & Coleman, M. (2011). Bioenergy Production Systems and Biochar Application in Forests: Potential for Renewable Energy, Soil Enhancement, and Carbon Sequestration. *Rocky Mountain Research Station, June*.

doi: 10.2737/RMRS-RN-46

- McLaughlin, H., Anderson, P. S., Shields, F. E., & Reed, T. B. (2009). All Biochars are not Created Equal and How to Tell them Apart. *En: 2. Presented at the North America Biochar Conference, August, 1–36*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/312453546_All_biochars_are_not_created_equal_and_how_to_tell_them_apart
- MINAM. (2014). Guía para el Muestreo de Suelos. En *Ministerio del Ambiente*. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2008). Estudio de palta en el Perú y el Mundo. En *Ministerio de Agricultura y Riego*. Recuperado de https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/estudio_palta.pdf
- Mohan, D., Pittman, C. U., & Philip, S. (2006). Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review Dinesh. *Progress in Energy and Combustion Science, 20(4)*, 848–889. doi: 10.1016/j.peccs.2017.05.004
- Múnera, G. (2014). El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal. En *Universidad Tecnológica de Pereira*. Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.co/items/308a10bb-b4cb-43cf-94de-de6650f348b0>
- Mukome, F. N. D., & Parikh, S. J. (2015). Chemical, Physical, and Surface Characterization of Biochar. En Y. S. Ok, S. M. Uchimiya, S. X. Chang, & N. Bolan (Eds.), *Biochar: Production, Characterization and Applications* (pp. 68–96). CRC Press. doi: 10.1201/b18920
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. En *Como alimentar al mundo 2050*. Recuperado de <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/I>
- Palacios, R., Calle, J., Césare, M. F., Iparraguirre, J., & Virú, P. (2023). Physicochemical Characterization and Stability of Biochar Obtained from 5 Species of Forest Biomass in Peru. *Environmental Research, Engineering and Management, 79*, 35–51. doi: 10.5755/j01.ere.m.79.3.33084

- Panwar, N. L., Pawar, A., & Salvi, B. L. (2019). Comprehensive review on production and utilization of biochar. *SN Applied Sciences*, *1*(2), 1–19. doi: 10.1007/s42452-019-0172-6
- Pastor-Villegas, J., Pastor-Valle, J. F., Rodríguez, J. M. M., & García, M. G. (2006). Study of commercial wood charcoals for the preparation of carbon adsorbents. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *76*(1–2), 103–108. doi: 10.1016/j.jaap.2005.08.002
- Pérez, I. (2015). ECOTOXICOLOGÍA DEL ARSÉNICO EN SUELOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID (Tesis de pregrado, Universidad Complutense de Madrid). Recuperado de <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ISMAEL PEREZ MINGUEZ.pdf>
- Quispe, S. A. (2015). Manejo técnico del cultivo del palto. En *Pra Buenaventura*. Recuperado de <http://draapurimac.gob.pe/sites/default/files/revistas/Manual Palta F.pdf>
- Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A. R., & Lehmann, J. (2011). Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biology and Fertility of Soils*, *48*(3), 271–284. doi: 10.1007/s00374-011-0624-7
- Ramos, H. (2012). REMOCIÓN DE CIANURO EN RELAVES AURÍFEROS UTILIZANDO BIOCHAR PRODUCIDO A PARTIR DE TALLOS DE *Gliricidia sepium* (Tesis de grado, Universidad de Cartagena). Recuperado de [https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/135/Remoción de cianuro en relaves auríferos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/135/Remoción%20de%20cianuro%20en%20relaves%20auríferos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ricaldi, B. (2020, December). Estrategias de economía circular para el cierre de minas y remediación ambiental en la minería peruana. *Cierre de Minas - Propuestas y Experiencias de Alemania y Perú*, 33. Recuperado de [https://peru.ahk.de/filehub/deliverFile/6b8eb9a2-88e3-4d43-b6e3-75b15d959686/1183900/Cierre de Minas_Propuestas y Experiencias_Ale_Pe_Final_1183900.pdf](https://peru.ahk.de/filehub/deliverFile/6b8eb9a2-88e3-4d43-b6e3-75b15d959686/1183900/Cierre%20de%20Minas_Propuestas%20y%20Experiencias_Ale_Pe_Final_1183900.pdf)
- Román-Dañobeytia, F., Cabanillas, F., Lefebvre, D., Farfan, J., Alferez, J., Polo-Villanueva, F., Llacsahuanga, J., Vega, C. M., Velasquez, M., Corvera, R., Condori,

- E., Ascorra, C., Fernandez, L. E., & Silman, M. R. (2021). Survival and early growth of 51 tropical tree species in areas degraded by artisanal gold mining in the Peruvian Amazon. *Ecological Engineering*, 159(December 2019), 106097. doi: 10.1016/j.ecoleng.2020.106097
- Sawaraba, I., & Rao, B. K. R. (2015). Monitoring of river water for free cyanide pollution from mining activity in Papua New Guinea and attenuation of cyanide by biochar. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(1). doi: 10.1007/s10661-014-4181-z
- Siegień, I., & Bogatek, R. (2006). Cyanide action in plants - from toxic to regulatory. *Acta Physiologiae Plantarum*, 28(5), 483–497. doi: 10.1007/BF02706632
- Spokas, K. A. (2010). Review of the stability of biochar in soils: Predictability of O:C molar ratios. *Carbon Management*, 1(2), 289–303. doi: 10.4155/cmt.10.32
- Spokas, K. A., Cantrell, K. B., Novak, J. M., Archer, D. W., Ippolito, J. A., Collins, H. P., Boateng, A. A., Lima, I. M., Lamb, M. C., McAloon, A. J., Lentz, R. D., & Nichols, K. A. (2012). Biochar: A Synthesis of Its Agronomic Impact beyond Carbon Sequestration. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 973–989. doi: 10.2134/jeq2011.0069
- Tamayo, J., Salvador, J., Vasquez, A., & Zurita, V. (2017). La industria de la minería en el Perú: 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país. En J. Tamayo, J. Salvador, A. Vasquez, & V. Zurita (Eds.), *La industria de la minería en el Perú: 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país*. Osinergmin. Recuperado de https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf
- Tibane, L. V., & Mamba, D. (2023). Environmental Risk Assessment, Principal Component Analysis, Tracking the Source of Toxic Heavy Metals of Solid Gold Mine Waste Tailings, South Africa. *Environmental Forensics*, 0(0), 1–17. doi: 10.1080/15275922.2023.2172478
- Ubillus, K. (2021). OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DEL EPISPERMO DE LA SEMILLA DE LÚCUMA (*Pouteria lúcuma*) (tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4697>

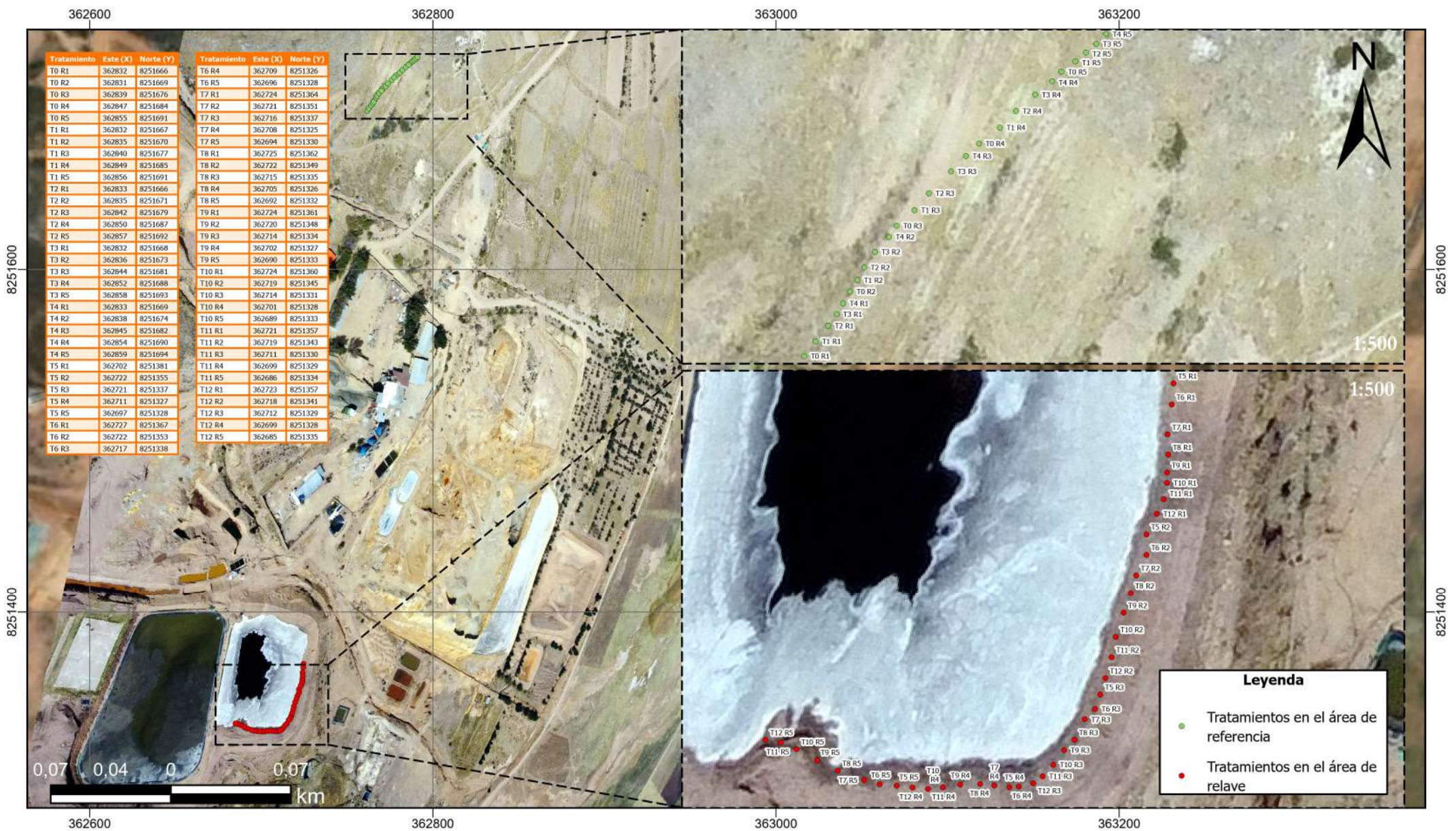
Wang, B., Gao, B., & Fang, J. (2017). Recent advances in engineered biochar productions and applications. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 47(22), 2158–2207. doi: 10.1080/10643389.2017.1418580

Wang, J., Shi, L., Zhai, L., Zhang, H., Wang, S., Zou, J., Shen, Z., Lian, C., & Chen, Y. (2021). Analysis of the long-term effectiveness of biochar immobilization remediation on heavy metal contaminated soil and the potential environmental factors weakening the remediation effect: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 207(August 2020), 111261. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111261

Zamora, G. P. (2019). EL BIOCHAR DE *GUADUA ANGUSTIFOLIA* KUNTH PROCEDENTE DE LOS RESIDUOS DEL APROVECHAMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES COMO ENMIENDA ORGÁNICA PARA EL SUELO (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4483/zamora-bringas-gilber-paolo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

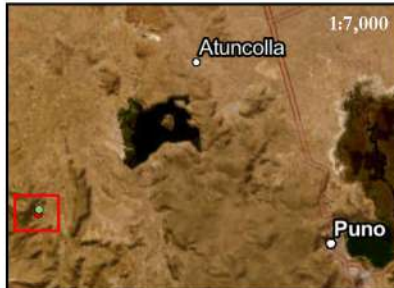
VIII. ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación de las áreas experimentales



Legenda

- Tratamientos en el área de referencia
- Tratamientos en el área de relave



Mapa de ubicación de las áreas experimentales

Tesis:
EFECTOS DEL BIOCHAR DE PODA DE PALTO (*Persea americana. Miller*) SOBRE LOS METALES PESADOS Y CIANURO EN RELAVE MINERO

Fuente: Earthstar Geographics; Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community; Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, FAO, METI/NASA, USGS; Esri Community Maps Contributors, Esri, TomTom, Garmin, Foursquare, METI/NASA, USGS; Jacob Mai (2021)

Sistema de coordenadas:
WGS 84 UTM - Zona 19 S

Escala:
1:3,000

Ubicación:
Vilque - Puno

Responsable:
J. Castro

Ejecutado:

Asesor:
M. Cesare

Fecha:
Febrero 2024

Anexo 2: Análisis lignocelulósicos de la biomasa de poda de palto



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
LABORATORIO DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO (LASAQ)



INFORME DE ENSAYOS
LASAQ N°11-2022-DQ

SOLICITANTE : Cooperación Alemana al Desarrollo - Agencia de la GIZ en el Perú RUC: 20138546617
Jhímy Brayam Castro Pantoja

PRODUCTO DECLARADO : Biomasa residual del cultivo de *Persea Americana* Miller

NÚMERO DE MUESTRAS : 01

CANTIDAD RECIBIDA : 10 g

MARCA : sin marca

FORMA DE PRESENTACIÓN : En bolsa de plástico ziploc.

MUESTREADO POR : Muestra proporcionada por el solicitante.

FECHA DE RECEPCIÓN : 09 de marzo del 2022

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO: 20 de mayo del 2022

ENSAYOS SOLICITADOS : ANÁLISIS LIGNOCELULÓSICOS

ENSAYO	RESULTADOS
1.-Humedad (%)	3.00
2.-Extractivo (%)	8.20
3.-Celulosa (%)	43.90
4.-Lignina (%)	49.61
5.-Holocelulosa (%)	43.90

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.-NORMA A.S.T.M.D 1107-56, Determinación de extractivos.
- 2.-NORMA TAPPI T 222 os-74 Método Klason
- 3.- Método Jayme y Wise

Atentamente:

Anexo 3: Análisis termogravimétrico (proximal) del biochar



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES
Unidad de Biomasa Energética

REPORTE DE ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO – TGA (PROXIMAL)
LER – BIOMASA 006 - 2022

Solicitante : Cooperación Alemana al Desarrollo - Agencia de la GIZ en el Perú
RUC : 20138546617
Tipo de muestra : Biochar de biomasa residual del cultivo de Persea Americana Miller
Procedencia : Lima
Fecha Recepción : 18 / 02 / 2022
Fecha Reporte : 02 / 03 / 2022
Norma : ASTM D7582

N. LABORATORIO	CÓDIGO DE CAMPO	BASE HÚMEDA			
		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	MATERIA VOLÁTIL (%)	CENIZAS (%)	CARBONO FIJO (%)
UBE-(02/2022)-0030	Biochar	10.68	17.62	3.74	67.96

NOTA:

- El análisis se realizó con la muestra en base húmeda (como se recibió).
- Se realizó el análisis por triplicado de cada muestra, obteniéndose resultados aproximados y se determinó la desviación estándar (medida de la dispersión de los valores respecto a la media) de la muestra.



Anexo 4: Análisis químico elemental (C, H, N, O, S) del biochar



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES
Unidad de Biomasa Energética

REPORTE DE ANÁLISIS ELEMENTAL (C, H, N, O, S)
LER – BIOMASA 007 - 2022

Solicitante : Cooperación Alemana al Desarrollo - Agencia de la GIZ en el Perú
RUC : 20138546617
Tipo de muestra : Biochar de biomasa residual del cultivo de Persea Americana Miller
Procedencia : Lima
Fecha Recepción : 18 / 02 / 2022
Fecha Reporte : 02 / 03 / 2022
Norma : ASTM D5291

N. LABORATORIO	CÓDIGO DE CAMPO	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	S (%)
UBE-(02/2022)-0030	Biochar	82.93	2.97	0.65	9.22	0.04

NOTA:

- El análisis se realizó con la muestra en base seca (la muestra fue secada en estufa a 105°C durante 24 horas).
- Se realizó el análisis por triplicado de cada muestra, obteniéndose resultados aproximados y se determinó la desviación estándar (medida de la dispersión de los valores respecto a la media) de la muestra.





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES
Unidad de Biomasa Energética

REPORTE DE ANÁLISIS ELEMENTAL (C, H, N, O, S)
LER – BIOMASA 013 - 2022

Solicitante : Cooperación Alemana al Desarrollo - Agencia de la GIZ en el Perú
RUC : 20138546617
Tipo de muestra : Biochar de biomasa residual del cultivo de Persea Americana Miller
Procedencia : Lima
Fecha Recepción : 12 / 04 / 2022
Fecha Reporte : 25 / 04 / 2022
Norma : ASTM D5373, ASTM D4373

N. LABORATORIO	CÓDIGO DE CAMPO	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	S (%)	Corg. (%)
UBE-(04/2022)-0045	Biochar	82.66	---	---	---	---	82.50

NOTA:

- El análisis se realizó con la muestra en base seca (la muestra fue secada en estufa a 105°C durante 24 horas).
- Se realizó el análisis por triplicado de cada muestra, obteniéndose resultados aproximados y se determinó la desviación estándar (medida de la dispersión de los valores respecto a la media) de la muestra.



Anexo 5: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total del biochar

INFORME DE ENSAYO N° 234963

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
 Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 - MIRAFLORES LIMA - LIMA
 Solicitado por : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 Referencia : Cotización N° 2851-23R01
 Proyecto : REMEDYCHAR
 Procedencia : LA MOLINA - LIMA
 Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestras : 1
 Producto : Muestra Sólida
 Fecha de Recepción : 26/08/2023
 Fecha de Ensayo : 26/08/2023 al 01/09/2023
 Fecha de Emisión : 07/09/2023

I. Resultados

Código de Laboratorio	234963-01
Código del Cliente	BIOCHAR DE PALTO
Fecha de Muestreo	26/07/2021
Hora de Muestreo (h)	12:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E: 0288496 N: 8662077
Tipo de Producto	Muestra Sólida

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Instrumental				
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos				
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	36,33
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	<5,93
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	3,25
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	28,68
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	<0,07
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	1 574
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	<0,33
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	<0,26
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	7,65
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	<0,08
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	35,54

Legenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "PS": Peso Seco.

INFORME DE ENSAYO N° 234963

Código de Laboratorio				234963-01
Código del Cliente				BIOCHAR DE PALTO
Fecha de Muestreo				26/07/2021
Hora de Muestreo (h)				12:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)				E: 0288496 N: 8662077
Tipo de Producto				Muestra Sólida
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	2 543
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	62,82
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	38,49
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	405,0
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	4,86
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,11
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	1,08
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	<1,61
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	11 764
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	47,52
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	225,2
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	4,29
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	<0,08
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	10,65

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "K" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "PS" = Peso Seco

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos(*)	EPA Method 200.7 Rev 4.4. 1994 // EPA Method 3050-B Rev 02, 1996	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ICP-OES // Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils

EPA: U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el International Accreditation Service (IAS)

III. Observación

LA MUESTRA LLEGÓ SUPERANDO EL TIEMPO DE VIDA UTIL DEL ANÁLISIS. NO ACREDITADO

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico, es de 4 años. El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 234963-I

Razón Social	: COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Domicilio Legal	: AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Solicitado por	: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Referencia	: Cotización N° 2851-23R01
Proyecto	: REMEDYCHAR
Procedencia	: LA MOLINA - LIMA
Muestreo Realizado por	: EL CLIENTE
Cantidad de Muestras	: 1
Producto	: Muestra Sólida
Fecha de Recepción	: 26/08/2023
Fecha de Ensayo	: 26/08/2023 al 01/09/2023
Fecha de Emisión	: 07/09/2023

I. Resultados

Código de Laboratorio	234963-01		
Código del Cliente	BIOCHAR DE PALTO		
Fecha de Muestreo	26/07/2021		
Hora de Muestreo (h)	12:00		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E: 0288496 N: 8682077		
Tipo de Producto	Muestra Sólida		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.
Laboratorio Físico Químico			Resultados
Cianuro Total	mg/Kg PS	NA	0,1
			<0,1

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. Indicado, "NA" No aplica.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Físico Químico		
Cianuro Total(*)	EPA Method 9013 A, Rev 02, 2014 // SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CN- C, E. 23rd. Ed. 2017 Cyanide Extraction Procedure for solids and oils // Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method	EPA Method 9013 A, Rev 02, 2014 // SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CN- C, E. 23rd. Ed. 2017 Cyanide Extraction Procedure for solids and oils // Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method

EPA: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

III. Observación

LA MUESTRA LLEGÓ SUPERANDO EL TIEMPO DE VIDA UTIL DEL ANÁLISIS. NO ACREDITADO

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de validez de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibida la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

Anexo 6: Hoja de cálculo de análisis textural del biochar

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 231 Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
 Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Summary Report

Surface Area

Single point s_t 45.0944 m²/g

BET Surface A 51.1049 m²/g

Langmuir Surf 85.1646 m²/g

t-Plot Externa 77.1952 m²/g

BH Adsorptio
 between 1.70 17.102 m²/g

BH Desorptio
 between 1.70 0.1096 m²/g

Pore Volume

t-Plot micropor -0.014895 cm³/g

BH Adsorptio
 between 1.70 0.016045 cm³/g

BH Desorptio
 between 1.70 0.000693 cm³/g

Pore Size

BH Adsorptio 3.7527 nm

BH Desorptio 25.2823 nm

Freundlich

Qm-C: 1.4218 ± 0.0474 cm³/g STP

m: 2.4173 ± 0.0852

Temkin

q-alpha/Qm: 0.150703 ± 0.005696 kJ/mol-(cm³/g STP)

A: 0.1235 ± 0.0264 mmHg

Nanoparticle Size

Average Partit 117.4055 nm

Horvath-Kawazoe

Maximum por 0.032611 cm³/g

Median pore 2.0870 nm

Pass/Fail

S A:Multi-poir Failed: Value > highest allowed 31.3500 by 004/16833/00 Lot D-6 Upper Limit
 S A:Single-poir Failed: Value > highest allowed 30.6500 by 004/16833/00 Lot D-6 Upper Limit

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 231 Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
 Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Isotherm Tabular Report

Relative Press	Absolute Pres	Quantity Adsc	Elapsed Time	Saturation Pre
0.01297604	9.87697124	3.31377777	00:42	761.169983
0.03364759	25.611536	4.91236203	00:52	
0.05432425	41.3499908	6.53985755	01:03	
0.07497371	57.0677376	7.06882748	01:07	
0.09562466	72.7866211	8.46875299	01:17	
0.11635094	88.5628433	8.98323953	01:20	
0.13708102	104.341957	10.0062541	01:28	
0.15782873	120.134491	11.0843159	01:36	
0.1783651	135.766159	11.6681826	01:40	
0.19916293	151.596848	12.3395292	01:46	
0.21971777	167.242569	13.0456101	01:51	
0.24046432	183.034225	13.5793776	01:55	
0.26122044	198.83316	13.935707	01:58	
0.28191079	214.582031	14.4821632	02:02	
0.30265817	230.374313	14.8548638	02:05	
0.37860898	288.185791	15.2824832	02:08	
0.4547349	346.130554	15.8708064	02:12	
0.53100768	404.187103	16.4090669	02:15	
0.60682808	461.899323	16.9044959	02:18	
0.68261173	519.583557	17.3771435	02:21	
0.75865473	577.46521	18.0785345	02:25	
0.83480022	635.424866	18.7587405	02:28	
0.9105916	693.11499	19.5870575	02:32	
0.98666956	751.023254	20.10827004	02:35	
0.92260209	702.257019	20.8087811	02:39	
0.8604501	654.948792	20.7115204	02:41	
0.79817463	607.54657	20.8120434	02:43	
0.73561466	559.927795	21.126877	02:47	
0.67365985	512.769653	21.3380278	02:49	
0.61084071	464.953613	22.1219552	02:57	
0.54834172	417.381256	23.7584354	03:15	
0.48596585	369.902618	25.0877227	03:30	
0.42389545	322.656494	26.4420227	03:48	
0.36156826	275.214905	27.8114341	04:08	
0.29927252	227.797256	29.1503992	04:31	
	P/P0	Q		
0.01297604	3.31377777			
0.03364759	4.91236203			
0.05432425	6.53985755			
0.07497371	7.06882748			
0.09562466	8.46875299			
0.11635094	8.98323953			
0.13708102	10.0062541			
0.15782873	11.0843159			
0.1783651	11.6681826			
0.19916293	12.3395292			
0.21971777	13.0456101			
0.24046432	13.5793776			
0.26122044	13.935707			
0.28191079	14.4821632			
0.30265817	14.8548638			
0.37860898	15.2824832			
0.4547349	15.8708064			
0.53100768	16.4090669			
0.60682808	16.9044959			
0.68261173	17.3771435			
0.75865473	18.0785345			
0.83480022	18.7587405			
0.9105916	19.5870575			
0.98666956	20.10827004			
0.92260209	20.8087811			
0.8604501	20.7115204			
0.79817463	20.8120434			
0.73561466	21.126877			
0.67365985	21.3380278			
	0.37	15	0.61084071	22.1219552
			0.54834172	23.7584354
			0.48596585	25.0877227
			0.42389545	26.4420227
			0.36156826	27.8114341
			0.29927252	29.1503992

superficie mesoporosa

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 231 Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
 Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Isotherm Linear Plot

BIOCHAR-PALTA-100 - Adsor BIOCHAR-PALTA-100 - Desor

Relative Press	Quantity Adsc	Relative Press	Quantity Adsc
0.01297604	3.31377777	0.9866956	21.0827004
0.03364759	4.91236203	0.92260209	20.8087811
0.05432425	6.53985755	0.8604501	20.7115204
0.07497371	7.06882748	0.79817463	20.8120434
0.09562466	8.46875299	0.73561466	21.126877
0.11635094	8.98323953	0.67365985	21.3380278
0.13708102	10.0062541	0.61084071	22.1219552
0.15782873	11.0843159	0.54834172	23.7584354
0.1783651	11.6681826	0.48596585	25.0877227
0.19916293	12.3395292	0.42389545	26.4420227
0.21971777	13.0456101	0.36156826	27.8114341
0.24046432	13.5793776	0.29927252	29.1503992
0.26122044	13.935707		
0.28191079	14.4821632		
0.30265817	14.8548638		
0.37860898	15.2824832		
0.4547349	15.8708064		
0.53100768	16.4090669		
0.60682808	16.9044959		
0.68261173	17.3771435		
0.75865473	18.0785345		
0.83480022	18.7587405		
0.9105916	19.5870575		
0.98666956	20.10827004		

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 231 Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
 Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BET Surface Area Report

BET Surface A 51.1049 ± 1.1104 m²/g

Slope: 0.080826 ± 0.001821 g/cm³ STP
 Y-Intercept: 0.004355 ± 0.000330 g/cm³ STP
 C: 19.558887
 Qm: 11.7396 cm³/g STP
 Correlation Cc 0.9967162
 Molecular Cro 0.1620 nm²

Relative Press Quantity Adsc 1/[Q(p⁰/p - 1)]

0.01297604	3.31377777	0.00396726
0.03364759	4.91236203	0.00708807
0.05432425	6.53985755	0.01248538
0.07497371	7.06882748	0.01465741
0.09562466	8.46875299	0.01587581
0.11635094	8.98323953	0.0169074
0.13708102	10.0062541	0.01860492
0.15782873	11.0843159	0.02015421
0.1783651	11.6681826	0.02158485
0.19916293	12.3395292	0.02231431
0.21971777	13.0456101	0.02331431
0.24046432	13.5793776	0.0253725
0.26122044	13.935707	0.02710815
0.28191079	14.4821632	0.02921716
0.30265817	14.8548638	

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 231 Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
 Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BET Surface Area Plot

BIOCHAR-PALTA-100

Relative Press	1/[Q(p ⁰ /p - 1)]
0.01297604	0.00396726
0.03364759	0.00708807
0.05432425	0.00878382
0.07497371	0.01146588
0.09562466	0.01248538
0.11635094	0.01465741
0.13708102	0.01587581
0.15782873	0.0169074
0.1783651	0.01860492
0.19916293	0.02015421
0.21971777	0.02158485
0.24046432	0.02231431
0.26122044	0.02331431
0.28191079	0.0253725
0.30265817	0.02710815

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 231 Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
 Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Langmuir Surface Area Report

Langmuir Surf 85.1646 ± 4.7044 m²/g
 Slope: 0.051115 ± 0.002824 g/cm³ STP
 Y-Intercept: 4.337060 ± 0.389687 mmHg g/cm³ STP
 b: 0.011786 1/mmHg
 Qm: 19.5637 cm³/g STP
 Correlation Cc 0.980738
 Molecular Cro 0.1620 nm²

Pressure (mm Quantity Adscp/Q (mmHg/cm³ STP)

9.87697124	3.31377777	2.98057744
25.611536	4.91236203	5.21369065
41.3499908	6.53985755	6.32276629
57.0677376	7.06882748	8.07315467
72.7866211	8.46875299	8.59472713
88.5628433	8.98323953	9.85867548
104.341957	10.0062541	10.4276414
120.134491	11.0843159	10.8382414
135.766159	11.6681826	11.6355874
151.596848	12.3395292	12.2854645
167.242569	13.0456101	12.819835
183.034225	13.5793776	13.4788376
198.83316	13.935707	14.2678919
214.582031	14.4821632	14.8169876
230.374313	14.8548638	15.5083423

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 231 Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
 Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Freundlich Tabular Report

Qm-C: 1.4218 ± 0.0474 cm³/g STP
 m: 2.4173 ± 0.0852
 Correlation Cc 0.986600

Absolute Pres	Quantity Adsc	log(p)	log(Q)
9.87697124	3.31377777	0.99462379	0.52032338
25.611536	4.91236203	1.40843563	0.69129037
41.3499908	6.53985755	1.61647542	0.81556829
57.0677376	7.06882748	1.75639066	0.84934738
72.7866211	8.46875299	1.86205156	0.92781947
88.5628433	8.98323953	1.94725155	0.95343298
104.341957	10.0062541	2.01845898	1.00027153
120.134491	11.0843159	2.07966771	1.04470889
135.766159	11.6681		

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 23i Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\... \SERGIO\001-704.SMP
 File: C:\... \SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
 Free Space Diff: 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Freundlich Plot

BIOCHAR-PALTA-100
 log(p) log(Q)
 0.99462379 0.52032338
 1.40843563 0.69129037
 1.61647542 0.81556829
 1.75639066 0.84934738
 1.86205156 0.92781947
 1.94725155 0.95343298
 2.01845898 1.00027153
 2.07966771 1.04470889
 2.13279153 1.06700322
 2.18069017 1.09129859
 2.22334683 1.11546439
 2.26253231 1.13287987
 2.29848882 1.14412901
 2.33159335 1.16083344
 2.36243405 1.17186867
 2.45967256 1.18419393
 2.53923994 1.20059899
 2.60658245 1.21508389
 2.66454733 1.22800223
 2.7156554 1.23997839
 2.76152582 1.25716322
 2.80306421 1.27320368
 2.84080529 1.2919692
 2.87565338 1.32392624

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 23i Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\... \SERGIO\001-704.SMP
 File: C:\... \SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis Adsoi N2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
 Free Space Diff: 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Temkin Tabular Report

q-alpha/Qm: 0.150703 ± 0.005696 kJ/mol·(cm³/g STP)
 A: 0.1235 ± 0.0264 1/mmHg
 Correlation Cc: 0.984648

Absolute Pres Quantity Adsc ln(p)
 9.87697124 3.31377777 2.29020591
 25.611536 4.91236203 3.24304288
 41.3499908 6.53985755 3.7220722
 57.0677376 7.06882748 4.04423894
 72.7866211 8.46875299 4.28753216
 88.5628433 8.98323953 4.48371239
 104.341957 10.0062541 4.64767355
 120.134491 11.0843159 4.78861187
 135.766159 11.6681826 4.91093399
 151.596848 12.3395292 5.02122468
 167.242569 13.0456101 5.11944527
 183.034225 13.5793776 5.20967316
 198.83316 13.935707 5.29246608
 214.582031 14.4821632 5.3686921
 230.374313 14.8548638 5.43970544
 288.185791 15.2824832 5.66360538
 346.130554 15.8708064 5.84681603
 404.187103 16.4090669 6.0018779
 461.899323 16.9044959 6.13534695
 519.583557 17.3771435 6.25302764
 577.46521 18.0785345 6.3586482
 635.424866 18.7587405 6.45429386
 693.11499 19.5870575 6.54119592
 751.023254 21.0827004 6.62143662

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 23i Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\... \SERGIO\001-704.SMP
 File: C:\... \SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
 Free Space Diff: 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Temkin Plot

BIOCHAR-PALTA-100
 ln(p) Quantity Adsorbed (cm³/g STP)
 2.29020591 3.31377777
 3.24304288 4.91236203
 3.7220722 6.53985755
 4.04423894 7.06882748
 4.28753216 8.46875299
 4.48371239 8.98323953
 4.64767355 10.0062541
 4.78861187 11.0843159
 4.91093399 11.6681826
 5.02122468 12.3395292
 5.11944527 13.0456101
 5.20967316 13.5793776
 5.29246608 13.935707
 5.3686921 14.4821632
 5.43970544 14.8548638
 5.66360538 15.2824832
 5.84681603 15.8708064
 6.0018779 16.4090669
 6.13534695 16.9044959
 6.25302764 17.3771435
 6.3586482 18.0785345
 6.45429386 18.7587405
 6.54119592 19.5870575
 6.62143662 21.0827004

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 2390 V1.02 (V: Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\... \SERGIO\001-704.SMP
 File: C:\... \SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
 Free Space Diff.: 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Type: Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

t-Plot Report

Micropore Volume: -0.014895 cm³/g
 Micropore Area: *
 External Surface Area: 77.1952 m²/g
 Slope: 49.906388 ± 2.024578 cm³/g·nm STP
 Y-Intercept: -9.629765 ± 0.871394 cm³/g STP
 Correlation Coefficient: 0.993481
 Surface Area Correction F 1.000
 Density Conversion Facto 0.0015468
 Total Surface Area (BET): 51.1049 m²/g
 Thickness Range: 0.35000 nm to 0.50000 nm
 Thickness Equation: Harkins and Jura

t = [13.99 / (0.034 - log(p/p⁰))] ^ 0.5

Relative Pressure (p/p⁰) Statistical Thic Quantity Adsorbed (cm³/g 5⁰)
 0.012976039 0.26987412 3.31377777
 0.033647591 0.30468116 4.91236203
 0.054324253 0.32817329 6.53985755
 0.07497371 0.34741622 7.06882748
 0.09562466 0.36442318 8.46875299
 0.11635094 0.38011899 8.98323953
 0.137081019 0.39491819 10.0062541
 0.157828729 0.40912314 11.0843159
 0.178365099 0.42277951 11.6681826
 0.199162935 0.43634178 12.3395292
 0.219717767 0.44958675 13.0456101
 0.240464324 0.46288074 13.5793776
 0.261220443 0.47617741 13.935707
 0.28191079 0.48949016 14.4821632
 0.302658169 0.50295322 14.8548638
 0.37860898 0.55400969 15.2824832
 0.454734898 0.60978309 15.8708064
 0.531007675 0.67297737 16.4090669
 0.606828084 0.74667019 16.9044959
 0.682611728 0.83672468 17.3771435
 0.758654733 0.95325871 18.0785345
 0.834800215 1.11555758 18.7587405
 0.910591597 1.36872838 19.5870575
 0.986669563 1.8741879 21.0827004

* The micropore area is not reported because either the micropore v

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 23i Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\... \SERGIO\001-704.SMP
 File: C:\... \SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
 Free Space Diff: 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Alpha-S Method

Primary Data
 4029- At least two fitted data points are needed for Alph
 4029- At least two fitted data points are needed for Alph

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 23i Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\... \SERGIO\001-704.SMP
 File: C:\... \SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis Adsoi N2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
 Free Space Diff: 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

F-Ratio Method

Primary Data
 A reference file has not been chosen.

Micromeritics Instrument Corporation
 Gemini VII 23i Unit 1 Serial #: 255 Page 1

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
 Operator: SE
 Submitter: C:\... \SERGIO\001-704.SMP
 File: C:\... \SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis Adsoi N2
 Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
 Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
 Free Space Diff: 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
 Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
 Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Adsorption Pore Distribution Report

Faas Correction
 Halsey
 t = 3.54 [-5 / ln(p/p⁰)] ^ 0.333

Diameter Ran 1.7000 nm to 300.0000 nm
 Adsorbate Prc 0.95300 nm
 Density Conve 0.0015468
 Fraction of Po 0.00

Pore Diamete	Average Diam	Incremental P	Cumulative P	Incremental P
146.5 - 22.4	24.9752914	0.00275166	0.00275166	0.44070176
22.4 - 12.1	14.316402	0.0014774	0.00422907	0.41278607
12.1 - 8.2	9.35800788	0.00125948	0.00548855	0.53835411
8.2 - 6.1	6.79731436	0.00136309	0.00685164	0.80213617
6.1 - 4.8	5.24231284	0.00087563	0.00772727	0.66812873
4.8 - 3.8	4.18805445	0.00095745	0.00868472	0.9144535
3.8 - 3.1	3.41406782	0.00107323	0.00975795	1.25742193
3.1 - 2.6	2.81432861	0.0011938	0.01095175	1.69674369
2.6 - 2.1	2.32759557	0.00072966	0.01168141	1.25393502
2.1 - 2.0	2.08889223	0.00090272	0.01258413	1.72860503
2.0 - 1.9	1.97987466	0.00137223	0.01395636	2.77235272
1.9 - 1.8	1.87430414	0.00080282	0.01475918	1.71332521
1.8 - 1.7	1.77155384	0.00128588	0.01604506	2.90339597

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Adsorption Cumulative Pore Volume (Larger)
Halsey : Faas Correction

BIOCHAR-PALTA-100	Pore Diamete	Pore Volume (cm ³ /g)
22.4248789	0.00275166	
12.1080023	0.00422907	
8.17030131	0.00548855	
6.07163551	0.00685164	
4.75292745	0.00772727	
3.83273208	0.00868472	
3.14107987	0.00975795	
2.59676009	0.01095175	
2.14756785	0.01168141	
0.44070176	0.01258413	
0.85348783	0.01395636	
1.39184194	0.01475918	
2.19397811	0.01604506	
2.86210684		
3.77656034		
5.03398227		
6.73072596		
7.98466098		
9.71326601		
12.4856187		
14.1989439		
17.1023399		

Cumulative Pr
0.44070176
0.85348783
1.39184194
2.19397811
2.86210684
3.77656034
5.03398227
6.73072596
7.98466098
9.71326601
12.4856187
14.1989439
17.1023399

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Adsorption dV/dD Pore Volume
Halsey : Faas Correction

BIOCHAR-PALTA-100	Pore Diamete	Pore Volume (cm ³ /g-nm)
24.9752914	2.2173E-05	
14.316402	0.0001432	
9.35800788	0.00031985	
6.79731436	0.0006495	
5.24231284	0.00066401	
4.18805445	0.00104048	
3.41406782	0.00155169	
2.81432861	0.00219319	
2.32759557	0.00162439	
2.08889223	0.00812153	
1.97987466	0.01281939	
1.87430414	0.00770984	
1.77155384	0.01268299	

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Adsorption dV/dlog(D) Pore Volume
Halsey : Faas Correction

BIOCHAR-PALTA-100	Pore Diamete	dV/dlog(D) Pore Volume (cm ³ /g-Å)
24.9752914	0.00337555	
14.316402	0.00551975	
9.35800788	0.00737252	
6.79731436	0.01057215	
5.24231284	0.00823395	
4.18805445	0.01024524	
3.41406782	0.01241742	
2.81432861	0.01444452	
2.32759557	0.00884602	
2.08889223	0.03911212	
1.97987466	0.05851636	
1.87430414	0.03331849	
1.77155384	0.05180929	

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Adsorption Cumulative Pore Area (Larger)
Halsey : Faas Correction

BIOCHAR-PALTA-100	Pore Diamete	Pore Area (m ² /g)
22.4248789	0.44070176	
12.1080023	0.85348783	
8.17030131	1.39184194	
6.07163551	2.19397811	
4.75292745	2.86210684	
3.83273208	3.77656034	
3.14107987	5.03398227	
2.59676009	6.73072596	
2.14756785	7.98466098	
0.44070176	9.71326601	
0.85348783	12.4856187	
1.39184194	14.1989439	
2.19397811	17.1023399	

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Adsorption dA/dD Pore Area
Halsey : Faas Correction

BIOCHAR-PALTA-100	Pore Diamete	Pore Area (m ² /g-nm)
24.9752914	0.00355124	
14.316402	0.04001076	
9.35800788	0.13671787	
6.79731436	0.38221244	
5.24231284	0.50665401	
4.18805445	0.99376017	
3.41406782	1.81799742	
2.81432861	3.11718172	
2.32759557	2.79153316	
2.08889223	15.5518402	
1.97987466	25.8993962	
1.87430414	16.4537636	
1.77155384	28.6369856	

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Adsorption dA/dlog(D) Pore Area
Halsey : Faas Correction

BIOCHAR-PALTA-100	Pore Diamete	dA/dlog(D) Pore Area (m ² /g-Å)
24.9752914	0.54062193	
14.316402	1.5422168	
9.35800788	3.15132106	
6.79731436	6.22137098	
5.24231284	6.28268208	
4.18805445	9.7851991	
3.41406782	14.5485303	
2.81432861	20.5299714	
2.32759557	15.2019887	
2.08889223	74.8954358	
1.97987466	118.222346	
1.87430414	71.1058369	
1.77155384	116.980436	

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmH
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Desorption Pore Distribution Report
Halsey : Faas Correction

BIOCHAR-PALTA-100	Pore Diamete	Average Diam	Incremental P	Cumulative Pc
24.9752914	0.54062193			
14.316402	1.5422168			
9.35800788	3.15132106			
6.79731436	6.22137098			
5.24231284	6.28268208			
4.18805445	9.7851991			
3.41406782	14.5485303			
2.81432861	20.5299714			
2.32759557	15.2019887			
2.08889223	74.8954358			
1.97987466	118.222346			
1.87430414	71.1058369			
1.77155384	116.980436			

t = 3.54 [-5 / ln(p/p^{*})] ^ 0.333

Diameter Ran 1.7000 nm to 300.0000 nm
Adsorbate Prc 0.95300 nm
Density Conve 0.0015468
Fraction of Po 0.00

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Desorption dV/dD Pore Volume
Halsey : Faas Correction

BIOCHAR-PALTA-100
Pore Diamete Pore Volume (cm³/g.nm)
29.7764282 4.2784E-06
17.5435906 1.5353E-05

Incremental P Cumulative Pc
0.06934251 0.06934251
0.04026948 0.10961199

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

BJH Desorption dV/dlog(D) Pore Volume
Halsey : Faas Correction

BIOCHAR-PALTA-100
Pore Diamete dV/dlog(D) Pore Volume (cm³/g.Å)
29.7764282 0.00069282
17.5435906 0.00071281

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Horvath-Kawazoe Report

Slit Pore Geometry (Original H-K)

Maximum Por 0.032611 cm³/g
at Relative Prt 0.986669563
Median Pore 1 2.0870 nm
Relative Press 1.298e-02 to 9.867e-01

Diameter of A 0.3000 nm
Diameter of A 0.2574 nm
Diameter of S 0.3040 nm
Diameter of S 0.2609 nm
Interaction Pa 3.49e-43 erg.cm⁴

Density Conve 0.0015468

Absolute Pres Relative Press Quantity Adsc Pore Width (n Cumulative Pc Differential Pc
9.87697124 0.01297604 3.31377777 1.069496 0.00512575 0.00479268
25.611536 0.03364759 4.91236203 1.29722164 0.00759844 0.0108582
41.3499908 0.05432425 6.53985755 1.46647076 0.01011585 0.01487399
57.0677376 0.07497371 7.06882748 1.61501326 0.01093406 0.00550826
72.7866211 0.09562466 8.46875299 1.75318222 0.01309947 0.01567215
88.5628433 0.11635094 8.98323953 1.88689906 0.01389528 0.00595144
104.341957 0.13708102 10.0062541 2.0205439 0.01547767 0.01184033
120.134491 0.15782873 11.0843159 2.1530429 0.01714522 0.01258535
135.766159 0.1783651 11.6681826 2.28572322 0.01804835 0.00680678
151.596848 0.19916293 12.3395292 2.42038883 0.01908678 0.00771124
167.242569 0.21971777 13.0456101 2.55933266 0.02017895 0.00786049
183.034225 0.24046432 13.5793776 2.70249929 0.02100458 0.00576693
198.83316 0.26122044 13.935707 2.85282426 0.02155575 0.00366652
214.582031 0.28191079 14.4821632 3.00750865 0.02240101 0.00546441
230.374313 0.30265817 14.8548638 3.16646106 0.0229775 0.00362683
288.185791 0.37860898 15.2824832 3.82931912 0.02363895 0.00099786
346.130554 0.4547349 15.8708064 4.65598295 0.02454896 0.00110083
404.187103 0.53100768 16.4090669 5.71245932 0.02538155 0.00078807
461.899323 0.60682808 16.9044959 7.15640955 0.02614787 0.00053072
519.583557 0.68261173 17.3771435 9.26770545 0.02687897 0.00034628
577.46521 0.75865473 18.0785345 12.7135194 0.02796388 0.00031485
635.424866 0.83480022 18.7587405 19.2222791 0.02901602 0.00016165
693.11499 0.9105916 19.5870575 36.7959303 0.03029726 7.2907E-05
751.023254 0.98666956 21.0827004 240.845547 0.03261072 1.1338E-05

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Horvath-Kawazoe Cumulative Pore Volume Plot
Slit Pore Geometry (Original H-K)

BIOCHAR-PALTA-100
Pore Width (n Pore Volume (cm³/g)

1.069496 0.00512575
1.29722164 0.00759844
1.46647076 0.01011585
1.61501326 0.01093406
1.75318222 0.01309947
1.88689906 0.01389528
2.0205439 0.01547767
2.1530429 0.01714522
2.28572322 0.01804835
2.42038883 0.01908678
2.55933266 0.02017895
2.70249929 0.02100458
2.85282426 0.02155575
3.00750865 0.02240101
3.16646106 0.0229775
3.82931912 0.02363895
4.65598295 0.02454896
5.71245932 0.02538155
7.15640955 0.02614787
9.26770545 0.02687897
12.7135194 0.02796388
19.2222791 0.02901602
36.7959303 0.03029726
240.845547 0.03261072

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Horvath-Kawazoe Differential Pore Volume Plot
Slit Pore Geometry (Original H-K)

BIOCHAR-PALTA-100
Pore Width (n dV/dw (cm³/g.nm)

1.069496 0.00479268
1.29722164 0.0108582
1.46647076 0.01487399
1.61501326 0.00550826
1.75318222 0.01567215
1.88689906 0.00595144
2.0205439 0.01184033
2.1530429 0.01258535
2.28572322 0.00680678
2.42038883 0.00771124
2.55933266 0.00786049
2.70249929 0.00576693
2.85282426 0.00366652
3.00750865 0.00546441
3.16646106 0.00362683
3.82931912 0.00099786
4.65598295 0.00110083
5.71245932 0.00078807
7.15640955 0.00053072
9.26770545 0.00034628
12.7135194 0.00031485
19.2222791 0.00016165
36.7959303 7.2907E-05
240.845547 1.1338E-05

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis AdsoiN2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
Free Space Dil 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

DFT Surface Energy Reports

Primary Data
4071- The selected pressures points do not form a valid s

Sample:
Operator:
Submitter:
File:

Started:
Completed:
Report Time:
Free Space Dil
Free Space Ty
Evac. Rate:

Comments: 100 °C

Options Repor

Analysis Condi

Preparation

Evacuation rat

Evacuation tin

Free Space

Free-space tyf

p* and Tempe

p* and T type:

p*:

Temperature:

Analysis Meth

Analysis Mode

Equilibration t

Degas Conditio

Sample Prep:

1

Adsorptive: Pc

Adsorptive:

Maximum ma

Non-ideality fi

Density conve

Molecular cro

BIOCHAR-PALTA-100
SE

C:\...\SERGIO\001-704.SMP

16/03/2022 2 Analysis Adsoi N2
16/03/2022 7 Equilibration 15 s
16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

10 °C

rt

itions

500.0 mmHg/min
6.00 min

Measured

ature

Entered p* value. Entered temperature val
761.170 mmHg
77.300 K

od

Equilibration
5 s

ons

Temperature	Ramp Rate (% Time (min)
150	10 120

roperties

Nitrogen
1050.00 mmHg
0.0000620
0.0015468
0.162 nm²

Sample: BIOCHAR-PALTA-100
Operator: SE
Submitter:
File: C:\...\SERGIO\001-704.SMP

Started: 16/03/2022 2 Analysis Adsoi N2
Completed: 16/03/2022 7 Equilibration 15 s
Report Time: 16/03/2022 7 Sat. Pressure: 761.170 mmHg
Free Space Dii 0.2320 cm³ Sample Mass: 0.0448 g
Free Space Ty Measured Sample Densit 1.000 g/cm³
Evac. Rate: 500.0 mmHg/ Gemini Model 2390 t

Comments: 100 °C

Sample Log Report

Date	Time	Message
16/03/2022	2:48:37p.m.	Analysis Started - Serial #: 255.
16/03/2022	7:21:28p.m.	Analysis Done - Serial #: 255.

Anexo 7: Espectros FTIR del biochar



INFORME DE ENSAYOS

CIQTOBIA N°002-2022-LTM

SOLICITANTE : Jhimy Castro Pantoja

PRODUCTO DECLARADO : Muestras de Biochar

NÚMERO DE MUESTRAS : 1

CANTIDAD RECIBIDA : 250 g

MARCA : sin marca

FORMA DE PRESENTACIÓN : Bolsa de plástico

MUESTREADO POR : Muestra proporcionada por el solicitante.

FECHA DE RECEPCIÓN : 18 de febrero del 2022

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO: 03 de marzo del 2022

ENSAYOS SOLICITADOS : Análisis Espectroscopia infrarroja

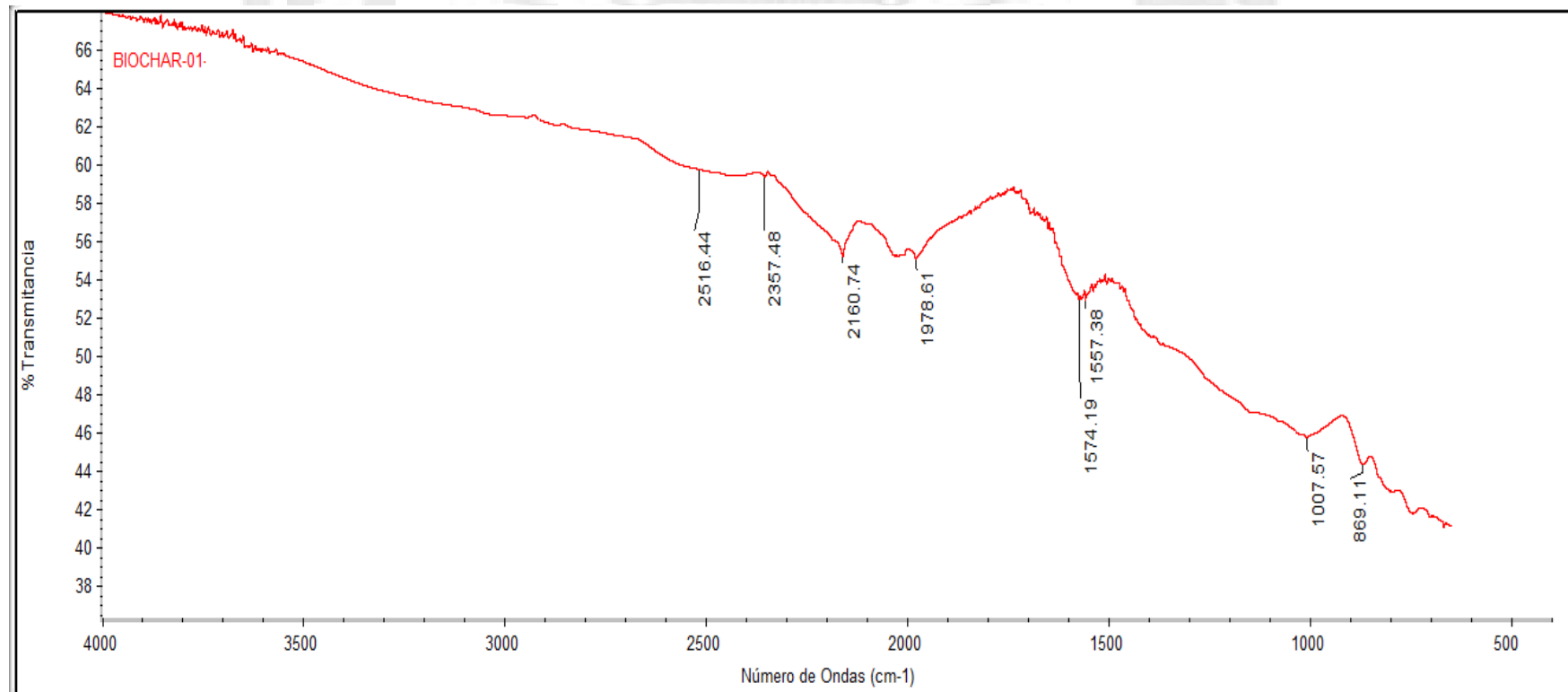
ENSAYO	RESULTADO
Espectroscopia infrarroja (FTIR) Con 150 Scan en un rango de 4000 a 650 nm.	Tiene una similitud con Cigatte tobacco

Observaciones: El análisis mediante FTIR- ATR permite caracterizar la estructura química mediante la identificación de los grupos funcionales presentes en la muestra. Así mismo, los resultados obtenidos son por la comparación de la librería del Omnic del Nicolet iS10.

Atentamente:



FIGURA 1: Espectro Infrarrojo con Transformada de Fourier (FT-IR – ATR) de BIOCHAR

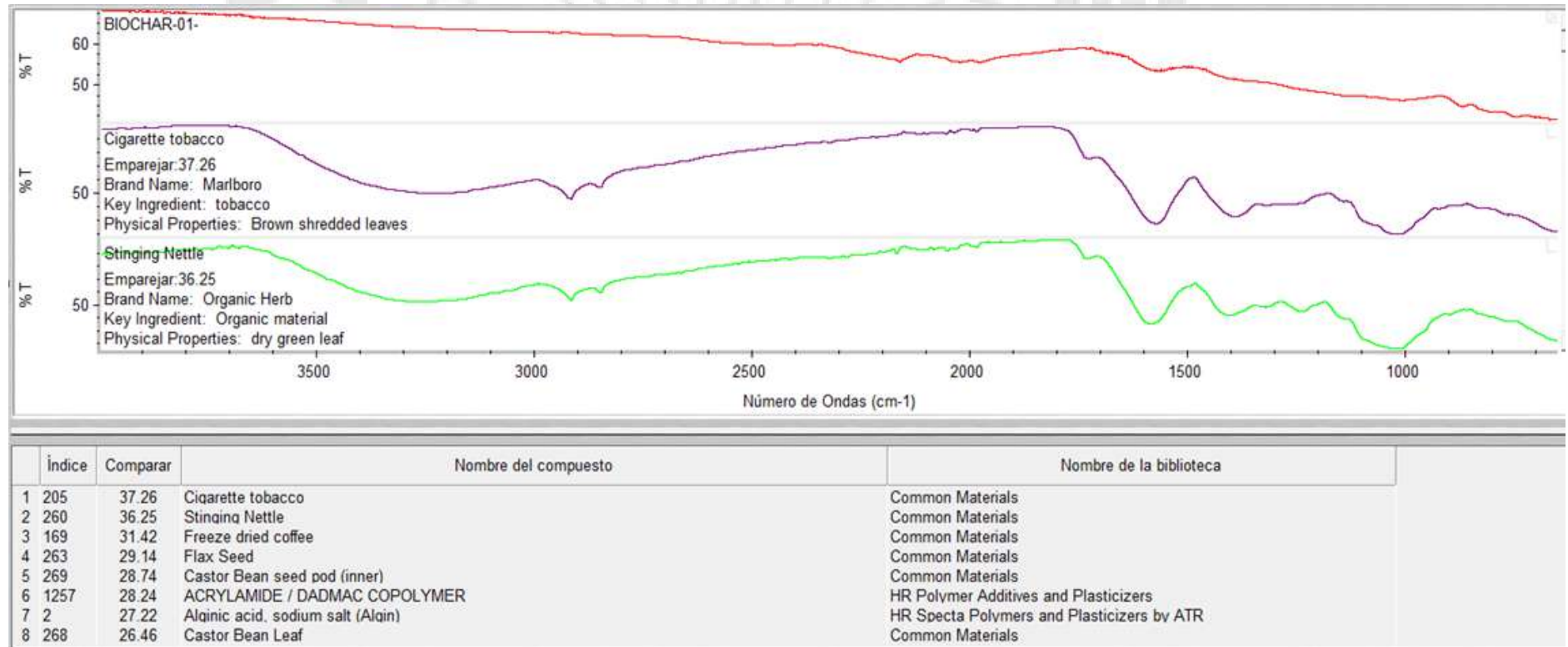




UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
CENTRO DE INVESTIGACION EN QUÍMICA, TOXICOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL (CIQTOBIA)



FIGURA 2: Espectro Infrarrojo con Transformada de Fourier (FT-IR – ATR) de BIOCHAR comparación con la librería omnic.



Anexo 8: Caracterización del suelo orgánico y abono orgánico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : COOPERACIÓN ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERÚ

Departamento : PUNO
 Distrito : VILQUE
 Referencia : H.R. 75742-151C-21

Fact.: 8252

Provincia : PUNO
 Predio :
 Fecha : 20/12/2021

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ mg/Kg	M.O. mg/Kg	P mg/Kg	K mg/Kg	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
12810	SO-01	7.31	0.37	9540.00	25900.00	12.2	90.0	60	27	13	Fr.A.	13.76	11.96	1.28	0.27	0.25	0.00	13.76	13.76	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Número de Muestra		N mg/Kg
Lab.	Claves	
12810	SO-01	600.00





INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : COOPERACIÓN ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ
EN EL PERÚ

PROCEDENCIA : PUNO/ PUNO/ VILQUE

MUESTRA DE : ABONO ORGÁNICO

REFERENCIA : H.R. 75745

FACTURA : 8252

FECHA : 03/12/2021

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. ppm	N ppm	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm
548	AB-01	8.01	5.03	486700.00	16800.00	7527.44	3946.38

Nº LAB	CLAVES	CaO ppm	MgO ppm	Hd %	Na ppm	Pb ppm
548	AB-01	26810.00	7598.50	27.58	1150.00	9.68

Nº LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
548	AB-01	5450	17	65	598	19

Anexo 9: Contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y cianuro total del relave minero y suelo orgánico

INFORME DE ENSAYO N° 218132 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
 Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
 Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
 Referencia : Cotización N° 4888-21
 Proyecto : REMEDYCHAR
 Procedencia : Vilque , Puno
 Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestras : 2
 Producto : Suelos
 Fecha de Recepción : 16/11/2021
 Fecha de Ensayo : 16/11/2021 al 02/12/2021
 Fecha de Emisión : 02/12/2021

I. Resultados

Código de Laboratorio	218132-01	218132-02
Código del Cliente	RE-01	SO-1
Fecha de Muestreo	14/11/2021	14/11/2021
Hora de Muestreo (h)	15:00	15:15
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0362728 N:8251371	E:0362571 N:8251357
Tipo de Producto	Lodo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Instrumental					
Mercurio (CVAA - FIMS) (Peso Seco)	mg/Kg PS	0,05	1,00	<1,00	1,13
Metales (ICP-AES) (Peso Seco)					
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	4 177	11 328
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	193,4	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	323,6	<5,93
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	55,62	101,8
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	1,15	0,19
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	15,94	2,45
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	10 486	4 456
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	18,25	23,89
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	82,33	9,45

Legenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución cuantificable, "(y)" = Limite de Detección de Método,

": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 218132 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	218132-01	218132-02
Código del Cliente	RE-01	SO-1
Fecha de Muestreo	14/11/2021	14/11/2021
Hora de Muestreo (h)	15:00	15:15
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0362728 N:8251371	E:0362571 N:8251357
Tipo de Producto	Lodo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	1 182	41,04
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	8,42	13,10
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	37,98	19,52
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	131,9	696,2
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	80 013	17 910
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	<3,08	20,09
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	2 430	6 516
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	1 502	478,5
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	21,25	7,02
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	8,21	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	464,6	15,52
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	856,2	1 192
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	476,5	860,4
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	2 580	145,9
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	131,4	340,7
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	36,51	37,83
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	267,3	57,22

Leyenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución cuantificable, "(y)" = Limite de Detección de Método,

"-": No analizado

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Mercurio (CVAA - FIMS) (Peso Seco)	EPA Method 7471 B Rev.2 2007	Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)
Metales (ICP-AES) (Peso Seco)	EPA Method 200.7 Rev 4.4. 1994 // EPA Method 3050-B Rev 02. 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ICP-OES // Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils

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

III. Observaciones

Los Resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

IV. Procedimiento de Muestreo

PM-OPE-01 Requisitos generales de muestreo

PM-OPE-07 Muestreo de suelos, lodo y sedimentos

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 218132-I CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Referencia : Cotización N° 4888-21
Proyecto : REMEDYCHAR
Procedencia : VILQUE, PUNO
Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
Cantidad de Muestras : 2
Producto : SUELOS
Fecha de Recepción : 16/11/2021
Fecha de Ensayo : 16/11/2021 al 02/12/2021
Fecha de Emisión : 02/12/2021

I. Resultados

Código de Laboratorio	218132-01	218132-02
Código del Cliente	RE-01	SO-1
Fecha de Muestreo	14/11/2021	14/11/2021
Hora de Muestreo (h)	15:00	15:15
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0362728 N:8251371	E:0362571 N:8251357
Tipo de Producto	Lodo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Cianuro Total	mg/Kg PS	NA	0,1	454,6	<0,1

Legenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución cuantificable, "(y)" = Limite de Detección de Método, "-": No analizado

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Físico Químico		
Cianuro Total	EPA Method 9013A-Rev.2 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁻ C, E, 23 rd Ed. 2017	Cyanide extraction procedure for solids and oils / Cyanide - Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method

EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

III. Observaciones

Los Resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

IV. Procedimiento de Muestreo

PM-OPE-01 Requisitos generales de muestreo

PM-OPE-07 Muestreo de suelos, lodo y sedimentos

Los resultados presentados corresponden a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del Informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de pericabilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítem de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

Anexo 10: Contenido de metales (Hg, As, Pb y Cd) y cianuro total en el tejido vegetal del *Stipa ichu* proveniente del área de esquejes en el área de referencia

**INFORME DE ENSAYO N° 156735-2021
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL	: COOPERACIÓN ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERÚ
DOMICILIO LEGAL	: AV. PROLONGACIÓN ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES - MIRAFLORES - LIMA
SOLICITADO POR	: JHIMY BRAYAN CASTRO PANTOJA
REFERENCIA	: DETERMINACIÓN DE METALES TOTALES Y CIANURO TOTAL EN TEJIDO VEGETAL (RAÍCES Y TALLOS)
PROCEDECENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	: 2021-11-26
FECHA(S) DE ANÁLISIS	: 2021-11-26 AL 2021-12-09
FECHA(S) DE MUESTREO	: 2021-11-14
MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
*Cianuro Total	EPA 9013A. Cyanide Extraction procedure for Solids and Oils: 2004 / APHA, AWWA, WEF 4500-CN-F	0.18 ^(a)	mg/kg
Total Metals (In Vegetable Tissues): Aluminum (Al), Antimony (Sb), Arsenic (As), Barium (Ba), Beryllium (Be), Cadmium (Cd), Calcium (Ca), Chromium (Cr) Cobalt (Co), Copper (Cu), Iron (Fe), Lead (Pb), Lithium (Li), Magnesium (Mg) Manganese (Mn), Mercury (Hg), Molybdenum (Mo) Nickel (Ni), Phosphorus (P), Potassium (K), Selenium (Se), Silver (Ag), Sodium (Na), Strontium (Sr), Thallium (Tl), Uranium (U), Vanadium (V), Zinc (Zn).	EPA Method 200.3, Rev. 1, April, 1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version 1994.	---	mg/Kg

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Hojas y Tallo	Raíz
Matriz analizada	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Fecha de muestreo	2021-11-14	2021-11-14
Hora de inicio de muestreo (h)	16:15	16:15
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	ICH-01	ICH-01
Código del Laboratorio	21112237	21112238
Ensayo	Unidades	Resultados
*Cianuro Total	mg/kg	<0.18 <0.18

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el Organismo Internacional de Acreditación IAS.

**INFORME DE ENSAYO N° 156735-2021
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Rojas y Tallo	Raíz
Matriz analizada		Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Fecha de muestreo		2021-11-14	2021-11-14
Hora de inicio de muestreo (h)		16:15	16:15
Condiciones de la muestra		Conservada	Conservada
Código del Cliente		ICH-01	ICH-01
Código del Laboratorio		21112239	21112240
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados
Metales totales			
Silver / Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08
Aluminium / Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	111.9
Arsenic / Arsénico (As)	0.1	mg/kg	1.4
Boron / Boro (B)	0.2	mg/kg	8.2
Barium / Bario (Ba)	0.2	mg/kg	30.5
Beryllium / Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03
Calcium / Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	2391.2
Cadmium / Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	<0.05
Cerium / Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	0.5
Cobalt / Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	0.35
Chromium / Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	0.38
Copper / Cobre (Cu)	0.08	mg/kg	10.23
Iron / Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	448.8
Mercury / Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Potassium / Potasio (K)	3.8	mg/kg	522.7
Lithium / Litio (Li)	0.3	mg/kg	<0.3
Magnesium / Magnesio (Mg)	3.1	mg/kg	222.5
Manganese / Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	14.19
Molybdenum / Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2
Sodium / Sodio (Na)	2.2	mg/kg	109.2
Nickel / Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	0.30
Phosphorus / Fósforo (P)	0.3	mg/kg	175.2
Lead / Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	4.47
Antimony / Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	<0.2
Selenium / Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Tin / Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.4
Strontium / Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	11.1
Titanium / Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	5.03
Tellurium / Teluro (Te)	0.3	mg/kg	<0.3
Vanadium / Vanadio (V)	0.06	mg/kg	0.41
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	7.7
Uranium / Uranio (U)	0.7	mg/kg	<0.7

L.D.M.: Límite de detección del método

Lima, 09 de Diciembre del 2021.

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Ciorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 2

Anexo 11: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total luego de 5 días de estabilización del top soil en las celdas del relave minero

INFORME DE ENSAYO N° 220396 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Referencia : Cotización N° 00152-22
Proyecto : REMEDYCHAR
Procedencia : VILQUE - PUNO
Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
Cantidad de Muestras : 8
Producto : Suelos
Fecha de Recepción : 22/01/2022
Fecha de Ensayo : 22/01/2022 al 02/02/2022
Fecha de Emisión : 04/02/2022

I. Resultados

Código de Laboratorio	220396-01	220396-02	220396-03
Código del Cliente	T5	T6	T7
Fecha de Muestreo	23/12/2021	23/12/2021	23/12/2021
Hora de Muestreo (h)	06:00	06:30	06:45
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0362728 N:8251371	E:0362728 N:8251372	E:0362728 N:8251373
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales (ICP-AES) (Peso Seco)						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,26	10 827	10 644	11 042
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	34,21	32,82	29,76
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	312,8	295,1	215,4
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	2,68	2,56	2,45
Calcio	mg/Kg PS	1,48	2,31	4 612	4 287	5 196
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,39	21,27	22,09	21,80
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	13,64	11,82	12,75
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	159,3	120,8	145,4
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	9,31	9,79	9,87

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)" = Resolución cuantificable, "(y)" = Límite de Detección de Método.

": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 220396 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio				220396-01	220396-02	220396-03
Código del Cliente				T5	T6	T7
Fecha de Muestreo				23/12/2021	23/12/2021	23/12/2021
Hora de Muestreo (h)				06:00	06:30	06:45
Ubicación Geográfica (WGS 84)				E:0362728 N:8251371	E:0362728 N:8251372	E:0362728 N:8251373
Tipo de Producto				Suelo	Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	28,53	28,85	29,33
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	527,1	521,2	558,2
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	19 670	19 161	19 394
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	7,49	8,23	5,79
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,08	4 539	4 295	4 508
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	554,8	530,4	574,1
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	11,18	10,70	11,15
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	22,15	25,64	19,11
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 129	1 288	1 419
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,82	0,96	307,3	296,5	317,3
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	309,9	179,6	243,9
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	375,7	363,8	397,8
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	33,68	36,63	36,41
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	72,55	74,41	68,44

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)" = Resolución cuantificable, "(y)" = Límite de Detección de Método.

"-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 220396 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	220396-04	220396-05	220396-06
Código del Cliente	T8	T9	T10
Fecha de Muestreo	23/12/2021	23/12/2021	23/12/2021
Hora de Muestreo (h)	07:00	07:30	07:45
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0962729 N:8251373	E:0962728 N:8251374	E:0962728 N:8251375
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales (ICP-AES) (Peso Seco)						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	10 686	11 052	10 421
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	30,76	28,26	35,38
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	264,4	214,9	287,2
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	2,46	2,29	2,53
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 504	4 432	4 616
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	21,10	21,68	21,39
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	11,74	11,84	12,63
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	148,9	108,1	183,3
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	9,30	9,80	9,03
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	28,42	26,53	28,67
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	538,1	484,9	521,8
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	19 006	16 635	19 377
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	7,75	8,35	7,15
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	4 481	4 489	4 414
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	537,1	498,7	528,1
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,53	10,99	11,10
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	21,33	15,23	34,26
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 424	1 384	1 464
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	338,4	332,0	296,6
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	237,4	194,5	263,9
Teluro	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	377,1	400,3	361,9
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	34,59	36,46	34,81
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	70,21	65,85	70,55

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. Indicado, "(2)"=Resolución cuantificable, "(L)" = Límite de Detección de Método.

*: No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 220396 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	220396-07	220396-08
Código del Cliente	T11	T12
Fecha de Muestreo	23/12/2021	23/12/2021
Hora de Muestreo (h)	08:00	08:30
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0362726 N:8251376	E:0362728 N:8251377
Tipo de Producto	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Instrumental					
Metales (ICP-AES) (Peso Seco)					
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	10 809	10 408
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	33,91	33,90
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	283,1	278,7
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	2,46	2,52
Calcio	mg/Kg PS	1,48	2,31	4 338	4 908
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	21,32	20,81
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,28	11,18	13,62
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	129,1	189,9
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	9,28	9,52
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	28,45	31,70
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	522,0	631,6
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	19 357	18 169
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	8,65	5,17
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	4 526	4 458
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	515,1	529,2
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12
Níquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,51	12,35
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,67	1,61	21,21	22,69
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 548	1 591
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	306,9	323,7
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	166,0	271,9
Taio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,06	0,19	372,1	353,6
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	34,78	33,65
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	66,21	72,34

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(2)"=Resolución cuantificable, "(y)" = Límite de Detección de Método.
"-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N°220396 CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Metales (ICP-AES) (Peso Seco)	EPA Method 200.7 Rev 4.4. 1994 // EPA Method 3050-B Rev 02. 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ICP-OES // Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils

EPA: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

III. Observaciones

Los Resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

IV. Procedimiento de Muestreo

PM-OPE-01 Requisitos generales de muestreo

PM-OPE-07 Muestreo de suelos, lodo y sedimentos

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de validez del Informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de preservación de la muestra está en función e lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibida la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente Informe de ensayo solicite información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 220396-I CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Referencia : Colización N° 00152-22
Proyecto : REMEDYCHAR
Procedencia : VILQUE - PUNO
Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
Cantidad de Muestras : 8
Producto : SUELOS
Fecha de Recepción : 22/01/2022
Fecha de Ensayo : 22/01/2022 al 02/02/2022
Fecha de Emisión : 04/02/2022

I. Resultados

Código de Laboratorio		220396-01	220396-02	220396-03
Código del Cliente		T5	T6	T7
Fecha de Muestreo		23/12/2021	23/12/2021	23/12/2021
Hora de Muestreo (h)		09:00	06:30	06:45
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:0362728 N:8251371	E:0362728 N:8251372	E:0362728 N:8251373
Tipo de Producto		Suelo	Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Físico Químico				
Total Cianide	mg/Kg PS	0,03	0,1	0,7 0,8 1,2

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(2)"=Resolución cuantificable, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

Código de Laboratorio		220396-04	220396-05	220396-06
Código del Cliente		T8	T9	T10
Fecha de Muestreo		23/12/2021	23/12/2021	23/12/2021
Hora de Muestreo (h)		07:00	07:30	07:45
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:0362729 N:8251373	E:0362728 N:8251374	E:0362728 N:8251375
Tipo de Producto		Suelo	Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Físico Químico				
Total Cianide	mg/Kg PS	0,03	0,1	1,3 0,9 2,0

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(2)"=Resolución cuantificable, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 220396-I CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio		220396-07	220396-08		
Código del Cliente		T11	T12		
Fecha de Muestreo		23/12/2021	23/12/2021		
Hora de Muestreo (h)		08:00	08:30		
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:0362728 N:8251376	E:0362728 N:8251377		
Tipo de Producto		Suelo	Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Total Cianido	mg/Kg PS	0,03	0,1	1,8	5,5

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "[2]"=Resolución cuantificable, "[y]"= Límite de Detección de Método, "-": No analizado

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Físico Químico		
Total Cianido	EPA Method 8013A Revision 2 July 2014, // SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁺ C, E, 23rd Ed. 2017	Cyanide Extraction Procedure for solids and oils. // Cyanide, Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.

EPA : U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

III. Observaciones

Los Resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

IV. Procedimiento de Muestreo

PM-OPE-01 Requisitos generales de muestreo

PM-OPE-07 Muestreo de suelos, lodo y sedimentos

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra se da en esta cédula desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de preservabilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras cómo se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo contactar información al correo info@envirotest.com.pe
















FIN DEL INFORME















Anexo 12: Resultados de la medición de pH in situ a los 30, 60 y 90 días en los tratamientos experimentales
















Medición de pH in situ				
Tratamientos	30 días	60 días	90 días	% Variación de pH
T0	5,99	7,27	6,53	9,02%
T1	6,02	7,2	7,02	16,61%
T2	6	7,11	6,66	11,00%
T3	6	7,19	6,61	10,17%
T4	6,04	6,9	6,59	9,11%
T5	6,68	7,83	7,77	16,32%
T6	6,52	7,91	7,52	15,34%
T7	6,69	7,89	7,51	12,26%
T8	6,63	7,61	7,22	8,90%
T9	6,69	7,85	7,55	12,86%
T10	6,57	7,82	7,38	12,33%
T11	6,79	7,72	7,34	8,10%
T12	6,36	7,75	7,43	16,82%
















Anexo 13: Supervivencia y desarrollo vegetal de los tratamientos experimentales a los 30, 60 y 90 días

Fotografías de unidades experimentales – 30 días (22/01/2022)

<p>T0R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T1R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T2R1: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T0R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T1R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T0R3: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T1R3: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R3: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T0R4: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T1R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T0R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T1R5: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
















<p>T3R1: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T4R1: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T5R1: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T3R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T4R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T5R2: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T3R3: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T4R3: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T5R3: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>	
<p>T3R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T4R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T5R4: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>	
<p>T3R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T4R5: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T5R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	

<p>T6R1: Planta viva con presencia de 2 brotes verdes.</p>		<p>T7R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T8R1: Planta viva con la mayoría de brotes muertos. Presencia de 2 brotes verdes.</p>	
<p>T6R2: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>		<p>T7R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T8R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	
<p>T6R3: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T7R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T8R3: Planta viva con la mayoría de brotes muertos. Presencia de 2 brotes verdes.</p>	
<p>T6R4: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T7R4: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T8R4: Planta viva con la mayoría de brotes muertos. Presencia de pocos brotes verdes.</p>	
<p>T6R5: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T7R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T8R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	
















<p>T9R1: Planta viva con la mayoría de brotes muertos. Presencia de 2 brotes verdes.</p>		<p>T10R1: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R1: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T9R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T9R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R3: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T9R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T10R4: Planta viva con la mayoría de brotes muertos. Presencia de pocos brotes verdes.</p>		<p>T11R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T9R5: Planta viva con la mayoría de brotes muertos. Presencia de 2 brotes verdes.</p>		<p>T10R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R5: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
















<p>T12R1: Planta viva con varios brotes verdes</p>					
<p>T12R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>					
<p>T12R3: Planta viva con varios brotes verdes</p>					
<p>T12R4: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>					
<p>T12R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>					






Fotografías de unidades experimentales – 60 días (21/02/2022)

<p>T0R1: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T1R1: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R1: Planta viva con muchos brotes verdes</p>	
<p>T0R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T1R2: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T2R2: Planta viva con muchos brotes verdes</p>	
<p>T0R3: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T1R3: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R3: Planta viva con muchos brotes verdes</p>	
<p>T0R4: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T1R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T0R5: Planta viva con brotes</p>		<p>T1R5: Planta viva con muchos brotes verdes</p>		<p>T2R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	















<p>T3R1: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T4R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T5R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T3R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T4R2: Planta viva con muchos brotes verdes</p>		<p>T5R2: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T3R3: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T4R3: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T5R3: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>	
<p>T3R4: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T4R4: Planta viva con muchos brotes verdes</p>		<p>T5R4: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>	
<p>T3R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T4R5: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T5R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	



<p>T6R1: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T7R1: Planta viva con muy pocos brotes verdes (4 brotes verdes)</p>		<p>T8R1: Planta viva con muy pocos brotes verdes (1 brote vivo)</p>	
<p>T6R2: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>		<p>T7R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T8R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	
<p>T6R3: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T7R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T8R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	
<p>T6R4: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T7R4: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T8R4: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	
<p>T6R5: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T7R5: Planta viva con muy pocos brotes verdes (3 brotes vivos)</p>		<p>T8R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	
















<p>T9R1: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R1: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T9R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R2: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T9R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R3: Planta con totalidad de brotes muertos</p>	
<p>T9R4: Planta con pocos brotes verdes</p>		<p>T10R4: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>		<p>T11R4: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T9R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
















<p>T12R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>					
<p>T12R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>					
<p>T12R3: Planta viva con muy pocos brotes verdes (4 brotes)</p>					
<p>T12R4: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>					
<p>T12R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>					





Fotografías de unidades experimentales – 90 días (23/03/2022)

<p>T0R1: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T1R1: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R1: Planta viva con muchos brotes verdes</p>	
<p>T0R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T1R2: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R2: Planta viva con muchos brotes verdes</p>	
<p>T0R3: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T1R3: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R3: Planta viva con muchos brotes verdes</p>	
<p>T0R4: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T1R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T2R4: Planta viva con varios brotes verdes</p>	
<p>T0R5: Planta viva con pocos brotes verdes. Presencia de inflorescencia</p>		<p>T1R5: Planta viva con muchos brotes verdes</p>		<p>T2R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	

<p>T3R1: Planta viva con varios brotes verdes. Presencia de inflorescencia</p>		<p>T4R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T5R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T3R2: Planta viva con varios brotes verdes. Presencia de inflorescencia</p>		<p>T4R2: Planta viva con muchos brotes verdes</p>		<p>T5R2: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T3R3: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T4R3: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T5R3: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>	
<p>T3R4: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T4R4: Planta viva con muchos brotes verdes</p>		<p>T5R4: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>	
<p>T3R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T4R5: Planta viva con varios brotes verdes</p>		<p>T5R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	

<p>T6R1: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T7R1: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T8R1: Planta viva con muy pocos brotes verdes (1 brote vivo)</p>	
<p>T6R2: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>		<p>T7R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T8R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	
<p>T6R3: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T7R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T8R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	
<p>T6R4: Planta viva con pocos brotes verdes</p>		<p>T7R4: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T8R4: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	
<p>T6R5: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T7R5: Planta viva con muy pocos brotes verdes</p>		<p>T8R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>	

<p>T9R1: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R1: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T9R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R2: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T9R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R3: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R3: Planta con totalidad de brotes muertos</p>	
<p>T9R4: Planta con pocos brotes verdes</p>		<p>T10R4: Planta con la totalidad de sus brotes muertos</p>		<p>T11R4: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	
<p>T9R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T10R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>		<p>T11R5: Planta viva con pocos brotes verdes</p>	

<p>T12R1: Planta viva con pocos brotes verdes</p>					
<p>T12R2: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>					
<p>T12R3: Planta viva con la totalidad de brotes muertos</p>					
<p>T12R4: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>					
<p>T12R5: Planta con la totalidad de brotes muertos</p>					

Anexo 14: Diámetro y altura de las plantas de los tratamientos experimentales a los 30, 60 y 90 días, y peso a los 90 días

Medición del diámetro y altura de las plantas			
Tratamientos	30 días	60 días	90 días
Diámetro promedio (cm)			
T0	8,733	8,6685	8,35235
T1	7,2885	7,395	7,74775
T2	6,956	6,72	8,815
T3	7,4495	6,9145	7,98805
T4	6,5115	6,6955	7,0971
Altura promedio (cm)			
T0	13,25	16,78	19,16
T1	15,64	19,24	22,68
T2	17,46	21,66	23,46
T3	14,63	20,66	22,92
T4	16,32	20,32	23,34

Tratamiento	Peso fresco total (g)	Peso seco total (g)	Peso seco radicular (g)	Peso seco aéreo (g)
T0R1	5	0,86	0,07	0,79
T0R2	34	10,52	1,55	8,97
T0R3	10	2,38	0,85	1,53
T0R4	28	9,05	1,28	7,77
T0R5	13	2,58	0,47	2,11
T1R1	14	3,89	0,86	3,03
T1R2	13	3,34	0,94	2,4
T1R3	24	9,28	1,72	7,56
T1R4	34	10,22	2,33	7,89
T1R5	67	19,18	3,87	15,31
T2R1	63	18,63	4,05	14,58
T2R2	37	10,18	1,6	8,58
T2R3	59	20,16	3,55	16,61
T2R4	32	8,71	2,21	6,5
T2R5	16	3,84	0,73	3,11
T3R1	60	20,6	3,76	16,84
T3R2	21	6,56	0,95	5,61
T3R3	26	9,49	3,82	5,67
T3R4	6	1,43	0,28	1,15
T3R5	11	3,96	0,8	3,16
T4R1	34	10,17	2,03	8,14
T4R2	36	12,49	2,74	9,75
T4R3	19	5,04	0,91	4,13
T4R4	64	19,07	2,46	16,61
T4R5	25	7,78	1,4	6,38

Anexo 15: Caracterización de los tratamientos experimentales a los 90 días



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ
EN EL PERU

PROCEDENCIA : PUNO/ PUNO/ VILQUE

REFERENCIA : H.R. 76665

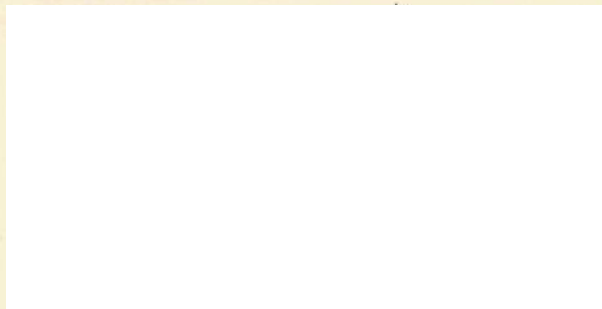
BOLETA : 8698

FECHA : 26/05/2022

Lab	CLAVES	pH (1:1)	CE _(1:1) dS/m	M.O. %	D.A. g/cc	D.R. g/cc	Porosidad %	CIC meq/ 100g
546	T5	7.49	2.14	0.53	1.16	2.52	53.97	8.00
547	T6	7.54	2.04	1.33	1.05	2.50	58.00	8.32
548	T7	7.58	3.28	1.92	1.02	2.42	57.85	9.28
549	T8	7.67	1.77	1.86	1.01	2.43	58.44	8.80
550	T9	7.72	1.96	1.66	1.01	2.53	60.08	9.60
551	T10	7.81	1.65	1.06	1.04	2.45	57.55	9.92
552	T11	7.90	1.18	0.27	1.01	2.48	59.27	9.60
553	T12	7.49	0.10	2.72	1.05	2.52	58.33	9.92

Metodologías empleadas:

- pH ó reacción del suelo: Medición en el potenciómetro de la suspensión de suelo:agua en relación 1:1.
- Conductividad Eléctrica: Medición del contenido de sales solubles del extracto acuoso en la relación suelo: agua ó en el extracto de la pasta de saturación.
- Materia orgánica: Método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
- Densidad Aparente: Método del cilindro de metal. Método alternativo: Terrón con parafina.
- Densidad Real: Método del picnómetro.
- Porosidad: Determinar densidad aparente y densidad real. $\% P = (1 - D_{ap} / D_r) * 100$.
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Saturación del complejo arcillo-húmico con acetato de amonio, y posterior destilación del nitrógeno por Kjeldahl.





INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU

PROCEDENCIA : PUNO/ PUNO/ VILQUE

REFERENCIA : H.R. 76641

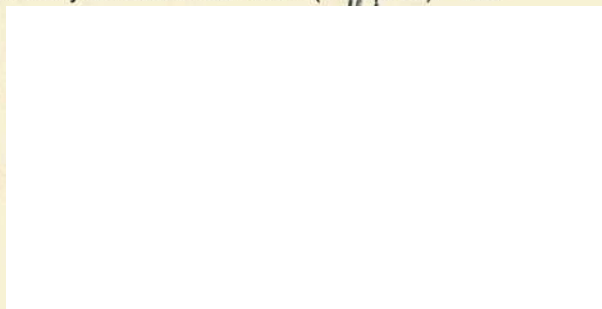
FACTURA : 8672

FECHA : 12/05/2022

Lab	Número Muestra	D.A. g/cc	D.R. g/cc	Porosidad %
	Claves			
531	T0	1.20	2.59	53.67
532	T1	1.13	2.49	54.62
533	T2	1.08	2.48	56.45
534	T3	1.05	2.51	58.17
535	T4	1.16	2.49	53.41

Metodologías empleadas:

- Densidad Aparente: Método del cilindro de metal. Método alternativo: Terrón con parafina.
- Densidad Real: Método del picnómetro.
- Porosidad: Determinar densidad aparente y densidad real. $\% P = (1 - D_{ap} / D_r) * 100$.





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ
EN EL PERU

PROCEDENCIA : PUNO/ PUNO/ VILQUE

REFERENCIA : H.R. 76640

BOLETA : 8672

FECHA : 04/05/2022

Lab	CLAVES	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
			meq/100g							
506	T0R1	10.24	8.38	1.25	0.31	0.30	0.00	10.24	10.24	100
507	T0R2	9.6	8.03	1.07	0.27	0.23	0.00	9.60	9.60	100
508	T0R3	9.76	8.16	1.10	0.28	0.22	0.00	9.76	9.76	100
509	T0R4	9.12	7.48	1.10	0.28	0.26	0.00	9.12	9.12	100
510	T0R5	9.12	7.43	1.15	0.27	0.27	0.00	9.12	9.12	100
511	T1R1	9.92	8.10	1.12	0.53	0.17	0.00	9.92	9.92	100
512	T1R2	9.6	7.72	1.17	0.56	0.16	0.00	9.60	9.60	100
513	T1R3	10.08	8.11	1.10	0.60	0.27	0.00	10.08	10.08	100
514	T1R4	9.6	7.73	1.15	0.51	0.21	0.00	9.60	9.60	100
515	T1R5	9.28	7.47	1.17	0.49	0.15	0.00	9.28	9.28	100
516	T2R1	9.92	7.60	1.22	0.80	0.30	0.00	9.92	9.92	100
517	T2R2	9.92	7.64	1.35	0.75	0.17	0.00	9.92	9.92	100
518	T2R3	10.08	8.04	1.27	0.62	0.15	0.00	10.08	10.08	100
519	T2R4	10.24	8.23	1.30	0.57	0.14	0.00	10.24	10.24	100
520	T2R5	10.56	8.30	1.37	0.72	0.17	0.00	10.56	10.56	100
521	T3R1	10.24	7.86	1.46	0.78	0.13	0.00	10.24	10.24	100
522	T3R2	10.4	8.23	1.15	0.80	0.22	0.00	10.40	10.40	100
523	T3R3	9.92	7.73	1.28	0.76	0.14	0.00	9.92	9.92	100
524	T3R4	10.08	7.84	1.23	0.81	0.19	0.00	10.08	10.08	100
525	T3R5	11.2	8.96	1.23	0.81	0.19	0.00	11.20	11.20	100
526	T4R1	11.52	8.43	2.30	0.59	0.20	0.00	11.52	11.52	100
527	T4R2	11.52	8.65	1.83	0.82	0.23	0.00	11.52	11.52	100
528	T4R3	11.2	8.69	1.71	0.59	0.21	0.00	11.20	11.20	100
529	T4R4	11.84	8.71	2.09	0.84	0.20	0.00	11.84	11.84	100
530	T4R5	11.2	8.68	1.60	0.72	0.20	0.00	11.20	11.20	100



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ
EN EL PERU

PROCEDENCIA : PUNO/ PUNO/ VILQUE

REFERENCIA : H.R. 76640

BOLETA : 8672

FECHA : 04/05/2022

Lab	CLAVES	pH (1:1)	CE _(1:1) dS/m	N mg/Kg	M.O. %	P mg/Kg	K mg/Kg	Nitrógeno nítrico ppm	Nitrógeno amoniaco ppm	Carbono orgánico %
506	T0R1	7.29	0.65	600.00	0.91	440.7	1390	0.72	2.24	0.53
507	T0R2	7.38	0.41	700.00	0.78	476.1	1960	0.42	0.00	0.45
508	T0R3	7.34	0.37	700.00	0.78	549.5	1380	0.45	0.00	0.45
509	T0R4	7.38	0.39	700.00	0.65	497.8	2135	0.58	0.00	0.38
510	T0R5	7.34	0.40	700.00	0.98	493.7	1515	0.29	0.00	0.57
511	T1R1	7.29	0.56	1000.00	1.11	485.6	1310	0.05	0.00	0.64
512	T1R2	7.38	0.48	800.00	0.91	506.0	1430	0.23	0.00	0.53
513	T1R3	7.25	0.58	800.00	0.98	516.9	1480	0.89	0.00	0.57
514	T1R4	7.38	0.50	800.00	1.11	484.2	1525	0.30	0.00	0.64
515	T1R5	7.43	0.57	900.00	0.98	497.8	1910	0.13	0.00	0.57
516	T2R1	7.52	0.49	800.00	1.63	427.1	1510	0.43	0.00	0.95
517	T2R2	7.47	0.55	1000.00	1.24	492.4	1095	0.03	0.00	0.72
518	T2R3	7.38	0.48	900.00	1.17	492.4	1065	0.71	0.00	0.68
519	T2R4	7.34	0.48	1000.00	0.98	195.9	975	0.88	0.00	0.57
520	T2R5	7.38	0.66	1000.00	1.30	473.3	1610	1.02	0.00	0.75
521	T3R1	7.43	0.70	1100.00	1.95	488.3	1580	2.11	0.00	1.13
522	T3R2	7.47	0.70	1000.00	1.30	263.9	1415	0.39	0.00	0.75
523	T3R3	7.52	0.83	1100.00	1.43	563.1	1775	1.15	0.00	0.83
524	T3R4	7.43	1.21	1000.00	1.30	557.7	1635	0.16	0.00	0.75
525	T3R5	7.34	0.92	1100.00	1.56	565.8	1240	1.20	0.00	0.90
526	T4R1	7.07	0.63	1300.00	2.21	495.1	1290	2.74	0.00	1.28
527	T4R2	7.12	0.66	1400.00	2.41	549.5	1620	3.50	0.00	1.40
528	T4R3	7.16	0.37	1200.00	1.89	555.0	1230	2.12	0.00	1.10
529	T4R4	7.21	0.85	1500.00	2.21	489.7	1375	3.04	0.00	1.28
530	T4R5	7.25	0.99	1300.00	2.28	535.9	1290	3.34	0.00	1.32



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



Metodologías empleadas:

- pH ó reacción del suelo: Medición en el potenciómetro de la suspensión de suelo:agua en relación 1:1.
- Conductividad Eléctrica: Medición del contenido de sales solubles del extracto acuoso en la relación suelo: agua ó en el extracto de la pasta de saturación.
- Nitrógeno total: Método de Kjeldahl.
- Materia orgánica: Método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio.
- Fósforo disponible: Método de Olsen modificado, extracción con NaHCO_3 0.5N, pH 8.5.
- Potasio disponible: Extracción con acetato de amonio y lectura por espectrofotometría de absorción atómica.
- Nitrógeno amoniacal: Extracción del amonio con cloruro de potasio y luego se titula por el Método Kjeldahl.
- Nitrógeno nítrico: Digestión de la muestra y posterior lectura con ácido sulfosalicílico.
- Carbono orgánico: Método de Walkley y Black.
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Saturación del complejo arcillo-húmico con acetato de amonio, y posterior destilación del nitrógeno por Kjeldahl.
- Cationes cambiabiles (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+): Reemplazo de los cationes adsorbidos con el acetato de amonio y pos posterior cuantificación de los cationes por espectrofotometría de absorción atómica.
- Cationes $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$: Método de Yuan, extracción con KCl 1N.



Anexo 16: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el top soil de los tratamientos experimentales a los 90 días

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
 Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
 Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
 Referencia : Cotización N°1269-22R01
 Proyecto : REMEDYCHAR
 Procedencia : VILQUE - PUNO
 Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestras : 40
 Producto : Suelos
 Fecha de Recepción : 09/04/2022
 Fecha de Ensayo : 09/04/2022 al 27/04/2022
 Fecha de Emisión : 27/04/2022

I. Resultados

Código de Laboratorio	222286-01	222286-02	222286-03
Código del Cliente	T5 R1	T5 R2	T5 R3
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	06:00	06:10	06:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362702 N:8251381	E:362722 N:8251355	E:362721 N:8251337
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 776	9 436	9 021
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	27,36	27,56	38,65
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	287,2	232,4	455,7
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,75	1,51	2,03
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 368	4 881	4 759
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	22,36	22,80	21,23
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	13,84	12,16	17,19
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	203,8	162,9	317,9
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	11,16	10,44	10,26
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,16	27,58	24,54	31,38

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método. "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio				222286-01	222286-02	222286-03
Código del Cliente				T5 R1	T5 R2	T5 R3
Fecha de Muestreo				23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)				06:00	06:10	06:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)				E:362702 N:8251381	E:362722 N:8251355	E:362721 N:8251337
Tipo de Producto				Suelo	Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	395,0	371,2	222,3
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	19 350	18 255	21 504
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	13,62	14,58	10,70
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	7 129	7 178	6 768
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	543,2	524,8	545,7
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,49	9,64	11,27
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	22,72	20,59	34,71
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	969,9	999,7	952,8
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	326,1	300,6	299,6
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	443,6	369,7	809,3
Telio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	373,9	362,8	347,6
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	41,40	41,16	38,61
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	72,40	68,13	77,22

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)" = Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-04	222286-05	222286-06
Código del Cliente	T5 R4	T5 R5	T6 R1
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	06:30	06:40	06:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362711 N:8251327	E:362697 N:8251328	E:362727 N:8251367
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 210	9 202	9 637
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	33,33	40,44	25,29
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	436,4	515,5	283,1
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,95	2,25	1,56
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 696	4 796	4 352
Ceño	mg/Kg PS	0,25	0,33	22,42	22,36	20,85
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	15,01	16,95	12,39
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	244,2	311,6	131,2
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,06	10,30	10,51	10,45
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	31,06	32,65	27,38
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	356,6	260,7	390,7
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	21 141	24 331	19 070
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,06	12,29	11,63	11,35
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	6 874	6 686	6 777
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	560,4	578,7	552,8
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,50	11,04	9,57
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	34,51	38,05	21,98
Polacio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 069	1 037	1 299
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	269,7	215,2	275,6
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	585,3	770,6	342,4
Telio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,06	0,19	368,4	347,1	404,3
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	39,85	39,76	42,76
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	79,44	81,19	69,66

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método. "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)" = Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "*": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-07	222286-08	222286-09
Código del Cliente	T6 R2	T6 R3	T6 R4
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	07:00	07:10	07:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362722 N:8251353	E:362717 N:8251338	E:362709 N:8251326
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	8 136	9 462	10 048
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	33,82	33,71	30,81
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	467,6	502,1	413,1
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,95	2,07	1,89
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 537	4 527	4 441
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	23,03	21,44	22,09
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	14,14	15,94	14,25
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	212,8	239,4	190,0
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,46	10,50	10,93
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	32,22	34,19	31,82
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	404,9	377,5	398,9
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	20 643	22 280	21 291
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	12,57	11,58	13,76
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	7 054	6 603	7 031
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	546,4	604,3	573,9
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,19	10,87	10,55
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	36,72	36,13	30,19
Polasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 343	1 160	1 425
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	300,3	224,4	215,4
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	431,3	663,4	473,6
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	358,9	426,0	400,6
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	42,60	40,92	42,36
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	81,73	85,00	83,75

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(2)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "N": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-10	222286-11	222286-12
Código del Cliente	T6 R5	T7 R1	T7 R2
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	07:30	07:40	07:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362896 N:8251328	E:362724 N:8251364	E:362721 N:8251351
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Materiales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 833	9 817	9 065
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	28,91	29,93	33,35
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	340,2	405,5	481,1
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,84	1,81	1,91
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 270	4 639	4 985
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	22,83	21,83	19,63
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	14,63	14,08	15,15
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	185,6	208,4	349,7
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,52	10,43	9,72
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	29,24	31,86	32,35
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	401,1	401,7	385,3
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	20 477	21 420	22 136
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	13,34	13,38	11,56
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	6 990	6 929	6 751
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	588,8	577,8	552,8
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,51	10,45	11,72
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,67	1,61	27,73	27,03	28,06
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 254	1 395	1 289
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	194,6	171,8	181,3
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	484,9	576,3	1 002
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	360,0	388,9	329,9
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	40,32	41,90	39,07
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	85,60	77,55	74,04

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio		222286-13	222286-14	222286-15
Código del Cliente		77 R3	T7 R4	T7 R5
Fecha de Muestreo		23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)		08:00	08:10	08:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:362716 N:8251337	E:362708 N:8251325	E:362694 N:8251330
Tipo de Producto		Suelo	Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Instrumental				
Metalos en Suelos, Sedimentos y Lodos				
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 290
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	26,33
Berio	mg/Kg PS	0,34	0,62	364,0
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,73
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 512
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	21,08
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	13,46
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	245,4
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,49
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,16	30,06
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	379,3
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	19 985
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	12,29
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	7 043
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	530,0
Molibdenc	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,26
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	25,03
Polasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 282
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	190,3
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	455,3
Taio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	420,8
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	41,27
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	72,07

Legenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. Indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Limite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-16	222286-17	222286-18
Código del Cliente	T8 R1	T8 R2	T8 R3
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	08:30	08:40	08:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362725 N:8251362	E:362722 N:8251349	E:362715 N:8251335
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 465	9 896	9 670
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	29,64	35,60	29,37
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	420,8	525,3	372,4
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,94	2,00	1,65
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 858	4 537	4 677
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	22,42	21,04	21,15
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	14,73	14,19	12,85
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	236,8	264,1	200,6
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,80	10,41	10,37
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	32,28	33,58	30,18
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	484,9	367,4	358,4
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	21 156	22 773	20 647
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,06	12,10	13,30	13,80
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	6 920	6 979	6 908
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	595,9	573,7	529,9
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,83	10,59	9,88
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	37,59	42,38	24,14
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 369	1 306	1 360
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	298,5	288,1	313,9
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	521,7	515,0	358,7
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,06	0,19	376,4	351,0	347,4
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	42,67	40,67	41,31
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	85,31	80,00	70,08

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. Indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-19	222286-20	222286-21
Código del Cliente	T8 R4	T8 R5	T9 R1
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	09:00	09:10	09:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362705 N:8251326	E:362692 N:8251332	E:362724 N:8251361
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 348	9 086	9 570
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	32,31	35,68	29,68
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	420,1	464,1	350,3
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,82	2,03	1,70
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 673	4 797	4 722
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	20,44	20,85	20,71
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	13,36	14,28	12,86
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	226,7	287,4	295,9
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,06	10,13	10,33	10,37
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	30,96	31,79	27,92
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	378,21	387,32	356,20
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	20 525	21 791	20 899
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,06	13,28	12,78	14,39
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	6 702	6 920	7 153
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	536,9	564,7	533,9
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,05	10,42	10,91
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,67	1,61	29,50	36,04	23,38
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 577	1 433	1 228
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	260,4	198,5	354,4
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	472,5	586,6	666,7
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	350,6	344,8	369,3
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	40,87	39,74	41,00
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	72,94	82,09	72,59

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método. "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado. "(z)" = Resolución del equipo. "(y)" = Límite de Detección de Método. "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-22	222286-23	222286-24
Código del Cliente	T9 R2	T9 R3	T9 R4
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	09:30	09:40	09:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362720 N:8251348	E:362714 N:8251334	E:362702 N:8251327
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 354	9 880	9 822
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	28,78	27,86	26,79
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	366,3	324,8	255,8
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,65	1,73	1,57
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 646	4 148	4 321
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	20,65	20,78	22,13
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	13,23	13,07	12,22
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	409,8	212,6	160,5
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,24	10,25	11,13
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	28,61	26,83	25,41
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	355,9	337,3	345,5
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	20 604	20 727	19 952
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	13,11	15,16	15,01
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	6 784	6 979	7 615
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	495,9	537,3	518,6
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	11,16	10,52	10,02
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Piomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	24,12	22,63	20,38
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 341	1 365	1 377
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	218,1	329,1	325,7
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	1 051	453,0	429,0
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	366,9	384,6	395,3
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	40,72	42,28	43,95
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	70,24	71,85	67,09

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método. "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado. "(z)"=Resolución del equipo. "(y)" = Límite de Detección de Método. "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-25	222286-26	222286-27
Código del Cliente	T9 R5	T 10 R1	T 10 R2
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	10:00	10:10	10:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362690 N:8251333	E:362724 N:8251350	E:362719 N:8251345
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 407	9 986	9 274
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	28,40	28,74	28,90
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	381,9	327,7	437,1
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,76	1,68	1,88
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 369	4 520	4 633
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	21,00	21,75	21,56
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	14,50	13,63	14,94
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	279,5	177,2	253,5
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,15	10,39	10,34
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	28,33	28,62	29,97
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	348,2	341,1	291,8
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	21 031	21 232	21 567
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	14,02	14,31	13,98
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	6 946	7 307	6 980
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	535,7	570,3	587,0
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	11,11	10,17	11,48
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,67	1,61	26,48	24,62	30,43
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 256	1 357	1 179
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	258,3	316,9	250,2
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	807,6	519,8	806,1
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	366,3	384,0	358,5
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	40,83	41,00	40,04
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	70,34	74,60	79,51

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)" = Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-26	222286-29	222286-30
Código del Cliente	T 10 R3	T 10 R4	T 10 R5
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	10:30	10:40	10:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362714 N:8251331	E:362701 N:8251328	E:362689 N:8251333
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 310	8 945	9 306
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	28,70	36,05	29,78
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	460,9	495,2	371,7
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,77	1,65	1,63
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 689	4 585	4 319
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	18,27	19,27	20,28
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	13,31	16,15	13,83
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	266,4	238,3	236,3
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,06	9,83	10,22	10,38
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	30,37	31,29	28,30
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	316,1	285,6	324,2
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	21 488	21 934	20 181
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	13,71	12,92	12,79
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	7 294	6 510	7 334
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	557,5	569,2	523,6
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	9,85	10,72	10,23
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	28,77	38,61	26,27
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 318	1 325	1 293
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	261,5	239,3	206,2
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	552,4	584,4	614,3
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	356,5	372,3	367,1
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	38,71	39,75	40,22
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	72,86	81,31	74,69

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que al L.C.M. o L.D.M. indicado, "(2)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-31	222286-32	222286-33
Código del Cliente	T 11 R1	T 11 R2	T 11 R3
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	11:00	11:10	11:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362721 N:8251357	E:362719 N:8251343	E:362711 N:8251330
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelo, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 283	9 057	8 910
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	29,46	30,60	31,97
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	316,78	318,51	399,43
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,66	1,63	1,60
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 045	4 016	4 370
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	20,19	19,82	19,38
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	12,67	11,57	12,96
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	222,7	189,2	218,3
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,38	9,98	9,75
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,15	26,43	26,84	28,90
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	376,35	390,57	368,05
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	19 818	19 798	21 272
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	12,64	12,63	14,78
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	7 035	6 939	6 821
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	541,8	522,9	559,4
Molibdano	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,39	9,44	9,78
Pirola	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	23,20	31,88	28,24
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 328	1 328	1 260
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	196,2	193,2	225,3
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	459,5	332,1	387,6
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	367,3	349,3	344,2
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	39,94	39,50	38,62
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	69,78	69,74	73,40

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"= Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "*": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-34	222286-35	222286-36
Código del Cliente	T 11 R4	T 11 R5	T 12 R1
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	11:30	11:40	11:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362699 N:8251329	E:362686 N:8251334	E:362723 N:8251357
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelo, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 378	6 884	9 634
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	32,08	32,50	29,34
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	416,7	500,2	381,6
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,77	1,81	1,61
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 328	4 085	4 656
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	20,03	19,16	20,00
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	13,40	14,70	12,00
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	226,1	254,5	235,3
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	9,85	9,82	10,15
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	29,33	30,26	30,82
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	368,7	294,4	406,8
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	21 760	22 059	20 900
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	14,92	13,32	14,62
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	6 838	6 503	7 038
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	559,4	541,8	545,4
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	9,97	10,61	9,74
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	24,58	31,85	24,36
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 268	1 262	1 291
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	232,02	215,9	210,9
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	394,7	400,9	410,8
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	355,48	351,55	359,00
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	39,24	38,76	40,52
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	69,84	73,10	69,00

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(2)" = Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-37	222286-38	222286-39
Código del Cliente	T 12 R2	T 12 R3	T 12 R4
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	12:00	12:10	12:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362718 N:8251341	E:362712 N:8251329	E:362699 N:8251328
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	9 526	8 556	8 856
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	27,83	24,92	30,30
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	315,5	231,4	412,8
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,57	1,38	1,74
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	4 888	4 268	5 116
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	18,36	18,60	18,72
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	11,78	11,02	12,30
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	325,7	291,0	383,6
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,26	9,09	9,52
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,16	30,61	25,84	32,95
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	366,0	364,5	284,3
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	20 378	18 141	20 837
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	12,47	12,43	12,02
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	7 329	7 053	6 893
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	550,1	558,9	599,3
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,02	9,59	10,39
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	20,80	16,75	31,45
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 317	1 240	1 209
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	211,7	247,6	196,3
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	635,9	416,9	685,1
Taio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,06	0,19	385,4	323,8	337,7
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	40,32	36,66	38,24
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	70,10	67,01	78,29

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. Indicado, "(z)" = Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método.

": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-40
Código del Cliente	T 12 R5
Fecha de Muestreo	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	12:30
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362685 N:8251335
Tipo de Producto	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Instrumental				
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos				
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	8 803
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	29,98
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	344,5
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,63
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	5 028
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	18,82
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	12,29
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	425,2
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	9,89
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	31,33
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	225,1
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	20 197
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	11,80
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	6 747
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	563,7
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	10,68
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	26,14
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 211
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	198,6
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	766,2
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	361,4
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	38,17
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	76,14

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)" = Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "∞": No analizado

INFORME DE ENSAYO N°222286 CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos	EPA Method 200.7 Rev 4.4. 1994 // EPA Method 3050-B Rev 02. 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ICP-OES // Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils

EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

III. Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de validez de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rigi desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 222286-I CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Referencia : Cotización N° 1269-22R01
Proyecto : REMEDYCHAR
Procedencia : VILQUE - PUNO
Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
Cantidad de Muestras : 40
Producto : SUELOS
Fecha de Recepción : 09/04/2022
Fecha de Ensayo : 09/04/2022 al 27/04/2022
Fecha de Emisión : 27/04/2022

I. Resultados

Código de Laboratorio	222286-01	222286-02	222286-03
Código del Cliente	T5 R1	T5 R2	T5 R3
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	06:00	06:10	06:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362702 N:8251381	E:362722 N:8251355	E:362721 N:8251337
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Físico Químico						
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	<0,1	<0,1	6,7

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-04	222286-05	222286-06
Código del Cliente	T5 R4	T5 R5	T6 R1
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	06:30	06:40	06:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362711 N:8251327	E:362697 N:8251328	E:362727 N:8251367
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Físico Químico						
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	<0,1	135,5	64,9

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286-I CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-07		222286-08	222286-09
Código del Cliente	T6 R2		T6 R3	T6 R4
Fecha de Muestreo	23/03/2022		23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	07:00		07:10	07:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362722 N:8251353		E:362717 N:8251338	E:362709 N:8251326
Tipo de Producto	Suelo		Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	98,9	9,0

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-10		222286-11	222286-12
Código del Cliente	T6 R5		T7 R1	T7 R2
Fecha de Muestreo	23/03/2022		23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	07:30		07:40	07:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362696 N:8251328		E:362724 N:8251364	E:362721 N:8251351
Tipo de Producto	Suelo		Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	47,2	52,5

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-13		222286-14	222286-15
Código del Cliente	T7 R3		T7 R4	T7 R5
Fecha de Muestreo	23/03/2022		23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	08:00		08:10	08:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362716 N:8251337		E:362708 N:8251325	E:362694 N:8251330
Tipo de Producto	Suelo		Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	111,6	138,9

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-16		222286-17	222286-18
Código del Cliente	T8 R1		T8 R2	T8 R3
Fecha de Muestreo	23/03/2022		23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	08:30		08:40	08:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362725 N:8251362		E:362722 N:8251349	E:362715 N:8251335
Tipo de Producto	Suelo		Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	115,7	5,8

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286-I CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-19			222286-20			222286-21		
Código del Cliente	T8 R4			T8 R5			T9 R1		
Fecha de Muestreo	23/03/2022			23/03/2022			23/03/2022		
Hora de Muestreo (h)	09:00			09:10			09:20		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362705			E:362692			E:362724		
	N:8251326			N:8251332			N:8251361		
Tipo de Producto	Suelo			Suelo			Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados					
Laboratorio Físico Químico									
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	66,5		80,1		67,4	

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-22			222286-23			222286-24		
Código del Cliente	T9 R2			T9 R3			T9 R4		
Fecha de Muestreo	23/03/2022			23/03/2022			23/03/2022		
Hora de Muestreo (h)	09:30			09:40			09:50		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362720			E:362714			E:362702		
	N:8251348			N:8251334			N:8251327		
Tipo de Producto	Suelo			Suelo			Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados					
Laboratorio Físico Químico									
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	245,5		97,9		41,2	

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-25			222286-26			222286-27		
Código del Cliente	T9 R5			T 10 R1			T 10 R2		
Fecha de Muestreo	23/03/2022			23/03/2022			23/03/2022		
Hora de Muestreo (h)	10:00			10:10			10:20		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362690			E:362724			E:362719		
	N:8251333			N:8251360			N:8251345		
Tipo de Producto	Suelo			Suelo			Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados					
Laboratorio Físico Químico									
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	15,3		73,7		183,9	

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-28			222286-29			222286-30		
Código del Cliente	T 10 R3			T 10 R4			T 10 R5		
Fecha de Muestreo	23/03/2022			23/03/2022			23/03/2022		
Hora de Muestreo (h)	10:30			10:40			10:50		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362714			E:362701			E:362689		
	N:8251331			N:8251328			N:8251333		
Tipo de Producto	Suelo			Suelo			Suelo		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados					
Laboratorio Físico Químico									
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	219,3		69,3		3,6	

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222286-I CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222286-31			222286-32	222286-33
Código del Cliente	T 11 R1			T 11 R2	T 11 R3
Fecha de Muestreo	23/03/2022			23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	11:00			11:10	11:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362721 N:8251357			E:362719 N:8251343	E:362711 N:8251330
Tipo de Producto	Suelo			Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	86,0	81,2 104,4

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método,"-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-34			222286-35	222286-36
Código del Cliente	T 11 R4			T 11 R5	T 12 R1
Fecha de Muestreo	23/03/2022			23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	11:30			11:40	11:50
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362699 N:8251329			E:362686 N:8251334	E:362723 N:8251357
Tipo de Producto	Suelo			Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	72,3	71,9 2,1

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método,"-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-37			222286-38	222286-39
Código del Cliente	T 12 R2			T 12 R3	T 12 R4
Fecha de Muestreo	23/03/2022			23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	12:00			12:10	12:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362718 N:8251341			E:362712 N:8251329	E:362699 N:8251328
Tipo de Producto	Suelo			Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados	
Laboratorio Físico Químico					
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	4,9	57,7 160,4

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método,"-": No analizado

Código de Laboratorio	222286-40			
Código del Cliente	T 12 R5			
Fecha de Muestreo	23/03/2022			
Hora de Muestreo (h)	12:30			
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362685 N:8251335			
Tipo de Producto	Suelo			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Físico Químico				
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	87,1

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método,"-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N°222286-I CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Físico Químico		
Total Cyanide	EPA Method 9013A-Rev.2 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁻ C, E, 23 rd Ed. 2017	Cyanide extraction procedure for solids and oils / Cyanide - Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method

EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

III. Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de preservación de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rigen desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 222287 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Referencia : Cotización N°1269-22R01
Proyecto : REMEDYCHAR
Procedencia : VILQUE - PUNO
Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
Cantidad de Muestras : 6
Producto : Suelos
Fecha de Recepción : 09/04/2022
Fecha de Ensayo : 09/04/2022 al 27/04/2022
Fecha de Emisión : 27/04/2022

I. Resultados

Código de Laboratorio	222287-01	222287-02	222287-03
Código del Cliente	TOR 1	TOR 2	TOR 3
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	13:00	13:10	13:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362832 N:8251666	E:362831 N:8251669	E:362839 N:8251676
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Matales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	10,212	10,630	9,881
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	24,39	23,49	22,26
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	145,4	125,1	119,3
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,52	1,41	1,32
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	5,847	6,279	6,102
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	21,69	21,25	21,55
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	10,60	10,13	10,06
Cobra	mg/Kg PS	0,04	0,09	41,46	36,15	35,06
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,85	10,75	10,56
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	24,83	25,64	24,13

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. Indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222287 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222287-01	222287-02	222287-03
Código del Cliente	TOR 1	TOR 2	TOR 3
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	13:00	13:10	13:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362832 N:8251666	E:362831 N:8251669	E:362839 N:8251676
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	630,1	615,5	575,4
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	19 432	19 698	17 975
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	16,43	15,84	15,28
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	8 040	8 285	7 585
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	716,8	617,4	558,3
Molibdógeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	9,29	9,05	8,71
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,51	13,12	11,67	11,78
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 170	1 099	1 091
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	231,0	202,8	199,7
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	142,3	135,6	119,2
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,06	0,19	403,5	404,7	361,7
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	41,98	41,96	39,38
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	70,94	63,75	67,49

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)" = Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222287 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio		222287-04		222287-05		222287-06	
Código del Cliente		TOR 4		TOR 5		PRE-01	
Fecha de Muestreo		23/03/2022		23/03/2022		23/03/2022	
Hora de Muestreo (h)		13:30		13:40		14:00	
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:362847 N:8251684		E:362855 N:8251691		E:362728 N:8251371	
Tipo de Producto		Suelo		Suelo		Suelo	
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
Laboratorio Instrumental							
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos							
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	10 152	10 219	1 345	
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20	
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	22,76	23,75	112,20	
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	119,3	124,1	87,40	
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10	
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,28	1,34	4,92	
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	6 476	6 525	8 372	
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	23,24	23,43	10,79	
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	9,63	10,18	57,18	
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	26,90	34,77	15 851	
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,23	10,29	0,77	
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43	
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	24,43	24,88	36,37	
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	623,3	638,4	762,5	
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	18 754	18 966	50 805	
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	16,15	16,59	<3,08	
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	7 994	8 320	2 793	
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	592,1	594,2	788,9	
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12	
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	9,04	9,10	97,94	
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	2,25	
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	9,92	11,38	124,9	
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 066	1 129	784,9	
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05	
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,95	240,2	327,3	57,76	
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	131,2	133,1	87 463	
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51	
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	324,2	342,6	57,83	
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	38,98	40,15	14,31	
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	63,16	67,61	132,73	

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)" = Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N°222287 CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos	EPA Method 200.7 Rev 4.4. 1994 // EPA Method 3050-B Rev 02. 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ICP-OES // Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils

EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

III. Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra iniciada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de prescripción de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 222287-I CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
 Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
 Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
 Referencia : Cotización N°1269-22R01
 Proyecto : REMEDYCHAR
 Procedencia : VILQUE - PUNO
 Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestras : 6
 Producto : SUELOS
 Fecha de Recepción : 09/04/2022
 Fecha de Ensayo : 09/04/2022 al 27/04/2022
 Fecha de Emisión : 27/04/2022

I. Resultados

Código de Laboratorio	222287-01	222287-02	222287-03
Código del Cliente	TOR 1	TOR 2	TOR 3
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	13:00	13:10	13:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362832 N:8251666	E:362831 N:8251669	E:362839 N:8251676
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Físico Químico						
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, ".": No analizado

Código de Laboratorio	222287-04	222287-05	222287-06
Código del Cliente	TOR 4	TOR 5	PRE-01
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	13:30	13:40	14:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362847 N:8251684	E:362855 N:8251691	E:362728 N:8251371
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Físico Químico						
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	<0,1	<0,1	2 500,8

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, ".": No analizado

INFORME DE ENSAYO N°222287-I CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Físico Químico		
Total Cyanide	EPA Method 9013A-Rev.2 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN C, E, 23 rd Ed. 2017	Cyanide extraction procedure for solids and oils / Cyanide - Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method

EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

III. Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de validez del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de preservación de la muestra está en función a lo declarado en las etiquetas normalizadas de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibida la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan palmariamente con los datos de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

FIN DEL INFORME

Anexo 17: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el tejido vegetal del *Stipa ichu* de los tratamientos experimentales a los 90 días

**INFORME DE ENSAYO Nº 161971-2022
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL	: COOPERACIÓN ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERÚ
DOMICILIO LEGAL	: AV. PROLONGACIÓN ARENALES NRO. 801 - MIRAFLORES - LIMA
SOLICITADO POR	: JIMMY BRAYAM CASTRO PANTOJA
REFERENCIA	: DETERMINACIÓN DE METALES Y CIANURO TOTAL EN TEJIDO VEGETAL (RAÍCES Y TALLOS)
PROCEDECIA	: VILQUE - PUNO
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	: 2022-04-13
FECHA(S) DE ANÁLISIS	: 2022-04-13 AL 2022-04-27
FECHA(S) DE MUESTREO	: 2022-03-23
MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
*Cianuro Total	Referenciado en : EPA 9013A. Cyanide Extraction procedure for Solids and oils. 2004 / APHA, AWWA, WEF 4500-CN-F	0.01 ^(a)	mg/kg
Total Metales (In Vegetable Tissues): Aluminum (Al), Antimony (Sb), Arsenic (As), Barium (Ba), Beryllium (Be), Cadmium (Cd), Calcium (Ca), Chromium (Cr) Cobalt (Co), Copper (Cu), Iron (Fe), Lead (Pb), Lithium (Li), Magnesium (Mg) Manganese (Mn), Mercury (Hg), Molybdenum (Mo) Nickel (Ni), Phosphorus (P), Potassium (K), Selenium (Se), Silver (Ag), Sodium (Na), Strontium (Sr), Thallium (Tl), Uranium (U), Vanadium (V), Zinc (Zn).	EPA Method 200.3, Rev. 1, April. 1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 200.7, Rev.4.4. EHMNC Version 1994.		mg/Kg

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Expresado como límite de detección del método.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Hojas y Tallos	Hojas y Tallos	Hojas y Tallos	Hojas y Tallos	
Matriz analizada	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	
Fecha de muestreo	2022-03-23	2022-03-23	2022-03-23	2022-03-23	
Hora de inicio de muestreo (h)	14:35	06:05	07:15	11:45	
Coordenadas	0362826E	0362728E	0362728E	0362728E	
	8251664N	8251371N	8251372N	8251376N	
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	
Código del Cliente	T0	T5	T6	T11	
Código del Laboratorio	22040825	22040826	22040826	22040827	
Ensayo	Unidades	Resultados			
*Cianuro Total	mg/kg	1.11	332.00	574.06	396.09
Producto declarado	Raíces	Raíces	Raíces	Raíces	Raíces
Matriz analizada	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Fecha de muestreo	2022-03-23	2022-03-23	2022-03-23	2022-03-23	2022-03-23
Hora de inicio de muestreo (h)	14:35	06:05	07:15	11:45	
Coordenadas	0362826E	0362728E	0362728E	0362728E	0362728E
	8251664N	8251371N	8251372N	8251376N	
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	
Código del Cliente	T0	T5	T6	T11	
Código del Laboratorio	22040829	22040830	22040832	22040831	
Ensayo	Unidades	Resultados			
*Cianuro Total	mg/kg	0.97	128.89	181.45	262.78

* Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el Organismo Internacional de Acreditación IAS.

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento o de sus partes. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

**INFORME DE ENSAYO N° 161971-2022
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Hojas y Tallos	Hojas y Tallos	Hojas y Tallos	Hojas y Tallos
Matriz analizada	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal
Fecha de muestreo	2022-03-23	2022-03-23	2022-03-23	2022-03-23
Hora de inicio de muestreo (h)	14:35	06:05	07:15	11:45
Coordenadas	0362826E	0362728E	0362728E	0362728E
	8251664N	8251371N	8251372N	8251376N
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	T0	T5	T6	T11
Código del Laboratorio	22040825	22040826	22040828	22040827
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados	
Metales totales				
Silver / Plata (Ag)	0.05	mg/kg	<0.05	<0.05
Aluminium / Aluminio (Al)	0.7	mg/kg	978.7	1684.9
Arsenic / Arsénico (As)	0.07	mg/kg	0.47	5.00
Boron / Boro (B)	0.10	mg/kg	2.46	3.07
Barium / Bario (Ba)	0.09	mg/kg	14.94	110.68
Beryllium / Berilio (Be)	0.04	mg/kg	<0.04	0.08
Calcium / Calcio (Ca)	1.4	mg/kg	4979.6	4896.2
Cadmium / Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	0.15	0.52
Cerium / Cerio (Ce)	0.14	mg/kg	3.08	5.03
Cobalt / Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	0.73	9.01
Chromium / Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.77	1.32
Copper / Cobre (Cu)	0.05	mg/kg	9.33	490.23
Iron / Hierro (Fe)	0.12	mg/kg	1138.73	3364.59
Mercury / Mercurio (Hg)	0.05	mg/kg	<0.05	<0.05
Potassium / Potasio (K)	1.8	mg/kg	6561.0	4885.0
Lithium / Litio (Li)	0.14	mg/kg	1.12	1.87
Magnesium / Magnesio (Mg)	1.9	mg/kg	857.35	1146.94
Manganese / Manganeso (Mn)	0.04	mg/kg	57.14	126.16
Molybdenum / Molibdeno (Mo)	0.07	mg/kg	0.48	0.58
Sodium / Sodio (Na)	1.6	mg/kg	76.59	2101.60
Nickel / Níquel (Ni)	0.05	mg/kg	1.46	5.95
Phosphorus / Fósforo (P)	0.15	mg/kg	1469.20	1351.17
Lead / Plomo (Pb)	0.04	mg/kg	1.44	9.29
Antimony / Antimonio (Sb)	0.10	mg/kg	<0.10	<0.10
Selenium / Selenio (Se)	0.16	mg/kg	<0.16	<0.16
Tin / Estaño (Sn)	0.05	mg/kg	<0.05	<0.05
Strontium / Estroncio (Sr)	0.04	mg/kg	15.02	20.53
Titanium / Titanio (Ti)	0.04	mg/kg	33.95	51.67
Tellurium / Talio (Tl)	0.15	mg/kg	<0.15	<0.15
Vanadium / Vanadio (V)	0.05	mg/kg	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	0.14	mg/kg	2.50	4.37
Uranium / Uranio (U)	0.15	mg/kg	33.02	54.79

L.D.M.: Límite de detección del método

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 3

**INFORME DE ENSAYO N° 161971-2022
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Raíces					
Matriz analizada	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal	Tejido Vegetal		
Fecha de muestreo	2022-03-23	2022-03-23	2022-03-23	2022-03-23		
Hora de inicio de muestreo (h)	14:35	06:05	07:15	11:45		
Coordenadas	0362826E	0362728E	0362728E	0362728E		
	8251664N	8251371N	8251372N	8251376N		
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código del Cliente	T0	T5	T6	T11		
Código del Laboratorio	22040829	22040830	22040832	22040831		
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados			
Metales totales						
Silver / Plata (Ag)	0.05	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Aluminium / Aluminio (Al)	0.7	mg/kg	1868.3	3810.9	2950.8	3425.1
Arsenic / Arsénico (As)	0.07	mg/kg	0.97	2.82	1.98	2.68
Boron / Boro (B)	0.10	mg/kg	1.47	0.82	4.26	5.79
Barium / Bario (Ba)	0.09	mg/kg	31.62	61.82	55.29	58.96
Beryllium / Berilio (Be)	0.04	mg/kg	0.08	0.19	0.13	0.15
Calcium / Calcio (Ca)	1.4	mg/kg	3503.4	3869.35	3434.91	3975.85
Cadmium / Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	0.38	0.82	0.65	0.78
Cerium / Cerio (Ce)	0.14	mg/kg	4.88	11.24	9.02	8.33
Cobalt / Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	1.46	14.18	13.65	12.88
Chromium / Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	1.92	3.92	3.52	3.44
Copper / Cobre (Cu)	0.05	mg/kg	14.43	390.59	270.21	186.32
Iron / Hierro (Fe)	0.12	mg/kg	2260.41	5221.72	4693.21	4350.32
Mercury / Mercurio (Hg)	0.05	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Potassium / Potasio (K)	1.8	mg/kg	3882.4	1452.8	3059.2	2976.3
Lithium / Litio (Li)	0.14	mg/kg	1.84	3.46	2.68	2.92
Magnesium / Magnesio (Mg)	1.9	mg/kg	1002.5	1437.3	1242.0	1285.9
Manganese / Manganeso (Mn)	0.04	mg/kg	88.69	228.03	301.87	580.28
Molybdenum / Molibdeno (Mo)	0.07	mg/kg	0.36	0.31	0.59	0.90
Sodium / Sodio (Na)	1.6	mg/kg	101.5	1170.3	2003.6	2060.9
Nickel / Níquel (Ni)	0.05	mg/kg	1.80	9.93	5.53	6.51
Phosphorus / Fósforo (P)	0.15	mg/kg	1311.48	547.57	786.17	1199.10
Lead / Plomo (Pb)	0.03	mg/kg	2.83	6.18	7.18	6.37
Antimony / Antimonio (Sb)	0.10	mg/kg	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Selenium / Selenio (Se)	0.16	mg/kg	<0.16	<0.16	<0.16	<0.16
Tin / Estaño (Sn)	0.05	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Strontium / Estroncio (Sr)	0.04	mg/kg	14.21	18.32	15.68	18.66
Titanium / Titanio (Ti)	0.04	mg/kg	69.01	166.30	169.56	130.10
Tellurium / Talio (Tl)	0.15	mg/kg	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15
Vanadium / Vanadio (V)	0.05	mg/kg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	0.14	mg/kg	5.02	11.02	10.00	9.33
Uranium / Uranio (U)	0.15	mg/kg	40.83	31.52	47.83	44.72

L.D.M.: Límite de detección del método

Lima, 02 de Mayo del 2022.

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente Informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Malto de Turner N° 2079 - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Anexo 18: Contenido de metales (As, Pb y Cd) y cianuro total en el polvo de relave minero

INFORME DE ENSAYO N° 222287 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
Referencia : Cotización N°1269-22R01
Proyecto : REMEDYCHAR
Procedencia : VILQUE - PUNO
Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
Cantidad de Muestras : 6
Producto : Suelos
Fecha de Recepción : 09/04/2022
Fecha de Ensayo : 09/04/2022 al 27/04/2022
Fecha de Emisión : 27/04/2022

I. Resultados

Código de Laboratorio	222287-01	222287-02	222287-03
Código del Cliente	TOR 1	TOR 2	TOR 3
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	13:00	13:10	13:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362832 N:8251666	E:362831 N:8251669	E:362839 N:8251676
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	10 212	10 630	9 881
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	24,39	23,49	22,26
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	145,4	125,1	119,3
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,52	1,41	1,32
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	5 847	6 279	6 102
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	21,69	21,25	21,55
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	10,60	10,13	10,06
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	41,46	36,15	35,06
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,85	10,75	10,56
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	24,83	25,64	24,13

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222287 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222287-01	222287-02	222287-03
Código del Cliente	TOR 1	TOR 2	TOR 3
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	13:00	13:10	13:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362832 N:8251666	E:362831 N:8251669	E:362839 N:8251676
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	630,1	615,5	575,4
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	19 432	19 698	17 975
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	16,43	15,84	15,28
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	8 040	8 285	7 585
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	716,8	617,4	558,3
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	9,29	9,05	8,71
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	<0,37
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	13,12	11,67	11,78
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 170	1 099	1 091
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	231,0	202,9	199,7
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	142,3	135,8	119,2
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	403,5	404,7	361,7
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	41,98	41,96	39,38
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	70,94	63,75	67,49

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)" = Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N° 222287 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio	222287-04	222287-05	222287-06
Código del Cliente	TOR 4	TOR 5	PRE-01
Fecha de Muestreo	23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)	13:30	13:40	14:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:362847 N:8251684	E:362855 N:8251691	E:362728 N:8251371
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Laboratorio Instrumental						
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos						
Aluminio	mg/Kg PS	0,10	0,25	10 152	10 219	1 345
Antimonio	mg/Kg PS	0,54	1,20	<1,20	<1,20	<1,20
Arsénico	mg/Kg PS	2,21	5,93	22,76	23,75	112,20
Bario	mg/Kg PS	0,34	0,62	119,3	124,1	87,40
Berilio	mg/Kg PS	0,03	0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Boro	mg/Kg PS	1,99	4,10	<4,10	<4,10	<4,10
Cadmio	mg/Kg PS	0,04	0,07	1,28	1,34	4,92
Calcio	mg/Kg PS	1,49	2,31	6 476	6 525	8 372
Cerio	mg/Kg PS	0,25	0,33	23,24	23,43	10,79
Cobalto	mg/Kg PS	0,10	0,26	9,63	10,18	57,18
Cobre	mg/Kg PS	0,04	0,09	26,90	34,77	15 851
Cromo	mg/Kg PS	0,03	0,08	10,23	10,29	0,77
Estaño	mg/Kg PS	0,73	1,43	<1,43	<1,43	<1,43
Estroncio	mg/Kg PS	0,12	0,18	24,43	24,88	36,37
Fosforo	mg/Kg PS	0,69	1,03	623,3	638,4	762,5
Hierro	mg/Kg PS	0,05	0,13	18 754	18 966	50 805
Litio	mg/Kg PS	1,21	3,08	16,15	16,59	<3,08
Magnesio	mg/Kg PS	0,32	1,06	7 994	8 320	2 793
Manganeso	mg/Kg PS	0,04	0,10	592,1	594,2	788,9
Molibdeno	mg/Kg PS	0,06	0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Niquel	mg/Kg PS	0,05	0,13	9,04	9,10	97,94
Plata	mg/Kg PS	0,16	0,37	<0,37	<0,37	2,25
Plomo	mg/Kg PS	0,87	1,61	9,92	11,38	124,9
Potasio	mg/Kg PS	0,31	0,77	1 066	1 129	784,9
Selenio	mg/Kg PS	0,82	2,05	<2,05	<2,05	<2,05
Silicio	mg/Kg PS	0,62	0,96	240,2	327,3	57,76
Sodio	mg/Kg PS	0,94	2,93	131,2	133,1	87 463
Talio	mg/Kg PS	0,74	1,51	<1,51	<1,51	<1,51
Titanio	mg/Kg PS	0,08	0,19	324,2	342,6	57,83
Vanadio	mg/Kg PS	0,03	0,08	38,98	40,15	14,31
Zinc	mg/Kg PS	0,19	0,50	63,16	67,61	132,73

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. Indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N°222287 CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Metales en Suelos, Sedimentos y Lodos	EPA Method 200.7 Rev 4.4. 1994 // EPA Method 3050-B Rev 02. 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry ICP-OES // Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils

EPA : U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis

III. Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de prescribibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

INFORME DE ENSAYO N° 222287-I CON VALOR OFICIAL

Razón Social : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
 Domicilio Legal : AV. PROLONGACION ARENALES NRO. 801 MIRAFLORES LIMA - LIMA - MIRAFLORES
 Solicitado por : COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ EN EL PERU
 Referencia : Cotización N°1269-22R01
 Proyecto : REMEDYCHAR
 Procedencia : VILQUE - PUNO
 Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestras : 6
 Producto : SUELOS
 Fecha de Recepción : 09/04/2022
 Fecha de Ensayo : 09/04/2022 al 27/04/2022
 Fecha de Emisión : 27/04/2022

I. Resultados

Código de Laboratorio		222287-01	222287-02	222287-03
Código del Cliente		TOR 1	TOR 2	TOR 3
Fecha de Muestreo		23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)		13:00	13:10	13:20
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:362832 N:8251666	E:362831 N:8251669	E:362839 N:8251676
Tipo de Producto		Suelo	Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Físico Químico				
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	<0,1 <0,1 <0,1

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

Código de Laboratorio		222287-04	222287-05	222287-06
Código del Cliente		TOR 4	TOR 5	PRE-01
Fecha de Muestreo		23/03/2022	23/03/2022	23/03/2022
Hora de Muestreo (h)		13:30	13:40	14:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:362847 N:8251684	E:362855 N:8251691	E:362728 N:8251371
Tipo de Producto		Suelo	Suelo	Suelo
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Laboratorio Físico Químico				
Total Cyanide	mg/Kg PS	NA	0,1	<0,1 <0,1 2 500,8

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "(z)"=Resolución del equipo, "(y)" = Límite de Detección de Método, "-": No analizado

INFORME DE ENSAYO N°222287-I CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Físico Químico		
Total Cyanide	EPA Method 9013A-Rev.2 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-CN ⁻ C, E, 23 rd Ed. 2017	Cyanide extraction procedure for solids and oils / Cyanide - Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method

EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

III. Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

****FIN DEL INFORME****

Anexo 19: Análisis estadísticos

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE METALES EN EL TOP SOIL A LOS 90 DÍAS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO PROCESADOS

Tratamiento	Repetición	Arsénico - As (mg/kg PS)	Plomo - Pb (mg/kg PS)	Cadmio - Cd (mg/kg PS)
T0	R1	24,39	13,12	1,52
T0	R2	23,49	11,67	1,41
T0	R3	22,26	11,78	1,32
T0	R4	22,76	9,92	1,28
T0	R5	23,75	11,38	1,34
T5	R1	27,36	22,72	1,75
T5	R2	27,56	20,59	1,51
T5	R3	38,65	34,71	2,3
T5	R4	33,33	34,51	1,95
T5	R5	40,44	38,05	2,25
T6	R1	25,29	21,96	1,58
T6	R2	33,82	36,72	1,95
T6	R3	33,71	36,13	2,07
T6	R4	30,91	30,19	1,89
T6	R5	28,91	27,73	1,84
T7	R1	29,93	27,03	1,81
T7	R2	33,35	28,06	1,91
T7	R3	26,33	25,03	1,73
T7	R4	28,38	27,06	1,8
T7	R5	30,78	31,12	1,88
T8	R1	29,64	37,59	1,94
T8	R2	35,6	42,38	2
T8	R3	29,37	24,14	1,65
T8	R4	32,31	29,5	1,82
T8	R5	35,68	36,04	2,03
T9	R1	29,88	23,38	1,7
T9	R2	28,78	24,12	1,65
T9	R3	27,86	22,63	1,73
T9	R4	26,79	20,38	1,57
T9	R5	28,4	26,48	1,76
T10	R1	28,74	24,62	1,68
T10	R2	28,9	30,43	1,88
T10	R3	28,7	28,77	1,77
T10	R4	36,05	38,61	1,65
T10	R5	29,78	26,27	1,63
T11	R1	29,46	23,2	1,66
T11	R2	30,6	31,88	1,63
T11	R3	31,97	28,24	1,8
T11	R4	32,8	24,58	1,77
T11	R5	32,5	31,85	1,81
T12	R1	29,34	24,36	1,61
T12	R2	27,83	20,8	1,57
T12	R3	24,92	16,75	1,38
T12	R4	30,3	31,45	1,74
T12	R5	29,98	26,14	1,63

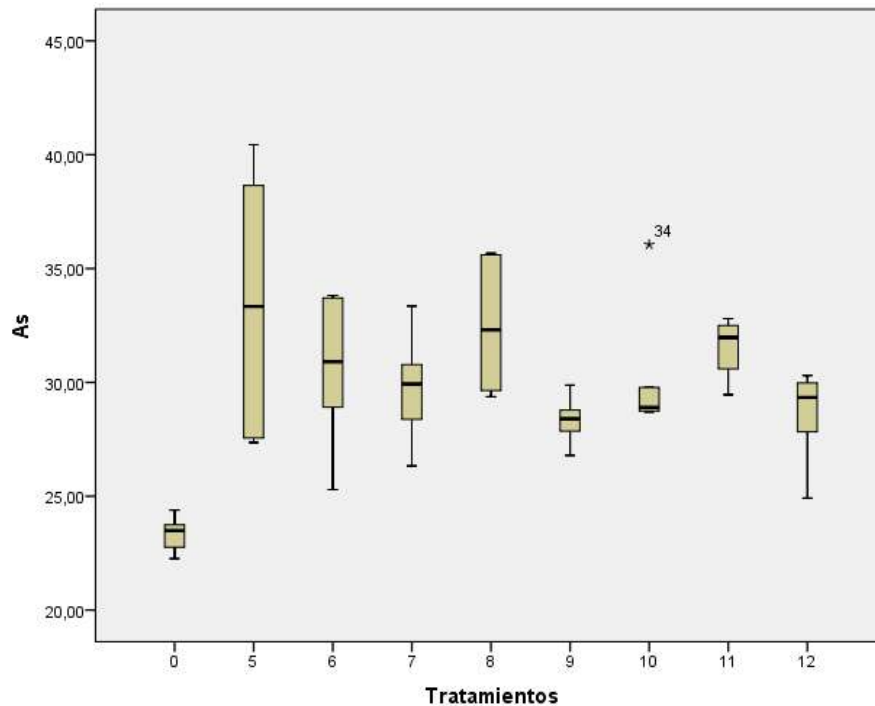
ARSENICO

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
As	45	100,0%	0	0,0%	45	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
As	Media	29,8129	,59084
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	28,6221 31,0037
	Media recortada al 5%	29,6935	
	Mediana	29,4600	
	Varianza	15,709	
	Desviación estándar	3,96350	
	Mínimo	22,26	
	Máximo	40,44	
	Rango	18,18	
	Rango intercuartil	4,71	
	Asimetría	,407	,354
	Curtosis	,430	,695



Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
As	,105	45	,200*	,975	45	,422

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se presentan datos normales según Shapiro-Wilk ($p > 0,05$)

Prueba de homogeneidad de varianzas

As

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
3,542	8	36	,004

Se presenta homogeneidad de varianzas ($p < 0,05$)

Se realiza pruebas paramétricas

ANOVA

As

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	351,528	8	43,941	4,657	,001
Dentro de grupos	339,684	36	9,436		
Total	691,212	44			

Presentan diferencias significativas, se realiza la prueba de Scott Knott:

Groups of means at sig.level = 0.05

	Means	G1	G2
T5	33.47	a	
T8	32.52	a	
T11	31.47	a	
T6	30.53	a	
T10	30.43	a	
T7	29.75	a	
T12	28.47	a	
T9	28.34	a	
T0	23.33	b	

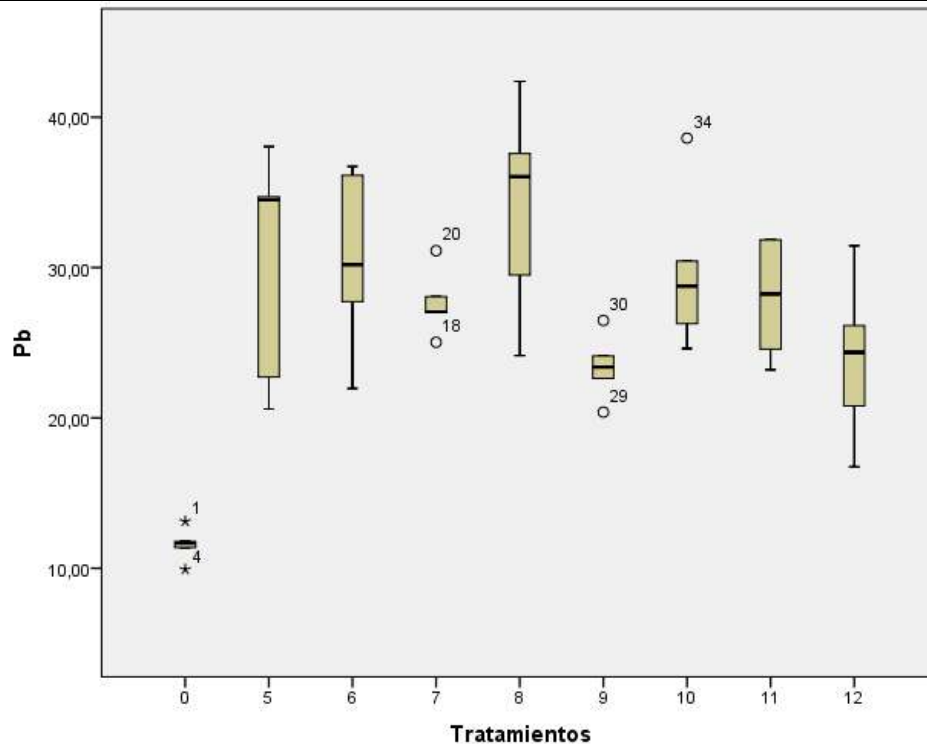
PLOMO

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Pb	45	100,0%	0	0,0%	45	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
Pb	Media	26,5349	1,15559
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	24,2059 28,8638
	Media recortada al 5%	26,6506	
	Mediana	26,4800	
	Varianza	60,093	
	Desviación estándar	7,75195	
	Mínimo	9,92	
	Máximo	42,38	
	Rango	32,46	
	Rango intercuartil	8,98	
	Asimetría	-,293	,354
	Curtosis	-,131	,695



Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pb	,085	45	,200*	,970	45	,297

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se presentan datos normales según Shapiro-Wilk ($p > 0,05$)

Prueba de homogeneidad de varianzas

Pb

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
3,386	8	36	,005

Se presenta homogeneidad de varianzas ($p < 0,05$)

Se realiza pruebas paramétricas

ANOVA

Pb

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1688,765	8	211,096	7,955	,000
Dentro de grupos	955,311	36	26,536		
Total	2644,077	44			

Presentan diferencias significativas, se realiza la prueba de Scott Knott:

Groups of means at sig.level = 0.05

	Means	G1	G2
T8	33.93	a	
T6	30.55	a	
T5	30.12	a	
T10	29.74	a	
T11	27.95	a	
T7	27.66	a	
T12	23.90	a	
T9	23.40	a	
T0	11.57		b

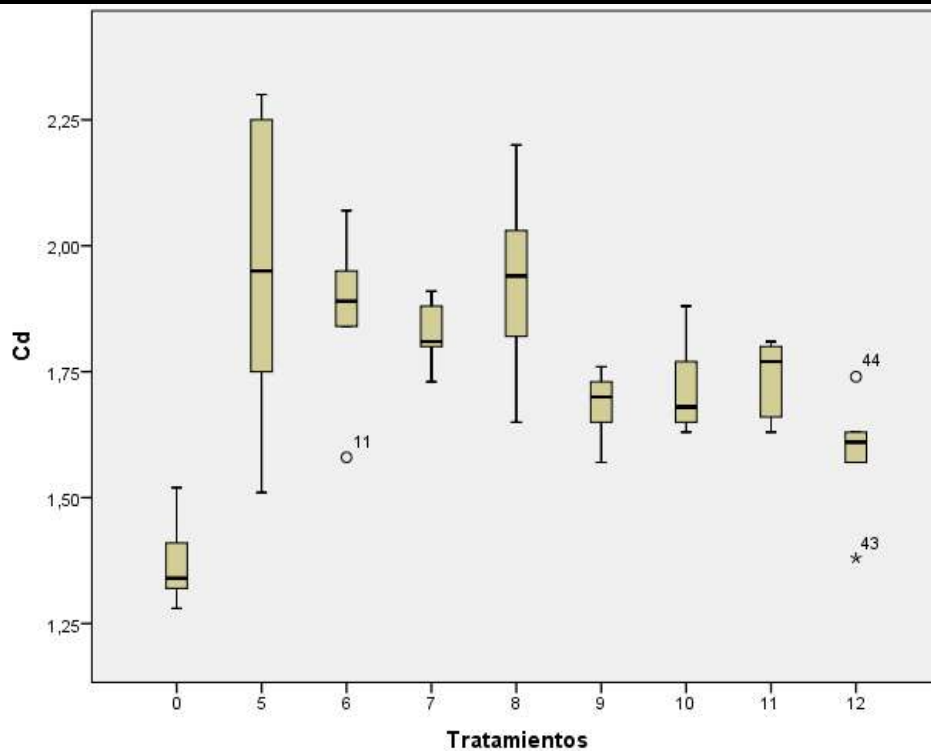
CADMIO

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Cd	45	100,0%	0	0,0%	45	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
Cd	Media	1,7411	,03403
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,6725 1,8097
	Media recortada al 5%	1,7362	
	Mediana	1,7400	
	Varianza	,052	
	Desviación estándar	,22830	
	Mínimo	1,28	
	Máximo	2,30	
	Rango	1,02	
	Rango intercuartil	,26	
	Asimetría	,275	,354
	Curtosis	,385	,695



Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd	,076	45	,200*	,977	45	,490

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se presentan datos normales según Shapiro-Wilk ($p > 0,05$)

Prueba de homogeneidad de varianzas

Cd

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
2,726	8	36	,019

Se presenta homogeneidad de varianzas ($p < 0,05$)

Se realiza pruebas paramétricas

ANOVA

Cd

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,325	8	,166	6,155	,000
Dentro de grupos	,969	36	,027		
Total	2,293	44			

Presentan diferencias significativas, se realiza la prueba de Scott Knott:

Groups of means at sig.level = 0.05

	Means	G1	G2	G3
T5	1.95	a		
T8	1.89	a		
T6	1.87	a		
T7	1.83	a		
T11	1.73	a		
T10	1.72	a		
T9	1.68	a		
T12	1.59		b	
T0	1.37			c

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CIANURO EN EL TOP SOIL A LOS 90 DÍAS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Tratamiento	Repetición	Cianuro Total - CN (mg/kg PS)
T0	R1	0,1
T0	R2	0,1
T0	R3	0,1
T0	R4	0,1
T0	R5	0,1
T5	R1	0,1
T5	R2	0,1
T5	R3	6,7
T5	R4	0,1
T5	R5	135,5
T6	R1	64,9
T6	R2	98,2
T6	R3	9,0
T6	R4	0,2
T6	R5	47,2
T7	R1	52,5
T7	R2	4,2
T7	R3	111,6
T7	R4	138,9
T7	R5	101,1
T8	R1	115,7
T8	R2	5,8
T8	R3	3,3
T8	R4	65,5
T8	R5	80,1
T9	R1	67,4
T9	R2	245,5
T9	R3	97,9
T9	R4	41,2
T9	R5	15,3
T10	R1	73,7
T10	R2	183,9
T10	R3	219,3
T10	R4	69,3
T10	R5	3,6
T11	R1	86,0
T11	R2	81,2
T11	R3	104,4
T11	R4	72,3
T11	R5	71,9
T12	R1	2,1
T12	R2	4,9
T12	R3	57,7
T12	R4	160,4
T12	R5	87,1

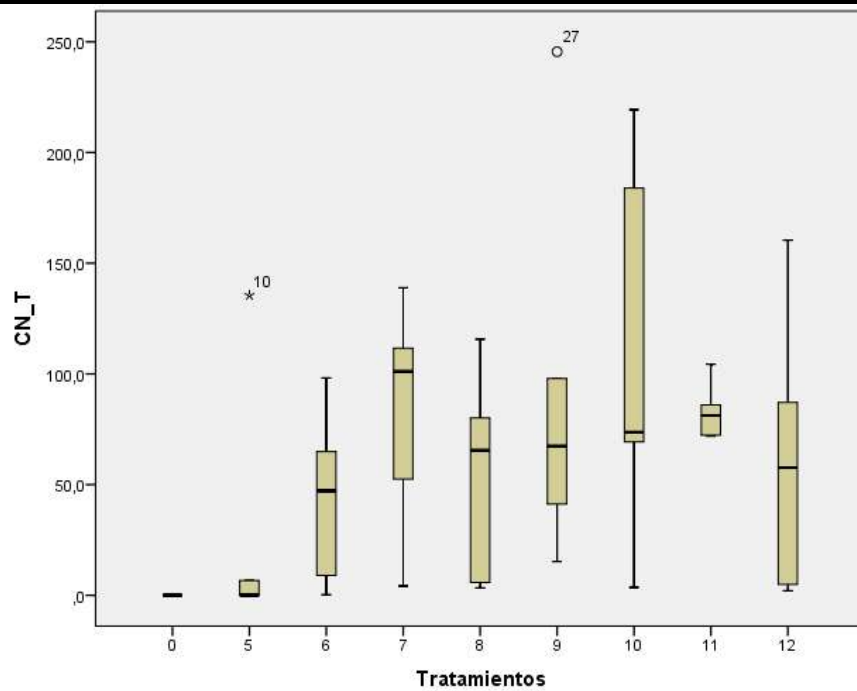
CIANURO TOTAL

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CN_T	45	100,0%	0	0,0%	45	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
CN_T	Media	61,918	9,3034
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	43,168 80,667
	Media recortada al 5%	56,180	
	Mediana	64,900	
	Varianza	3894,858	
	Desviación estándar	62,4088	
	Mínimo	,1	
	Máximo	245,5	
	Rango	245,4	
	Rango intercuartil	94,6	
	Asimetría	1,032	,354
	Curtosis	,862	,695



Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CN_T	,180	45	,001	,870	45	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

No presentan datos normales según Shapiro-Wilk ($p < 0,05$)

Se realiza pruebas no paramétricas.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos			
	Tratamientos	N	Rango promedio
CN_T	0	5	4,50
	5	5	13,90
	6	5	20,80
	7	5	29,80
	8	5	23,80
	9	5	28,20
	10	5	30,80
	11	5	31,00
	12	5	24,20
	Total	45	

Estadísticos de prueba^{a,b}

	CN_T
Chi-cuadrado	18,365
gl	8
Sig. asintótica	,019

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación:

Tratamientos

Presenta diferencia significativa según Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

La prueba se lleva a cabo considerando exclusivamente los tratamientos T0, T5, T6 y T11 (CN_T2), debido a que, en el área de relave minero, solo los tratamientos T5, T6 y T11 mostraron desarrollo vegetal:

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO PROCESADOS

Tratamiento	Repetición	Cianuro Total - CN (mg/kg PS)
T0	R1	0,1
T0	R2	0,1
T0	R3	0,1
T0	R4	0,1
T0	R5	0,1
T5	R1	0,1
T5	R2	0,1
T5	R3	6,7
T5	R4	0,1
T5	R5	135,5
T6	R1	64,9
T6	R2	98,2
T6	R3	9,0
T6	R4	0,2
T6	R5	47,2
T11	R1	86,0
T11	R2	81,2
T11	R3	104,4
T11	R4	72,3
T11	R5	71,9

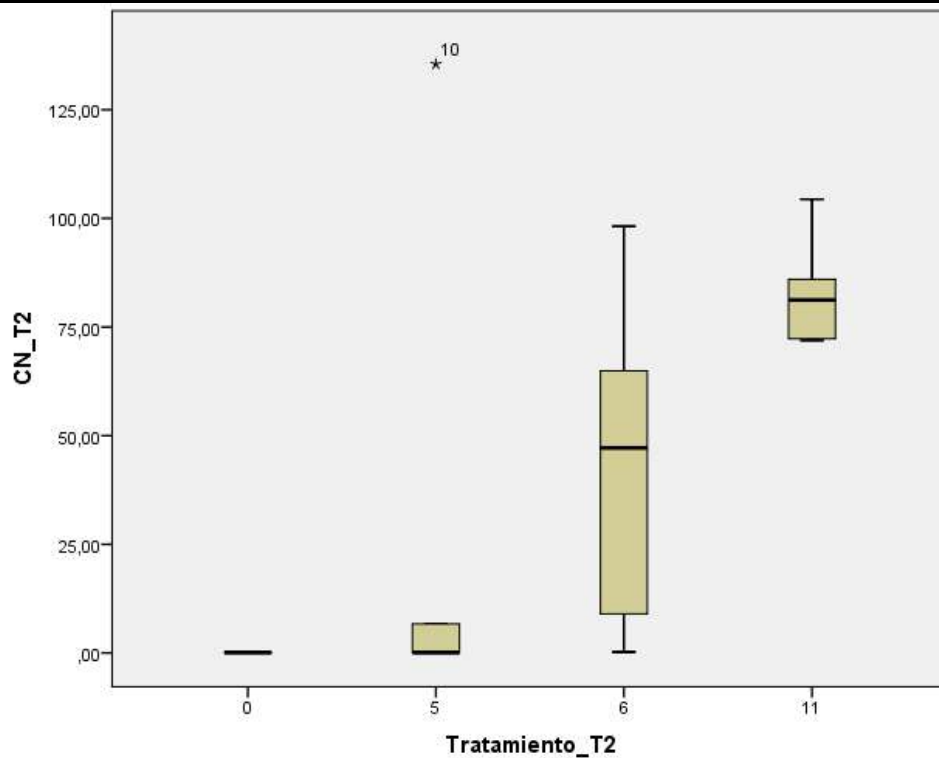
T0_T5_T6_T11

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CN_T2	20	44,4%	25	55,6%	45	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
CN_T2	Media	38,9150	10,20417
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	17,5574 60,2726
	Media recortada al 5%	35,7056	
	Mediana	7,8500	
	Varianza	2082,500	
	Desviación estándar	45,63442	
	Mínimo	,10	
	Máximo	135,50	
	Rango	135,40	
	Rango intercuartil	78,88	
	Asimetría	,662	,512
	Curtosis	-1,023	,992



Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CN_T2	,294	20	,000	,800	20	,001

a. Corrección de significación de Lilliefors

No presentan datos normales según Shapiro-Wilk ($p > 0,05$)

Se realiza pruebas no paramétricas.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos			
	Tratamiento_T2	N	Rango promedio
CN_T2	0	5	4,50
	5	5	8,70
	6	5	12,60
	11	5	16,20
	Total	20	

Estadísticos de prueba^{a,b}

	CN_T2
Chi-cuadrado	11,610
gl	3
Sig. asintótica	,009

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación:

Tratamiento_T2

Presenta diferencia significativa según Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

Para detectar las diferencias entre los diferentes pares de tratamientos, se realizan las siguientes pruebas:

T0_T5

Prueba de Mann-Whitney

Rangos				
	Tratamiento_T2	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN_T2	0	5	4,50	22,50
	5	5	6,50	32,50
	Total	10		

Estadísticos de prueba^a

	CN_T2
U de Mann-Whitney	7,500
W de Wilcoxon	22,500
Z	-1,491
Sig. asintótica (bilateral)	,136
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,310 ^b

a. Variable de agrupación: Tratamiento_T2

b. No corregido para empates.

No presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p > 0,05$)

T0_T6

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Tratamiento_T2	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN_T2	0	5	3,00	15,00
	6	5	8,00	40,00
	Total	10		

Estadísticos de prueba^a

	CN_T2
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	15,000
Z	-2,785
Sig. asintótica (bilateral)	,005
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,008 ^b

a. Variable de agrupación:

Tratamiento_T2

b. No corregido para empates.

Presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p < 0,05$)

T0_T11

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Tratamiento_T2	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN_T2	0	5	3,00	15,00
	11	5	8,00	40,00
	Total	10		

Estadísticos de prueba^a

	CN_T2
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	15,000
Z	-2,785
Sig. asintótica (bilateral)	,005
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,008 ^b

a. Variable de agrupación: Tratamiento_T2

b. No corregido para empates.

Presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p < 0,05$)

T5_T6

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Tratamiento_T2	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN_T2	5	5	4,20	21,00
	6	5	6,80	34,00
	Total	10		

Estadísticos de prueba^a

	CN_T2
U de Mann-Whitney	6,000
W de Wilcoxon	21,000
Z	-1,375
Sig. asintótica (bilateral)	,169
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,222 ^b

a. Variable de agrupación:

Tratamiento_T2

b. No corregido para empates.

No presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p > 0,05$)

T5_T11

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Tratamiento_T2	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN_T2	5	5	4,00	20,00
	11	5	7,00	35,00
	Total	10		

Estadísticos de prueba^a

	CN_T2
U de Mann-Whitney	5,000
W de Wilcoxon	20,000
Z	-1,586
Sig. asintótica (bilateral)	,113
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,151 ^b

a. Variable de agrupación: Tratamiento_T2

b. No corregido para empates.

No presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p > 0,05$)

T6_T11

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Tratamiento_T2	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN_T2	6	5	3,80	19,00
	11	5	7,20	36,00
	Total	10		

Estadísticos de prueba^a

	CN_T2
U de Mann-Whitney	4,000
W de Wilcoxon	19,000
Z	-1,776
Sig. asintótica (bilateral)	,076
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,095 ^b

a. Variable de agrupación:

Tratamiento_T2

b. No corregido para empates.

No presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p > 0,05$)

Al no detectar diferencias significativas entre los diferentes pares de los tratamientos T5, T6 y T11, se procede a eliminar los resultados de la repetición 5 de los tratamientos T0, T5, T6 y T11, y se vuelven a realizar las pruebas:

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Tratamiento	Repetición	Cianuro Total - CN (mg/kg PS)
T0	R1	0,1
T0	R2	0,1
T0	R3	0,1
T0	R4	0,1
T5	R1	0,1
T5	R2	0,1
T5	R3	6,7
T5	R4	0,1
T6	R1	64,9
T6	R2	98,2
T6	R3	9,0
T6	R4	0,2
T11	R1	86,0
T11	R2	81,2
T11	R3	104,4
T11	R4	72,3

T0_T5_T6_T11 VERSION 02

Advertencias

CN es constante cuando Tratamiento = 0. Se incluirá en cualquier diagrama de caja generada, pero se omitirá otro resultado.

Resumen de procesamiento de casos

	Tratamiento	Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CN	0	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	5	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	11	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

Descriptivos^a

	Tratamiento		Estadístico	Error estándar	
CN	5	Media	1,7500	1,65000	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-3,5010	
			Límite superior	7,0010	
		Media recortada al 5%	1,5667		
		Mediana	,1000		
		Varianza	10,890		
		Desviación estándar	3,30000		
		Mínimo	,10		
		Máximo	6,70		
		Rango	6,60		
		Rango intercuartil	4,95		
		Asimetría	2,000	1,014	
		Curtosis	4,000	2,619	
			6	Media	43,0750
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			-31,0748	
	Límite superior			117,2248	
Media recortada al 5%	42,3944				
Mediana	36,9500				
Varianza	2171,489				
Desviación estándar	46,59924				
Mínimo	,20				
Máximo	98,20				
Rango	98,00				
Rango intercuartil	87,48				
Asimetría	,392			1,014	
Curtosis	-3,470			2,619	
	11			Media	85,9750
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	64,4437	
			Límite superior	107,5063	
		Media recortada al 5%	85,7111		
		Mediana	83,6000		
		Varianza	183,096		
		Desviación estándar	13,53129		
		Mínimo	72,30		
		Máximo	104,40		
		Rango	32,10		
		Rango intercuartil	25,28		
		Asimetría	,966	1,014	
		Curtosis	1,488	2,619	

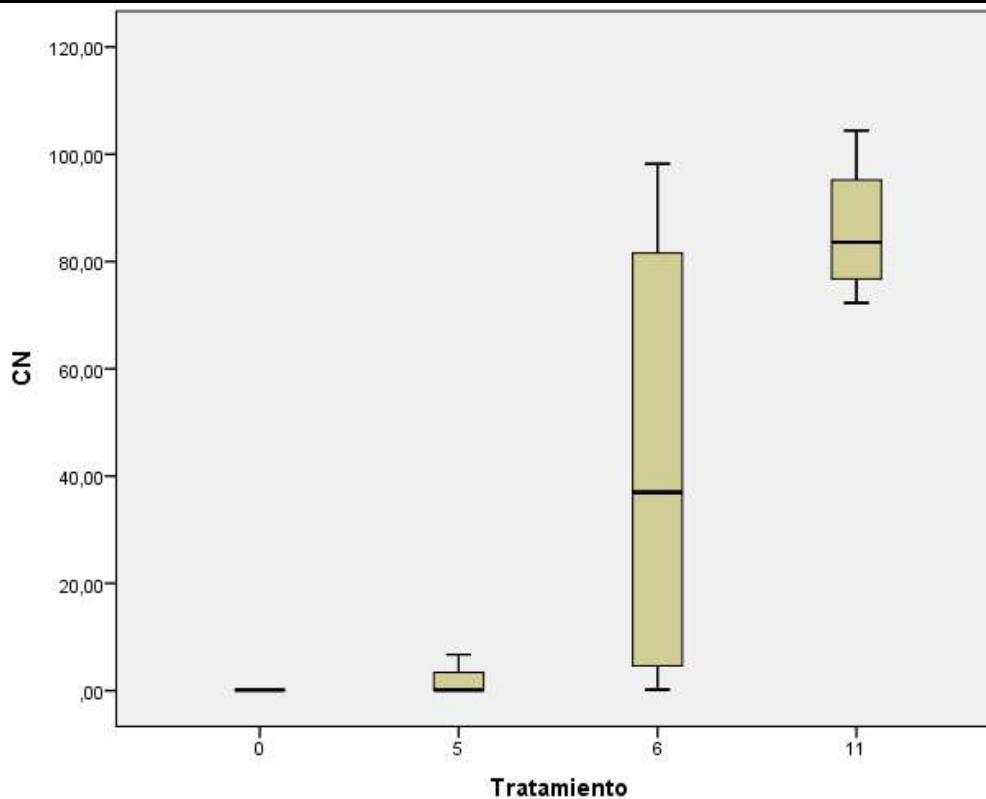
a. CN es constante cuando Tratamiento = 0. Se ha omitido.

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CN	16	35,6%	29	64,4%	45	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Error estándar
CN	Media	32,7250	10,59924
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	10,1333 55,3167
	Media recortada al 5%	30,5556	
	Mediana	3,4500	
	Varianza	1797,502	
	Desviación estándar	42,39696	
	Mínimo	,10	
	Máximo	104,40	
	Rango	104,30	
	Rango intercuartil	78,88	
	Asimetría	,701	,564
	Curtosis	-1,498	1,091



Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CN	,337	16	,000	,727	16	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

No presentan datos normales según Shapiro-Wilk ($p > 0,05$)

Se realiza pruebas no paramétricas.

Prueba de Kruskal-Wallis

Rangos

	Tratamiento	N	Rango promedio
CN	0	4	4,00
	5	4	5,25
	6	4	11,00
	11	4	13,75
	Total		16

Estadísticos de prueba^{a,b}

	CN
Chi-cuadrado	12,428
gl	3
Sig. asintótica	,006

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación:

Tratamiento

Presenta diferencia significativa según Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

Para detectar las diferencias entre los diferentes pares de tratamientos, se realizan las siguientes pruebas:

T0_T5

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Tratamiento	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN	0	4	4,00	16,00
	5	4	5,00	20,00
	Total	8		

Estadísticos de prueba^a

	CN
U de Mann-Whitney	6,000
W de Wilcoxon	16,000
Z	-1,000
Sig. asintótica (bilateral)	,317
Significación exacta	,686^b
[2*(sig. unilateral)]	

a. Variable de agrupación: Tratamiento

b. No corregido para empates.

No presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p > 0,05$)

T0_T6

Rangos

	Tratamiento	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN	0	4	2,50	10,00
	6	4	6,50	26,00
	Total	8		

Estadísticos de prueba^a

	CN
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	10,000
Z	-2,460
Sig. asintótica (bilateral)	,014
Significación exacta	,029^b
[2*(sig. unilateral)]	

a. Variable de agrupación: Tratamiento

b. No corregido para empates.

Presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p < 0,05$)

T0_T11

Prueba de Mann-Whitney

Rangos				
	Tratamiento	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN	0	4	2,50	10,00
	11	4	6,50	26,00
	Total	8		

Estadísticos de prueba ^a	
	CN
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	10,000
Z	-2,460
Sig. asintótica (bilateral)	,014
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,029^b

a. Variable de agrupación: Tratamiento

b. No corregido para empates.

Presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p < 0,05$)

T5_T6

Prueba de Mann-Whitney

Rangos				
	Tratamiento	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN	5	4	2,75	11,00
	6	4	6,25	25,00
	Total	8		

Estadísticos de prueba ^a	
	CN
U de Mann-Whitney	1,000
W de Wilcoxon	11,000
Z	-2,071
Sig. asintótica (bilateral)	,038
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,057^b

a. Variable de agrupación: Tratamiento

b. No corregido para empates.

No presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p > 0,05$)

T5_T11

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Tratamiento	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN	5	4	2,50	10,00
	11	4	6,50	26,00
	Total	8		

Estadísticos de prueba^a

	CN
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	10,000
Z	-2,366
Sig. asintótica (bilateral)	,018
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,029^b

a. Variable de agrupación: Tratamiento

b. No corregido para empates.

Presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p < 0,05$)

T6_T11

Prueba de Mann-Whitney

Rangos

	Tratamiento	N	Rango promedio	Suma de rangos
CN	6	4	3,25	13,00
	11	4	5,75	23,00
	Total	8		

Estadísticos de prueba^a

	CN
U de Mann-Whitney	3,000
W de Wilcoxon	13,000
Z	-1,443
Sig. asintótica (bilateral)	,149
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,200 ^b

a. Variable de agrupación: Tratamiento

b. No corregido para empates.

No presenta diferencias significativas según Mann-Whitney ($p > 0,05$)

Anexo 20: Acreditación nacional e internacional de laboratorios



CERTIFICATE OF ACCREDITATION

This is to attest that

ENVIRONMENTAL TESTING LABORATORY S.A.C.

CA.CALLE B MZ. C LT40-URB. INDUSTRIAL ENABLING
LIMA 31, REPUBLIC OF PERU

Testing Laboratory TL-659

has met the requirements of AC89, *IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories*, and has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. This organization is accredited to provide the services specified in the scope of accreditation.

Effective Date November 5, 2020



Visit www.iasonline.org for current accreditation information.



CERTIFICATE OF ACCREDITATION

This is to attest that

SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.

AV. NACIONES UNIDAS 1565, CHACRA RIOS NORTE
LIMA 1, REPUBLIC OF PERU

Testing Laboratory TL-829

has met the requirements of AC89, *IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories*, and has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. This organization is accredited to provide the services specified in the scope of accreditation.

Expiry Date February 1, 2025

Effective Date November 2, 2023



IAS is an ILAC MRA Signatory

Visit www.iasonline.org for current accreditation information.



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

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Naciones Unidas N° 1565, Urb. Chacra Ríos Norte, distrito de cercado de Lima, departamento de Lima.

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 del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 25 de marzo de 2021

Fecha de Vencimiento: 24 de marzo de 2025



Fecha de emisión: 26 de marzo de 2021

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/categoria/acreditados 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 Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

Anexo 21: Certificado de fabricación de equipos

CERTIFICADO DE FÁBRICA

Se certifica que el equipo individualizado más adelante, cumple con las prescripciones que han sido establecidas en la normativa vigente.

Modelo **PCE-PF20S**

N° de serie **TF01081 – S.062905**

Año **2021**

Esta declaración es válida para todos los ejemplares del producto que tengan idénticas características y que hayan sido fabricados según las descripciones y bocetos de desarrollo, construcción y fabricación.

Asimismo se declara que el equipo viene calibrado de fábrica y ha sido comprobado en el momento de su fabricación asegurando que las mediciones y tolerancias cumplen con las siguientes especificaciones técnicas.

Especificaciones técnicas

Rangos de medición	0,00...14,00 pH
Resolución	0,01 pH
Precisión	±0,07 pH (en un rango de 5 ... 9 pH) ±0,1 pH (en un rango de 4 ... 4,9 y 9,1 ... 10 pH)±0,2 pH (en un rango de 1 ... 3,9 y 10 ... 13 pH)
Calibración	Automática, a través de las soluciones de calibración con un valor de pH de 4, 7 o 10
Electrodo	Electrodo pH para penetrar en la tierra
Alimentación	4 x pilas 1,5 V AAA
Condiciones ambientales	0 ... +60 °C / <80 % H.r.
Dimensiones	180 x 40 mm
Peso	220 g

Noviembre 2021

PCE Instruments Chile, S.A.
R.U.T.: 76.154.057-2
Calle Santos Dumont, N° 738, Local 4
Comuna de Recoleta
Santiago de Chile
Tel.: +56 2 2405 3238
E-mail: info@pce-instruments.cl



PCE Instruments Chile | Calle Santos Dumont N°738, Local 4 | Recoleta, Santiago

Teléfonos: +56 2 2405 3238 | +56 2 2405 3096 | Fax: +56 2 2873 3777

Email: info@pce-instruments.cl | www.pce-instruments.com/chile



CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Lima, 28 de mayo del 2021

Señores;

**COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ
EN EL PERU.**

Av. Prolongación Arenales 801
Lima-Perú

Atención:

Asunto: **Certificación de Operatividad**

Por medio del presente documento certificamos la operatividad de los siguientes equipos:

TERMOMETRO INFRARROJO TIPO K + USB SRF767 (FLUS IR-867) (MODELO: SRF767 (FLUS IR-867) / MARCA: TOTAL METER) SERIAL: 2016120003, con las siguientes características:

Especificaciones:

- Datos de medición convertidos automáticamente en formato CSV a tarjeta SD.
- Temperatura infrarroja y temperatura tipo K.
- 2.2 pulgadas de tres líneas de pantalla LCD grande con retroiluminación.
- El círculo láser incorporado con 13 puntos láser aumenta la precisión del blanco.
- Monitoreo y grabación en tiempo real de PC.
- Selección °C / °F
- Alarma alta / baja ajustable.
- Indicador de baja potencia / Fuera de rango (OL).
- Apagado automático.

MEDIDOR DE HUMEDAD EN CONCRETO MC7825S (SR68) (MODELO: MC7825S/ MARCA: TOTAL METER) SERIAL: N920366, con las siguientes características:

Descripción:

Medidor de humedad compacto y ligero calcula la humedad en una amplia gama de materiales y es la herramienta definitiva que se necesita en multitud de trabajos.

Con este aparato se acabaron las conjeturas. La pantalla digital LCD te muestra en forma clara y precisa la lectura que está realizando mientras que las luces de colores indican la condición del material que está siendo testado.

Se encuentran en funcionamiento: **OPERATIVOS Y EN BUEN ESTADO.**

Se expide el presente certificado a solicitud de la persona interesada para fines que crea conveniente.

GARANTÍA COMERCIAL

Lima, 28 de mayo del 2021

Señores:

**COOPERACION ALEMANA AL DESARROLLO - AGENCIA DE LA GIZ
EN EL PERU.**

Av. Prolongación Arenales 801
Lima-Perú

Mediante el presente, con pleno conocimiento de las condiciones generales que se exigen en las normas comerciales de venta en referencia a la adquisición de los siguientes equipos: Una (01) unidad de **TERMOMETRO INFRARROJO TIPO K + USB SRF767 (FLUS IR-867) (MODELO: SRF767 (FLUS IR-867) / MARCA: TOTAL METER) SERIAL: 2016120003** y una (01) unidad de **MEDIDOR DE HUMEDAD EN CONCRETO MC7825S (SR68) (MODELO: MC7825S/ MARCA: TOTAL METER) SERIAL: N920366**; mediante orden de compra número 91151137, factura electrónica F001-000000039. **ARMOTEC CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.**, se compromete a ofrecer:

Un Tiempo de Garantía Comercial de un año (12 meses) por defectos de fabricación, el cual se encuentra comprendido a partir de la fecha de recepción de los equipos.

