

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS**  
**NATURALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE**  
**RECURSOS NATURALES**



**“EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA  
ORGÁNICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA  
ESPECIE ENDÉMICA HUAMANPINTA (*Chuquiraga  
spinosa* Lees.) EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN  
MINERA ARIANA, JUNÍN”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**

**AUTORES:**

**JOSÉ HUMBERTO ALVARADO MEJÍA**

**NANCY ANAÍS MORALES LÓPEZ**

**ANDREA STEFANY RAMIREZ DAVILA**

**ASESOR: MTRO. CARLOS ODORICO TOME RAMOS**

**Callao, 2024**

**PERÚ**





# 1A; ALVARADO MEJÍA-José Humberto; MORALES LÓPEZ-Nancy Anaís; RAMÍREZ DÁVILA-Andrea Stefany\_TESIS

12%  
Textos  
sospechosos



11% Similitudes  
2% similitudes  
entre comillas  
0% entre las  
fuentes  
mencionadas  
1% Idiomas no  
reconocidos

Nombre del documento: 1A; ALVARADO MEJÍA-José Humberto;  
MORALES LÓPEZ-Nancy Anaís; RAMÍREZ DÁVILA-Andrea  
Stefany\_TESIS.pdf  
ID del documento: dd53e52deed03ead174ab4344c078865a7c9a044  
Tamaño del documento original: 2,3 MB

Depositante: FIARN PREGRADO UNIDAD DE  
INVESTIGACION  
Fecha de depósito: 6/2/2024  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 6/2/2024

Número de palabras: 20.234  
Número de caracteres: 129.413

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositoriosidca.csuca.org/Record/RepoUNANM13061">repositoriosidca.csuca.org</a>   Descripción: Efectos del Biochar sobre el crecimiento... https://repositoriosidca.csuca.org/Record/RepoUNANM13061	1%		🔗 Palabras idénticas: 1% (217 palabras)
2	<a href="https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4085/T033_76262382_T.pdf?sequenc...">repositorio.unasam.edu.pe</a> https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4085/T033_76262382_T.pdf?sequenc... 5 fuentes similares	1%		🔗 Palabras idénticas: 1% (221 palabras)
3	<a href="https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/20.500.12737/1841/1/Rafael_Tesis_Doctorado_201...">repositorio.unapiquitos.edu.pe</a> https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/20.500.12737/1841/1/Rafael_Tesis_Doctorado_201...	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (151 palabras)
4	<a href="https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/20.500.12737/4733/1/Omar_Tesis_Titulo_2004.pdf">repositorio.unapiquitos.edu.pe</a> https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/20.500.12737/4733/1/Omar_Tesis_Titulo_2004.pdf	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (148 palabras)
5	<a href="https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0187-57792021000100138">www.scielo.org.mx</a>   Efecto de la aplicación de biocarbón en el rendimiento de m... https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792021000100138 3 fuentes similares	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (171 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #1cd50b 🔗 El documento proviene de otro grupo	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
2	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/20.500.12996/4483/1/zamora-bringas-gilber-paolo.pdf">repositorio.lamolina.edu.pe</a> http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/20.500.12996/4483/1/zamora-bringas-gilber-paolo.pdf	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	Documento de otro usuario #675aa8 🔗 El documento proviene de otro grupo	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
4	<a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16145/1/TTUACA-2020-IA-DE00028.pdf">repositorio.utmachala.edu.ec</a> http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16145/1/TTUACA-2020-IA-DE00028.pdf	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
5	<a href="https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/11205/3/TORRES TORRES JUAN CARLOS .pdf.txt">dspace.ucacue.edu.ec</a> https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/11205/3/TORRES TORRES JUAN CARLOS .pdf.txt	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

## **HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN**

MIEMBROS DEL JUARADO EVALUADOR

PRESIDENTA: MS. C. MARIA ANTONIETA GUTIERREZ DIAZ

SECRETARIO: MTRO. AMERICO CARLOS MILLA FIGUEROA

MIEMBRO: MTRO. ABNER JOSUÉ VIGO ROLDAN

ASESOR: MTRO. CARLOS ODORICO TOME RAMOS

Nº DE LIBRO: 001

Nº DE FOLIO: 025

Nº DE ACTA: 001

FECHA DE APROBACION DE TESIS: 07 DE FEBRERO, 2024

RESOLUCIÓN DE JURADO: Nº 060-2023-D-FIARN de 26 junio de 2023

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

## COMISION DE GRADOS Y TITULOS

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

N° 001-2024-JEDT-FIARN

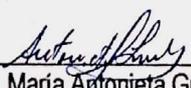
Siendo las 14:12 horas del día miércoles 07 de febrero del 2024, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales ubicado en la Av. Juan Pablo II N° 306-Bellavista-Callao; en cumplimiento de la resolución N° 005-2024-D-FIARN de fecha 29 de enero del 2024, se dio inicio a la sustentación de la Tesis titulada "EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA ORGÁNICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDÉMICA HUAMANPINTA (*Chuquiraga spinosa* Lees.) EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA ARIANA, JUNÍN", presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales de los Bachilleres ALVARADO MEJÍA, José Humberto, MORALES LÓPEZ, Nancy Anais y RAMÍREZ DÁVILA, Andrea Stefany, contando con la asistencia del Jurado Sustentación y Asesor a fin de dar cumplimiento a la Resolución N° 060-2023-D-FIARN de fecha 26 de junio del 2023, los mismos que están integrados por los siguientes docentes:

Ms.C. María Antonieta Gutiérrez Díaz	(Presidenta)
Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa	(Secretario)
Mtro. Abner Josué Vigo Roldán	(Vocal)
Mtro. Carlos Odorico Tome Ramos	(Asesor)

Terminada la exposición y la absolución de las preguntas del Jurado de Sustentación, se invita a los Bachilleres y al público en general se retiren del Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, para las deliberaciones del caso.

Luego de las deliberaciones el Jurado de Sustentación acuerda APROBAR POR UNANIMIDAD, con la escala de calificación cualitativa MUY BUENO y calificación cuantitativa DIECISIETE (17) la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio del 2023.

En señal de conformidad firma el Jurado de Sustentación, siendo las 15:22 horas del día miércoles 07 de febrero del 2024.

  
Ms.C. María Antonieta Gutiérrez Díaz  
Presidenta

  
Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa  
Secretario

  
Mtro. Abner Josué Vigo Roldán  
Vocal

  
Mtro. Carlos Odorico Tome Ramos  
Asesor



INFORME 001 - PJSTs - 2024.

PARA: DRA. CARMEN BARRETO PIO  
DECANA FIARN-UNAC.

DE: MSC. MARÍA ANTONIETA GUTIÉRREZ DIAZ  
PRESIDENTA DE JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.

**ASUNTO:** Informe del proceso de Sustentación de Tesis de los bachilleres:  
José Humberto Alvarado Mejía, Nancy Anaís Morales López y Andrea Stefany  
Ramírez Dávila.

Fecha: Bellavista, 08 de febrero de 2024.

Tengo a bien dirigirme a usted para saludarla cordialmente y así mismo informarle a su despacho respecto al Acto de Sustentación de Tesis:

1.- Qué a través de la Resolución N°060-2024-D-FIARN, de fecha 29 de enero del 2024, se designa al Jurado de Sustentación de Tesis titulada: "EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA ORGÁNICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDÉMICA HUAMANPINTA (Chuquiraga spinosa Lees.) EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA ARIANA, JUNÍN", presentado por los bachilleres José Humberto Alvarado Mejía, Nancy Anaís Morales López y Andrea Stefany Ramírez Dávila, para la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales. La sustentación se llevó a cabo el día 07 de febrero del 2024.

2.- Qué a las 14:00 horas del día 07 de febrero del 2024, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, se reunieron los miembros del Jurado de Sustentación, para dar cumplimiento a la Resolución N°060-2024-D-FIARN, dicho Jurado estuvo conformado por los siguientes docentes:

Ms.C. María Antonieta Gutiérrez Díaz	Presidente
Mtro. Américo Carlos Milla Figueroa	Secretario
Mtro. Abner Josué Vigo Roldán	Vocal
Mtro. María Lucila Gabriel Gaspar	Suplente

Así mismo, estuvo presente el Mtro. Carlos Odorico Tome Ramos en calidad de Asesor.

3.- Qué en acto público de manera presencial, se dio inicio a la sustentación de tesis en conformidad con lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó: Dar por **APROBADO** la tesis sustentada con la escala de calificación cualitativa de **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **DIECISIETE (17)**.

4.- Elevar al despacho de Decanato el presente Informe y Acta de Sustentación de Tesis, a fin se continúe con el trámite correspondiente según normativa.

Es todo cuanto debo informar Sra. Decana, sin otro particular quedo de usted;

Atentamente

Pdte. JSTs

## DEDICATORIA

Al regalo más hermoso que Dios y la vida supo entregarme, mi hija Gahela Alessandra; la personita más importante de mi vida, energía pura y motivo para luchar y salir adelante. Por ella y para ella todo mi esfuerzo y dedicación.

José Humberto Alvarado Mejía

A Dios, por sostener mi mano y guiarme por el camino de la sabiduría; a mi amada madre Elcirita, que me ilumina desde el cielo; a mis padres y a mi hija por ser mi fortaleza para seguir luchando por cumplir mis sueños.

Nancy Anaís Morales López

A Dios, porque me guía en cada paso que doy; a mi mamita Justa, que me enseñó lo más hermoso de la vida, y a mi madre, que es mi motor para poder siempre superarme y dar lo mejor de mí.

Andrea Stefany Ramírez Dávila

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por habernos guiado en cada paso a lo largo de nuestra carrera en la universidad, por guiarnos a lo largo de la investigación y que ahora nos permite dar el siguiente paso en nuestras vidas como profesionales.

A nuestros padres, quienes nos brindan su apoyo, su esfuerzo y la motivación para lograr nuestras metas y sueños, siempre con la bendición de Dios.

A la Universidad Nacional del Callao, a nuestra facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales de la Universidad Nacional del Callao y a nuestros docentes que fueron parte fundamental en nuestra formación profesional, logrando transmitirnos el compromiso de contribuir con nuestro país.

A nuestro Asesor de Tesis, Mtro. Carlos Odorico Tome Ramos, por su apoyo y orientación en el proceso del desarrollo de nuestra tesis.

Los autores.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	16
<b>ABSTRACT</b> .....	17
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	18
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	20
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	20
1.2. Formulación del problema.....	21
1.2.1. Problema general.....	21
1.2.2. Problemas específicos.....	22
1.3. Objetivos de la investigación.....	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
1.4. Limitantes de la investigación .....	22
1.4.1. Limitante teórica.....	22
1.4.2. Limitante temporal.....	23
1.4.3. Limitante espacial.....	23
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	25
2.1. Antecedentes del estudio.....	25
2.1.1. Internacionales.....	25
2.1.2. Nacionales.....	27
2.2. Bases Teóricas.....	30
2.2.1. El biocarbón.....	30
2.2.2. Producción del biocarbón.....	34

2.2.3. El biocarbón como enmienda en el suelo.....	34
2.2.4. Efecto del biocarbón para el desarrollo de una planta.....	35
2.2.5. Huamanpinta ( <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.).....	36
2.2.6. Hábitat y distribución geográfica.....	36
2.2.7. Distribución taxonómica.....	37
2.3. Marco conceptual.....	38
2.3.1. Efecto del biocarbón como enmienda orgánica.....	38
2.3.2. Adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta.....	39
2.4. Definiciones de términos básicos.....	40
<b>III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>43</b>
3.1. Hipótesis .....	43
3.1.1. Operacionalización de la variable.....	44
<b>IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>46</b>
4.1. Tipo y diseño de investigación .....	46
4.2. Método de investigación.....	46
4.2.1. Producción de biocarbón con residuos orgánicos.....	48
4.2.2. Evaluación de la fitotoxicidad del biocarbón mediante bioensayos de germinación de semillas de lechuga.....	53
4.2.3. Preparación del terreno y plantación del esqueje.....	57
4.2.4. Determinación del efecto del biocarbón.....	64
4.3. Población y muestra.....	64
4.3.1. Población.....	64
4.3.2. Muestra.....	65
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	65
4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información .....	66

4.5.1. Técnica.....	67
4.5.2. Instrumentos.....	67
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	69
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>70</b>
5.1. Resultados descriptivos .....	70
5.1.1. Resultados de los bioensayos de fitotoxicidad del biocarbón.....	70
5.1.2. Caracterizaciones fisicoquímicas y elementales del biocarbón.....	71
5.1.3. Efecto del biocarbón en las propiedades fisicoquímicas en el suelo.....	72
5.1.4. Efecto del biocarbón en las propiedades microbiológicas del suelo.....	81
5.1.5. Efecto del biocarbón en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta.....	86
5.2. Resultados Inferenciales .....	93
5.2.1. Efecto de las dosis de biocarbón sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo.....	93
5.2.2. Efecto de las dosis de biocarbón sobre las propiedades microbiológicas del suelo.....	96
5.2.3. Efecto de las dosis de biocarbón en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta.....	98
<b>VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>103</b>
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados ..	103
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	105
6.2.1. El biocarbón y su efecto en las propiedades fisicoquímicas del suelo.....	105
6.2.2. El biocarbón y su efecto en las propiedades microbiológicas en	

el suelo.....	105
6.2.3. El biocarbón y su efecto en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta.....	106
6.3. Responsabilidad ética .....	106
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>109</b>
<b>IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>110</b>
<b>X. ANEXO.....</b>	<b>122</b>

## TABLAS DE CONTENIDO

<b>Tabla 1</b> Matriz de Operacionalización de variables .....	44
<b>Tabla 2</b> Matriz experimental para pruebas de fitotoxicidad para semillas de Lechuga. ....	56
<b>Tabla 3</b> Matriz experimental para cada tratamiento en la plataforma. ....	60
<b>Tabla 4</b> Configuración experimental de la Fila N° 1 en la plataforma. ....	60
<b>Tabla 5</b> Configuración experimental de la Fila N° 2 en la plataforma. ....	61
<b>Tabla 6</b> Configuración experimental de la Fila N° 3 en la plataforma. ....	61
<b>Tabla 7</b> Configuración experimental de la Fila N° 4 en la plataforma .....	62
<b>Tabla 8</b> Fichas de recolección.....	67
<b>Tabla 9</b> Ensayos de laboratorios para los indicadores fisicoquímicos del suelo. ....	68
<b>Tabla 10</b> Ensayos de laboratorio para los indicadores microbiológicos del suelo. ....	69
<b>Tabla 11</b> Ensayos de laboratorio para análisis elemental de biocarbón. ....	69
<b>Tabla 12</b> Valores máximos del crecimiento de semillas germinadas, crecimiento de Radícula (cm) y crecimiento de Hipocótilo (cm) por dosis de biocarbón .....	71
<b>Tabla 13</b> Propiedades fisicoquímicas del biocarbón de residuos orgánicos.	71
<b>Tabla 14</b> Propiedades elementales del biocarbón de residuos sólidos orgánicos.....	72
<b>Tabla 15</b> Resultados de las propiedades fisicoquímicas de los diferentes tratamientos. ....	73
<b>Tabla 16</b> Resultados de la variación microbiológica. ....	82
<b>Tabla 17</b> Resultados de indicadores de la adaptabilidad de la especie Huamanpinta.....	86

<b>Tabla 18</b> Indicadores de número de hojas y altura del esqueje.....	91
<b>Tabla 19</b> Normalidad de las propiedades fisicoquímicas del suelo.....	94
<b>Tabla 20</b> Análisis t-Student de los indicadores paramétricos fisicoquímicos del suelo. ....	96
<b>Tabla 21</b> Análisis Chi <sup>2</sup> de los indicadores fisicoquímicos no paramétricos como en CaCO <sub>3</sub> y Arcilla. ....	96
<b>Tabla 22</b> Normalidad de los indicadores microbiológicos del suelo.....	97
<b>Tabla 23</b> Análisis t-Student de los indicadores microbiológicos del suelo. ..	98
<b>Tabla 24</b> Normalidad de los indicadores de adaptabilidad de la especie Huamanpinta.....	99
<b>Tabla 25</b> Análisis Kruskal-Wallis, rangos promedio de los indicadores de la adaptabilidad de la especie Huamanpinta .....	101
<b>Tabla 26</b> Análisis Kruskal-Wallis de los indicadores de la adaptabilidad de la especie Huamanpinta .....	102

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Biocarbón obtenido de residuos orgánicos. ....	30
<b>Figura 2</b> <i>Chuquiraga Spinosa</i> Lees. “Huamanpinta” .....	36
<b>Figura 3</b> Etapas de la Metodología de Investigación.....	47
<b>Figura 4</b> Actividades para cada etapa de estudio.....	47
<b>Figura 5</b> Procedimiento para la producción de biocarbón. ....	48
<b>Figura 6</b> Reducción de la humedad de los residuos orgánicos. ....	49
<b>Figura 7</b> Secado a temperatura ambiente de los residuos orgánicos.....	50
<b>Figura 8</b> Control del peso diario de los residuos orgánicos recolectados....	50
<b>Figura 9</b> Producción de biocarbón en el horno de doble tambor. ....	51
<b>Figura 10</b> Retiro del biocarbón producido. ....	51
<b>Figura 11</b> Homogenización del biocarbón. ....	52
<b>Figura 12</b> Proceso para la determinación de la fitotoxicidad del biocarbón. 54	
<b>Figura 13</b> Pesaje de los tratamientos de fitotoxicidad. ....	54
<b>Figura 14</b> Colocación de semillas de lechuga en cada recipiente.....	55
<b>Figura 15</b> Riego para germinación de Lechuga y evaluación de fitotoxicidad. .....	55
<b>Figura 16</b> Pasos para la preparación del terreno y plantación del esqueje. 57	
<b>Figura 17</b> Delimitación de la plataforma de estudio.....	58
<b>Figura 18</b> Diseño de la plataforma en filas y surcos.....	58
<b>Figura 19</b> Plantación de esquejes en el área de trabajo. ....	63
<b>Figura 20</b> Riego por goteo a las plantaciones de esquejes.....	63
<b>Figura 21</b> Ubicación del Área de estudio.....	66
<b>Figura 22</b> Variabilidad del pH según los diferentes tratamientos con biocarbón. ....	74

<b>Figura 23</b> Variabilidad de la conductividad según los diferentes tratamientos con biocarbón.....	75
<b>Figura 24</b> Variabilidad de CaCO <sub>3</sub> según los diferentes tratamientos con biocarbón. ....	75
<b>Figura 25</b> Variabilidad de la materia orgánica según los diferentes tratamientos con biocarbón.....	76
<b>Figura 26</b> Variabilidad de Fósforo según los diferentes tratamientos con biocarbón. ....	77
<b>Figura 27</b> Variabilidad de Potasio según los diferentes tratamientos con biocarbón. ....	78
<b>Figura 28</b> Variabilidad de la granulometría del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.....	79
<b>Figura 29</b> Variabilidad del CCI del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón. ....	80
<b>Figura 30</b> Variabilidad de cationes cambiabiles del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.....	81
<b>Figura 31</b> Variabilidad de la Humedad gravimétrica del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón. ....	83
<b>Figura 32</b> Variabilidad de las bacterias del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.....	84
<b>Figura 33</b> Variabilidad de Hongos del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.....	85
<b>Figura 34</b> Variabilidad de Actinomicetos del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.....	86
<b>Figura 35</b> Estado de supervivencia de esquejes según los diferentes tratamientos con biocarbón.....	88
<b>Figura 36</b> Coloración de hojas de los esquejes según los diferentes tratamientos con biocarbón.....	89

<b>Figura 37</b> Vigorosidad de los esquejes según los diferentes tratamientos. .	90
<b>Figura 38</b> Variación de número de hojas de los esquejes según los diferentes tratamientos. ....	92
<b>Figura 39</b> Variación en la altura del esqueje según los diferentes tratamientos. ....	93

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín.

La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un diseño experimental de nivel explicativo. Se utilizó el método hipotético-deductivo con un enfoque cuantitativo. La población de estudio abarcó 40 esquejes de la especie Huamanpinta, los cuales fueron seleccionados mediante un muestreo probabilístico.

La obtención del biocarbón se realizó mediante el método de carbonización, utilizando residuos sólidos orgánicos del comedor del Proyecto Minero Ariana. Para evaluar el biocarbón, se llevaron a cabo ensayos de fitotoxicidad utilizando semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) para descartar posibles efectos tóxicos y determinar la dosificación adecuada para su aplicación.

En el experimento, se prepararon cuatro filas de suelo, cada una con 10 esquejes plantados, aplicando dosificaciones de 0%, 5%, 10% y 15% de biocarbón respecto al suelo. Los resultados indican que las propiedades fisicoquímicas del suelo muestran una diferencia significativa en comparación con el suelo inicial (control). Aunque se observa un ligero aumento en la comunidad microbiana, este efecto no fue significativo. En cuanto a los indicadores de adaptabilidad de los esquejes, se evidencia un impacto significativo en los tratamientos.

Los resultados demuestran que la aplicación del biocarbón mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo y favorece la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).

**Palabras claves:** Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees), adaptabilidad, biocarbón, método de carbonización, exploración minera.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of biochar as an organic soil amendment on the adaptability of the endemic species Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) in the Ariana Mining Exploration Project, Junín.

The methodology used was applied, with an explanatory level experimental design. The hypothetico-deductive method was used with a quantitative approach. The study population included 40 cuttings of the Huamanpinta species, which were selected through probabilistic sampling.

The biochar was obtained through the carbonization method, using organic solid waste from the Ariana Mining Project dining room. To evaluate the biochar, phytotoxicity tests were carried out using lettuce seeds (*Lactuca sativa*) to rule out possible toxic effects and determine the appropriate dosage for its application.

In the experiment, four rows of soil were prepared, each with 10 cuttings planted, applying dosages of 0%, 5%, 10% and 15% of biochar with respect to the soil. The results indicate that the physicochemical properties of the soil show a significant difference compared to the initial soil (control). Although a slight increase in the microbial community is observed, this effect was not significant. Regarding the adaptability indicators of the cuttings, a significant impact on the treatments is evident.

The results demonstrate that the application of biochar improves the physicochemical properties of the soil and favors the adaptability of the endemic species Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).

**Keywords:** Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), adaptability, biochar, carbonization method, mining exploration.

## INTRODUCCIÓN

En la etapa de construcción de un proyecto minero, las actividades de desbroce, obras civiles y movimiento de tierras, son las que generan un impacto significativo sobre la calidad del suelo; como la pérdida de cobertura vegetal, erosión del suelo y alteración de la vegetación, generando una amenaza para la preservación de especies endémicas.

El Proyecto de Exploración Minera Ariana, ubicado en el departamento de Junín, a más de 4400 m.s.n.m, tuvo como parte de sus compromisos ambientales realizar un plan de rescate de la vegetación alterada, debido a que durante su etapa de construcción se realizaron actividades de desbroce que generaron impactos sobre la biodiversidad. Como parte del plan de rescate se identificó a la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), la cual fue trasladada a un vivero temporal para preservarla. Sin embargo, se registró una notable pérdida de esta especie; debido a que no lograron adaptarse al nuevo entorno, esto podría deberse a cambios en las condiciones del suelo.

La especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), es un arbusto característico de zonas altoandinas, esta especie endémica es ampliamente conocida por sus propiedades medicinales y tiene un significativo valor en las comunidades locales, formando parte de su conocimiento ancestral y cosmovisión. Actualmente en la región de Junín, las comunidades han intensificado su explotación y es considerada como una especie casi amenazada.

Por otro lado, se ha tenido en cuenta experiencias internacionales, en las cuales se ha producido biocarbón a partir de distintos tipos de estiércol, residuos sólidos orgánicos, restos de poda, huesos de animales, etc.; cuyo uso ha generado resultados alentadores con respecto a la mejora de la calidad del suelo. Es por ello que esta investigación de enfoque cuantitativo, de tipo aplicativo y diseño experimental tuvo como objetivo evaluar el efecto del biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la

especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín.

Para el desarrollo de la parte experimental se considera cuatro etapas, la primera etapa es la producción de biocarbón reaprovechando los residuos sólidos orgánicos generados en el comedor del Proyecto Minero Ariana; la segunda etapa es la evaluación del biocarbón, para ello se realizó ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) con el fin de descartar algún posible efecto tóxico del biocarbón y determinar la dosificación adecuada a aplicar en el suelo; del análisis se obtiene que las dosificaciones son al 0%, 5%, 10% y 15% biocarbón/suelo; la tercera etapa es el acondicionamiento del área de trabajo y las plantaciones de 40 esquejes de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.). En la cuarta etapa, se procede a determinar el efecto del biocarbón sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, así como sobre la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta.

Para determinar la significancia del efecto del biocarbón en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, así como en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), se inició con un análisis del comportamiento de los datos mediante la evaluación de la normalidad. Este proceso fue crucial para seleccionar una prueba estadística apropiada que permitiera determinar la significancia de los resultados. Como resultados se tiene que los tratamientos presentan una diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo, a excepción del pH y el ion sodio, que no mostraron diferencias significativas. En cuanto a las propiedades microbiológicas iniciales del suelo, únicamente la humedad presentó una diferencia significativa. Asimismo, se observa que los indicadores de adaptabilidad presentaron una diferencia significativa, con la excepción de la coloración de espinas.

De los resultados obtenidos de los diferentes tratamientos, se llega a la conclusión de que el biocarbón tiene un efecto significativo tanto en las propiedades fisicoquímicas del suelo como en la adaptabilidad del esqueje.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel global, el desarrollo económico ha surgido debido a la explotación de los recursos naturales, lo que ha traído consigo impactos sobre el medio ambiente, como es la pérdida de vegetación. Una de las actividades más concurrentes en los países es la actividad de la minería que repercute en los distintos daños ambientales y los efectos en la salud provocando inestabilidad en la seguridad alimentaria, humana y medio ambiente (Tiezhu, 2018).

El Perú es uno de los países con mayor diversidad en metales, lo que genera que se realice una mayor intensificación de la explotación minera, por lo que el gobierno peruano ha establecido normativas con el fin de contrarrestar daños ambientales; sin embargo, la minería informal aún se encuentra generando impactos sobre el medio ambiente y sobre todo sobre la cobertura vegetal. Según la investigación de Chumbe (2022), nos indica que hay una correlación entre la cobertura vegetal y la minera, de un 60.50 % que nos indica que mientras más crece la minera se tiene como consecuente una reducción de la vegetación.

En la zona del Proyecto Ariana, ubicado en el departamento de Junín, en su etapa de construcción se han realizado las actividades de desbroce de la cobertura vegetal para la construcción de obras civiles y vías de acceso, encontrándose en la zona la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), con el fin de preservar a la especie, la empresa minera implementó un plan de rescate trasladando las plantas a un vivero temporal y utilizando esquejes, plántulas y plantas madre para su recuperación. Sin embargo, el monitoreo realizado a los 60 días después del trasplante, reveló que la mayoría de los individuos trasplantados no lograron sobrevivir (J. César Ingenieros & Consultores, 2018).

La especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), se enfrenta a desafíos significativos en su desarrollo, ya que muestra dificultades para adaptarse a las nuevas condiciones del suelo generado por la actividad

minera del Proyecto Ariana. La falta de adaptabilidad de la especie Huamanpinta a estas condiciones puede comprometer su supervivencia y destaca la importancia de implementar medidas para facilitar su adaptación y preservación. Según Carrasco y Ortiz (2011), una planta no se puede desarrollar cuando el suelo tenga una mala condición fisicoquímica, tenga déficit de agua, no pueda retener los nutrientes, no tenga drenaje y las condiciones climáticas no se la permitan.

La ausencia de implementación de medidas necesarias para la preservación de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), plantea un riesgo significativo de extinción, dado que se encuentra catalogada como especie casi amenazada, según D.S. 043-2006-AG. La supervivencia de esta especie se ve comprometida por diversos factores, como cambios en las condiciones del suelo, variaciones climáticas y otros elementos adversos del entorno. Es crucial tomar acciones adecuadas para garantizar la supervivencia y preservación de esta especie en peligro.

La presente investigación propone abordar el problema ambiental vinculado a la preservación de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), mediante la aplicación de biocarbón como enmienda orgánica del suelo. El objetivo es facilitar la adaptación de la especie a nuevos entornos, asegurando así su preservación. La utilización de biocarbón se plantea como una estrategia para mejorar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del suelo y proporcionar un sustrato más propicio para el desarrollo de la especie Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), contribuyendo así a su preservación.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto que genera el biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo?
- ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica sobre los microorganismos presentes en el suelo?
- ¿Cuál es la influencia de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.)?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto del biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo.
- Determinar el efecto de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica sobre los microorganismos presentes en el suelo.
- Determinar la influencia de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).

### **1.4. Limitantes de la investigación**

#### **1.4.1. Limitante teórica**

La limitación teórica principal en el desarrollo de la investigación fue la escasa información sobre la revegetación de suelos afectados por la actividad

minera utilizando la especie endémica Chuquiraga spinosa Lees, conocida como "Huamanpinta". Los limitados datos disponibles hicieron necesario la elaboración integral de un marco teórico referencial para abordar este vacío de conocimiento y avanzar en la comprensión de la aplicación de la "Huamanpinta" en el proceso de revegetación en un área del Proyecto Ariana.

#### **1.4.2. Limitante temporal**

La investigación sobre la adaptabilidad de la especie Huamanpinta en el contexto del Proyecto Minero Ariana se ve considerablemente influenciada por diversas limitaciones temporales. Las medidas de estado de emergencia, instauradas en respuesta a la pandemia, han impuesto restricciones significativas, limitando el acceso a las instalaciones del proyecto y perturbando las actividades de campo previamente planificadas. Estos obstáculos han tenido un impacto sustancial en la ejecución de la investigación, alterando la continuidad y la secuencia temporal de las operaciones.

Además, la demora en la entrega de resultados del laboratorio, atribuible a la elevada demanda de servicios tras la reapertura post pandemia, emerge como una limitante temporal significativa. Este retraso compromete la fluidez temporal de la investigación al afectar la velocidad con la que se procesan y entregan los resultados analíticos necesarios para avanzar en el estudio.

La adaptabilidad del esqueje de la especie Huamanpinta al nuevo entorno plantea un desafío temporal crucial, debido al tiempo requerido para que se manifiesten cambios significativos en el esqueje y para evaluar de manera completa su capacidad de adaptación. Además, la fase experimental de esta investigación se llevó a cabo durante los meses de mayo a julio de 2022, un periodo caracterizado por una baja incidencia de precipitaciones. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta época del año se ve impactada por el cambio de estación, lo que dio lugar a heladas que pudieron afectar la fijación del biocarbón en el suelo y la adaptabilidad de la especie endémica en estudio.

#### **1.4.3. Limitante espacial**

La ejecución de la investigación se llevó a cabo en el Proyecto Ariana,

situado en el paraje de Huancash, a unos 10 km del centro poblado del distrito de Marcapomacocha, en la provincia de Yauli, departamento de Junín. El acceso al Proyecto Ariana desde Lima se realiza mediante la Carretera Central hasta el km 119, en la altura del puente Chinchán. A partir de este punto, se toma un desvío, marcado como el inicio de la carretera afirmada Casapalca-Marcapomacocha. Luego, aproximadamente en el km 25 (zona Cuevas), se toma otro desvío hacia el oeste, recorriendo 10 km adicionales hasta alcanzar el área de desarrollo del estudio. El trayecto total desde Lima hasta el Proyecto Ariana es de aproximadamente 160 km, con un tiempo estimado de llegada de alrededor de 5 horas.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

#### 2.1.1. Internacionales

Chávez (2022), en su tesis titulada “Efecto del Biocarbón en el Cultivo de Tomate riñón (*Solanum lycopersicum L.*), Chaltura, Antonio Ante” desarrollada en Ecuador, tuvo como objetivo evaluar el efecto del biocarbón como enmienda combinada con dos tipos de fertilización: orgánica y química, sobre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento del tomate riñón (*Solanum lycopersicum L.*) bajo invernadero. Las variables evaluadas fueron de materia seca, categoría de frutos y rendimiento (t ha<sup>-1</sup>). Además, se realizó un análisis de composición química del suelo de cada UE para evaluar la variación del pH, la capacidad de intercambio (CIC), y los macros y micro nutrientes. Los rendimientos obtenidos para cada tratamiento fueron de 1137.52, 132.30, 140.85 y 138.69 t ha<sup>-1</sup> para FQ, FO, B+FQ, B+FO, respectivamente. Concluyéndose que el rendimiento con biocarbón optimo fue el de 30 % y que el rendimiento del cultivo con enmienda de biocarbón fueron superiores a su respectivo tratamiento de control. Así mismo se indica que “el uso de biocarbón combinado con la fertilización química mejoró la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el pH y la biodisponibilidad de nutrientes e incrementó el rendimiento en el cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum L.*)”.

Santamaria y Rossignoli (2021), en su tesis titulada “Efecto de la aplicación de biocarbón sobre propiedades químicas de suelo y desarrollo y rendimiento de lechuga” desarrollado en Honduras, tiene como objetivo evaluar el efecto de las diferentes dosis de biocarbón en las propiedades químicas de suelo y desarrollo y rendimiento de lechuga. Para esta investigación se realizó la producción del biocarbón a partir de la quema (pirolisis) de la materia olote como materia prima, los cuales se han dispuestos en cinco tratamientos, de tres dosis de biocarbón (4.5, 9 y 13.5 t/ha), comparadas con un testigo comercial y un testigo absoluto, evaluándose el pH y la conductividad eléctrica del suelo, el contenido de clorofila (SPAD) en la planta, es peso fresco foliar y radicular y

rendimientos a los 14, 21, 28 y 35 días después del trasplante (DDT). Como resultado de esta investigación se tiene que la incorporación de biocarbón en dosis desde 4.5 a 13.5 toneladas por hectárea tuvo efecto en el peso fresco foliar de la lechuga únicamente a los 21 y 35 DDT siendo el BC-13.5 el que mayor efecto tuvo, y que tratamiento de 13.5 se generó un mayor efecto en el rendimiento del cultivo obteniendo 22.76 toneladas por hectárea en comparación a los tratamientos testigos.

Mondragón, Medina, Sánchez y Núñez (2021), en su artículo titulado “Efecto de la aplicación de biocarbón en el rendimiento de maíz en Michoacán, México”, tuvo como objetivo evaluar el efecto del biocarbón en el rendimiento y la respuesta de variables agronómicas de un maíz comercial en Maravatío, Michoacán. El biocarbón que se utilizó se obtuvo de biomasa seca de olotes de maíz usando el método de pirólisis, el cual se aplicó en suelos arcillosos finamente triturado a tasas de 1% (T1), 2% (T2) y un control 0% (T0), las cuales fueron calculadas en base al peso del suelo de la capa arable (10 cm). Mientras que la dosis de fertilización para todas las parcelas fue de 200N-80P- 150K-30S. El diseño fue en bloques al azar con cuatro repeticiones de 9 m<sup>2</sup> cada una. Los resultados indican un incremento en el rendimiento de 1.2 Mg ha<sup>-1</sup> (T1) y 1 Mg ha<sup>-1</sup> (T2), con respecto al control (T0). El peso de la mazorca, de grano por planta, olote y longitud de mazorca es mayor en el T1. La altura de la planta y diámetro de tallo fue mayor en T2. Se concluye que el biocarbón es una alternativa viable para aumentar la producción de maíz y favorece el desarrollo vegetativo de la planta en la región.

Jomara et al. (2020), en su tesis titulada “Efectos del Biochar sobre el crecimiento y sobrevivencia de seis especies forestales con potencial uso para la restauración de suelos degradados” desarrollada en Nicaragua, tuvo como objetivo evaluar el efecto del biochar (en español biocarbón) sobre el crecimiento y sobrevivencia de plántulas de seis especies forestales con potencial uso para la restauración de suelos degradados. Las especies evaluadas fueron: *Cedrela odorata* L (Meliaceae), *Swietenia humilis* Zucc (Meliaceae), *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. (Bignoniaceae), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (Boraginaceae),

*Guazuma ulmifolia* Lam (Malvaceae), *Crescentia alata* (Bignoniaceae). El experimento consistió en colocar una planta por bolsa con 20 repeticiones de cada tratamiento en un diseño completamente aleatorizado (20 repeticiones x 6 especies x 5 dosis, n = 600). Las dosis de biocarbón aplicadas fueron: control, 0.25%, 5%, 10% y 20% en función del volumen de las bolsas. Las plantas fueron regadas a capacidad de campo una vez por semana y permanecieron en vivero durante 100 días. Se concluye que la especie que mejor respondió a todos los tratamientos y presentó los valores más altos en la mayoría de las variables fue *G. ulmifolia*, seguido de *C. alata* y *C. odorata*. Las plántulas produjeron mayor biomasa seca de tallo, hoja y total en suelo con 2.5% de biocarbón, mientras que produjeron mayor biomasa de raíz en el tratamiento de 10% biocarbón. Estos resultados coinciden con el hecho de que el biochar como enmienda de suelo tiene un gran potencial para ser usados en las prácticas de restauración ecológica de suelos degradados.

### **2.1.2. Nacionales**

Solisor (2021), en su tesis titulada “Efecto del Biochar del Eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del Rabanito (*Raphanus Sativus*) - Huánuco 2020”, tuvo como objetivo comparar el efecto del biochar del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) para la mejora de la calidad del suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*). La metodología que se empleó para obtener la muestra fue el tipo de muestreo no probabilístico, siendo el muestreo intencionado o por conveniencia, usándose 15 bandejas; las 5 primeras contuvieron 15 kg de tierra pobre a las cuales se les evaluó las características físicas, químicas y a la vez se sembró el rabanito en este suelo; las otras 10 bandejas contuvieron 15 kg de sustrato cada una, con una concentración de biochar (en español biocarbón) al 15% para 5 bandejas y 30% para las otras 5, donde se sembró el rabanito y se evaluó por 45 días al final se tomaron las muestras de suelo por cada bandeja para corroborar si el biocarbón tuvo efecto en las propiedades fisicoquímicas del suelo. Se concluye que se logra demostrar que el biocarbón producido de eucalipto tiene un impacto significativo respecto a la calidad del suelo, para todos

los parámetros evaluados con excepción del Limo según el análisis mecánico del suelo este no se ve favorecido ni afectado. Los tratamientos tienen efectividad en los parámetros de calidad del suelo sin embargo el tratamiento del suelo con 30% de biocarbón de *Eucalyptus globulus*; tiene un mayor efecto en las características fisicoquímicas del suelo, ya que los parámetros en evaluación según la calidad de suelo analizada pasan de un promedio bajo a un promedio medio y alto.

Loyola y Ochoa (2021), en su tesis titulada “Biochar de biomasa residual por Pirólisis Lenta para la germinación y crecimiento de la semilla del *Prosopis limensis* en el distrito de Cieneguilla”, tuvo como objetivo evaluar el biochar a partir de biomasa residual por pirólisis lenta para la germinación y crecimiento del *Prosopis limensis* (huarango) en el distrito de Cieneguilla. El Biochar (en español bicarbón) se obtuvo a partir de biomasa residual lignocelulósica proveniente del mantenimiento de áreas verdes públicas y privadas del distrito de Cieneguilla con la técnica de pirólisis lenta usando un reactor pirolítico de cortina de llamas, con la finalidad de usarlo como producto de enmienda en concentraciones de 0%, 10%, 20% y 30% sobre la germinación y características fenológicas de semillas de huarango. Primero para el uso del biocarbón se caracterizaron las propiedades física y químicamente las biomásas originales y el biocarbón obtenido en laboratorio. Luego las semillas de huarango fueron colocadas en sustratos con concentraciones de 0%, 10%, 20% y 30% en peso de biocarbón recién obtenido y biocarbón activado biológicamente y se colocaron en bolsas de almacigo de 2 kg en el vivero municipal, posteriormente se evaluaron las variables de germinación, crecimiento de plántulas, número de pinnas y longitud de raíz, determinándose que el biocarbón al 10% de concentración tuvo mejores respuestas en las plántulas de huarango. La concentración de carbono orgánico en el sustrato se incrementó tras la incorporación de biocarbón como producto de enmienda.

Huerta (2019), en su tesis titulada “Influencia del Biocarbón elaborado con residuos sólidos orgánicos sobre la calidad y producción del cultivo de la papa en el centro experimental ecológico de Tuyu Ruri, noviembre 2018 a abril 2019”,

tuvo como objetivo determinar la influencia del biocarbón con residuos orgánicos sobre la calidad del cultivo de la papa en el Centro Experimental Ecológico (CEE) de Tuyu Ruri. La investigación fue experimental y la población estuvo representada por el cultivo de la papa del CEE de Tuyu Ruri. En tanto la muestra fue representada por el cultivo de la papa tratada con diferentes porcentajes de biocarbón elaborado con residuos orgánicos (5% ,10% y 15%) y muestras en blanco (0%), las cuales todas poseían cuatro repeticiones. Los resultados obtenidos se indica que el biocarbón generado de los residuos sólidos orgánicos proporcionan nutrientes, elementos que influyen en las características al suelo; así mismo también se indica que el cultivo tratado con biocarbón evidencio mejoras significativas en la altura, el estado fitosanitario, la cantidad y peso de las papas obtenidas teniéndose como uno de sus mejores tratamientos el de porcentaje de biocarbón al 10 %. En ese sentido se concluyó que el biocarbón producido mediante los residuos sólidos orgánicos, influyó en la mejora de la calidad y producción del cultivo de la papa en el CEE de Tuyu Ruri.

Lloclla (2019), en su tesis titulada “Evaluación del efecto de biocarbón obtenido a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado central de Tumbes sobre la germinación y crecimiento de plántones de especies forestales *Ceiba trichistandra* y *Bursera graveolens* en etapa de vivero”, tuvo como objetivo evaluar el efecto del biocarbón producido a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado modelo de Tumbes sobre la germinación y el crecimiento de plántones forestales de *Ceiba trichistandra* y *Bursera graveolens*. Para la elaboración del biocarbón se recolectaron residuos sólidos orgánicos del mercado modelo de Tumbes, los cuales fueron secados, molidos y tamizados, para su producción se utilizó el método de pirolisis lenta en un horno tubular, usando una proporción de 1 en 3 (residuo tamizado - agua); logrando una eficiencia de 24,4%. Luego se prepararon bolsas de 400 g de sustratos elaborados a partir de la mezcla de tierra de chacra y biocarbón en concentraciones del 0% (testigo), 5% y 10 %. Como resultados se obtuvo que la especie *Ceiba trichistandra* germinó 20% más en el sustrato con la presencia de biocarbón comparado con el testigo, por lo que la presencia de biocarbón tuvo efecto positivo en la germinación de esta especie.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. El biocarbón**

Según IBI (2013), indica que el biocarbón es un material sólido obtenido de la conversión termoquímica de biomasa en un ambiente limitado en oxígeno. El biocarbón se puede utilizar como producto en sí mismo, o como ingrediente dentro de un producto mezclado, con una variedad de aplicaciones como agente para mejorar el suelo, mejorar la eficiencia en el uso de recursos, remediar y/o proteger contra una contaminación ambiental.

El biocarbón es una sustancia porosa y de grano fino, el cual se produce mediante la combustión de biomasa en condiciones de limitación de oxígeno (Sohi et al. 2009).

El biocarbón es un sólido rico en carbono formado a partir de residuos orgánicos transformado mediante el proceso del pirólisis. La productividad del biocarbón depende del tipo de materia prima y de las condiciones de pirólisis (Babalola et. al, 2019).

Desde el punto de vista aplicativo, el biocarbón se define como una enmienda del suelo debido a sus propiedades físicas, químicas y biológicas y a sus interacciones con el suelo y la planta, capaz de incrementar el rendimiento de los cultivos (Guerra, 2015).

#### **Figura 1**

*Biocarbón obtenido de residuos orgánicos.*



## ❖ **Características**

Una característica importante del biocarbón, es de formar estructuras orgánicas de C, que se forman durante el proceso de pirólisis y estas son clave para las propiedades del biocarbón con respecto a la mineralización o adsorción. Por lo tanto, el biocarbón suele estar enriquecido en C y más aún en fósforo (P) u otros metales como calcio (Ca), magnesio (Mg) y en ocasiones nitrógeno (N). (Lehmann y Joseph, 2015).

La presencia de biocarbón en la capa superior del suelo tiene un resultado sustancial en el entorno natural, la profundidad, la porosidad, la textura afectada, la estructura, la consistencia y en todo el proceso de alteración de la distribución del tamaño de los poros, el área de superficie, los empaquetamientos, la distribución del tamaño de las partículas y la densidad aparente (Josko et al., 2013 citado por Babalola et al., 2019).

La cualidad del biocarbón como enmienda del suelo, es su estructura altamente porosa potencialmente responsable de una mejor retención de agua y una mayor superficie del suelo. La adición de biocarbón al suelo también se ha asociado con una mayor eficiencia en el uso de nutrientes, ya sea a través de los nutrientes contenidos en el biocarbón o mediante procesos fisicoquímicos. (Sohi et al., 2009).

El biocarbón se ha usado de diferentes maneras como mejorador de suelos, entre las que se encuentran: mejorar la retención de agua y nutrientes en el suelo, aumentar la productividad de los cultivos, aumentar la calidad del suelo; también actúa como un retenedor del dióxido de carbono en el suelo (Aponte y Rodríguez, 2021).

El biocarbón es muy eficaz para mejorar el suelo al proporcionar nutrientes a las plantas, por ejemplo, el secuestro de C (Wang et al., 2018).

El biocarbón produce una mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Aquello se puede observar en el aumento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas; en parte por la mejora de la capacidad de intercambio catiónico en el suelo (CIC) y la estimulación de los

procesos biológicos que permiten mejorar la estructura del suelo, la capacidad de almacenamiento de agua y otros factores ambientales (Fowles, 2007 citado por Huertas, 2017).

#### ❖ **Propiedades**

El biocarbón puede afectar el pH del suelo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el contenido de C, la disponibilidad de nitrógeno (N) y fósforo (P) para uso de la planta.

**pH:** La aplicación de biocarbón aumenta el pH del suelo, pero su efecto depende del pH del biocarbón y su valor de encalado, que se asocia con su alto contenido de cationes base (potasio, calcio y magnesio) y alcalinidad. También se puede atribuir a la disminución de los iones intercambiables de aluminio (Al) e hidrógeno (H) en el suelo, debido a su adsorción en la superficie del biocarbón (Syuhada et al., 2016). También podría ocurrir una reducción de la concentración de aluminio en el suelo a través de la quelación de este elemento con compuestos orgánicos del biocarbón y explicar el aumento del pH en el suelo ácido. Para suelos alcalinos, la combinación de biocarbón y fertilizante mineral podría ser una estrategia más eficiente que la adición de biocarbón solo para evitar un aumento significativo del pH del suelo que limita la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Chathurika et al., 2016).

**Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** En general, las enmiendas de biocarbón provocan una mejora de la CIC en suelos con baja fertilidad. La disponibilidad de nutrientes catiónicos en el suelo se puede aumentar debido a los grupos funcionales carboxílicos y fenólicos en el biocarbón, promoviendo una fuerza de atracción electrostática de cargas positivas en la superficie del biocarbón. La interacción entre la materia orgánica del suelo y la modificación del biocarbón podría explicar los diferentes efectos del biocarbón en la CIC del suelo (Gul et al., 2015).

**Nitrógeno (N):** La disponibilidad de N en el suelo se ve afectada por el tipo de enmienda de biocarbón. Sus propiedades fisicoquímicas pueden influir

en los mecanismos abióticos (adsorción / desorción) y mecanismos bióticos como la mineralización, la inmovilización, la nitrificación, la desnitrificación y la fijación biológica de N<sub>2</sub> al promover microorganismos fijadores de nitrógeno en el suelo, como los rizobios (Lévesque et al., 2018). El biocarbón generalmente redujo el nitrógeno inorgánico en el suelo por diferentes factores que influyen después de la modificación del biocarbón, como el tiempo de residencia del biocarbón en el suelo, la fuente de fertilización, las propiedades del suelo (la textura y el pH), la tasa de aplicación de biocarbón, el uso de materia prima y las condiciones de pirolisis, el área de superficie, la CIC y la materia orgánica contenido de carbono del biocarbón. Además, se debe considerar la conductividad eléctrica (CE) y los tamaños de partículas del biocarbón, la relación C/N de fertilizante orgánico combinado con biocarbón y el contenido de materia orgánica (Nguyen et al. 2017).

**Fósforo (P):** La disponibilidad de P en el suelo también se ve afectada directa e indirectamente por las enmiendas de biocarbón a través de diferentes mecanismos como la adsorción versus desorción, precipitación versus solubilización y mineralización versus inmovilización. El contenido de P en el biocarbón puede suministrar P directamente en el suelo (Chaturika et al. 2016), pero varía según la materia prima utilizada, y el efecto del biocarbón difiere con la concentración inicial de P en la solución del suelo. El contenido de disponibilidad de P en el biocarbón aumenta con el aumento de la temperatura de pirolisis. Sin embargo, puede ocurrir una pérdida significativa de P cuando la temperatura de pirolisis es superior a 700 ° C, lo que limita la entrada de P en el suelo.

El contenido de P en el biocarbón puede ser oxidado por el contenido de aluminio y hierro del suelo, lo que permite una mayor disponibilidad de P en los suelos. Debido a que el biocarbón puede aumentar el pH del suelo, también puede aumentar indirectamente la mineralización de P en el suelo mediante la estimulación de la actividad enzimática extracelular producida por las raíces de las plantas como la fosfatasa alcalina y por microorganismos solubilizadores de P que viven en el suelo (Chaturika et al. 2016). Sin embargo, debido a la

alcalinidad y al calcio (Ca), magnesio (Mg) y hierro (Fe) intercambiables en su superficie, el biocarbón puede reducir la disponibilidad de P en el ambiente del suelo al promover la precipitación o sorción de P en su superficie.

### **2.2.2. Producción del biocarbón**

El biocarbón es un producto que se obtiene a partir de diferentes tipos de biomasa tales como la corteza de madera de pino, bambú, residuos orgánicos y vegetales, estiércol humano, estiércol de aves de corral, entre otros (Aponte y Rodríguez, 2021).

Existen diversos métodos para la producción de biocarbón, principalmente se consideran las tecnologías termoquímicas para transformar la biomasa, estas pueden estar clasificadas en pirólisis lenta que produce un 35 % de biocarbón, pirólisis moderada que produce un 20 %, pirólisis rápida produce cerca del 12% de biocarbón y la pirólisis por gasificación del 10 al 20%; teniéndose que, mientras la combustión sea más lenta mayor será su porcentaje de biocarbón. (Amonette, 2009, citado por Chávez, 2022).

El proceso de la pirólisis lenta es el método más adecuado y usado para producir biocarbón. La pirólisis lenta de la biomasa se suele utilizar con el objetivo de tener un mejor rendimiento del producto sólido (biocarbón) generado en el proceso (Gao et al., 2019).

### **2.2.3. El biocarbón como enmienda en el suelo**

El biocarbón como enmienda modifica la porosidad del suelo y aumenta la superficie del suelo. En consecuencia, una mezcla de suelo/biocarbón tiende a mostrar una mayor capacidad de retención de agua que el suelo no modificado (Basso et al., 2013). Por lo tanto, las características hidrológicas del suelo, como la capacidad de agua disponible, la retención de humedad del suelo y la conductividad hidráulica, mejoran mediante la modificación del biocarbón (Abel et al. 2013).

El biocarbón en el suelo es muy estable y tiene el potencial de incrementar

directamente la capacidad de retención de agua a largo plazo, a través de su naturaleza a menudo porosa. También tiene cenizas que son fuentes de fósforo, potasio y otros elementos que pueden estar en formas más solubles y accesibles que en la materia prima no pirolizada (Trazzi et al., 2018).

Según Lehmann y Joseph (2015), el biocarbón como enmienda no solo mejora la productividad de los cultivos a través de mejoras en la disponibilidad de nutrientes del suelo, propiedades físicas del suelo y específicamente relaciones hídricas o interacciones planta-microbio; sino que también a la remediación del suelo. El valor potencial del biocarbón en un suelo particular está relacionado en primera instancia con propiedades que también pueden abordarse mediante la adición de otra materia orgánica como el compost o el estiércol, aunque con matices importantes.

#### ***2.2.4. Efecto del biocarbón para el desarrollo de una planta***

La enmienda de biocarbón ha mostrado un efecto positivo en el crecimiento de las plantas. Un análisis de 371 estudios independientes y de 114 artículos publicados encontró que la enmienda de biocarbón aumentó la productividad de las plantas y el rendimiento de los cultivos en diferentes suelos y ambientes climáticos (Biederman y Harpole 2013). Por ejemplo, la adición de biocarbón de arce al 5%, 10% y 15% (v/v) en un medio de cultivo hortícola fertilizado al 100% del nivel recomendado, incrementó la productividad de la planta en comparación con el control sin biocarbón tras 63 días de trasplante. La aplicación de biocarbón puede aumentar la contribución de carbono y reducir la lixiviación de nutrientes en el suelo. La liberación al suelo de compuestos orgánicos no lácteos asociados al biocarbón podría interactuar con las raíces de las plantas y estimular el crecimiento de las plantas y los mecanismos de defensa (Kolton et al. 2017), pudiendo influir en la abundancia de microorganismos del suelo por su interferencia en la transmisión de señales entre plantas y microorganismos. Por lo tanto, puede afectar a las bacterias involucradas en el crecimiento de las plantas y a las de la resistencia de las plantas y las infecciones de las raíces por hongos micorrízicos arbusculares (Elad et al. 2010).

### **2.2.5. Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.)**

La Huamanpinta, perteneciente al género *Chuquiraga*, se compone de 20 especies distribuidas a lo largo de los valles interandinos. Se caracteriza por ser una planta silvestre que alcanza una altura de entre 60 y 120 centímetros. Su tallo es nudoso y presenta espinas muy finas. Las hojas son lanceoladas y uninervias, con una longitud de aproximadamente 15 mm, terminando en pequeñas espinitas. Las flores, de color rojo, están dispuestas de manera que los pétalos se superponen, formando una estructura similar a un chupetín (Cabezas et al., 2018).

#### **Figura 2**

*Chuquiraga Spinosa* Lees. "Huamanpinta"



### **2.2.6. Hábitat y distribución geográfica**

Entre los nombres comunes más ampliamente utilizados para referirse a esta planta se encuentran "Huamanpinta", "Huancaspita", "Jari-jari", "Laulinco",

"Llaulli" y "Paszapamaquin". Esta especie se distribuye en diversos valles de la sierra peruana, abarcando altitudes que oscilan entre los 3000 y 4500 msnm. Asimismo, se extiende a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Colombia hasta Argentina. En el territorio peruano, específicamente por encima de los 3000 msnm, se han identificado cinco especies de jalca y puna, siendo dos de ellas endémicas. Forma parte de la vegetación propia de la jalca, cuya restricción manifiesta una tendencia a desaparecer; por lo que es necesario preservarla. Además, se encuentra en los departamentos de Huancavelica, Junín, Huánuco y Ancash (Chávez et al. 2011, citado por Meza, 2022).

La especie *chuquiraga* se ha encontrado en diferentes localidades de Ayacucho como Quinoa, Chiara, Vinchos; en la provincia de Cangallo en el distrito de Totos, por encima de los 3000 msnm. Esta especie habita en zonas escarpadas y pedregosas, se presenta en una zona donde predomina la vegetación de *Calamagrostis vicunarum*, *Dissanthelium sp*, etc. Su zona de vida es el bosque húmedo montano subtropical también se le encuentra entre el límite de la zona de vida ya mencionada y el páramo muy húmedo subandino subtropical (Aquino, 2018).

### **2.2.7. Distribución taxonómica**

De acuerdo a la taxonomía de fanerógamas peruanas (Mostacero y Mejía, 1993 citada por Puente y Vilcayauri, 2018), la Huamanpinta es una "planta semileñosa de 1 a 1.5 metros de alto; de tallo muy ramificado, densamente folioso. Las hojas de disposición uniformemente alternas simples enteras, de pecíolo corto de forma aovada con borde entero, con una longitud de 1.5 mm de diámetro, de color verde intenso y brillante, con espinas axilares. Flores de color amarillo-anaranjado, con anteras sagitadas, corolas bilabiadas; una de sus características más sobresalientes es por la partidura del disco del capítulo. Inflorescencia en cabezuela o capítulos rodeados de tres hileras de brácteas involucradas con numerosas flores, sésiles, dispuestas en las axilas de las hojas.

A continuación, se indica la clasificación taxonómica según Sánchez y Anicama (2020)

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Astereceae

Género: *Chuquiraga*

Especie: *Chuquiraga spinosa*

Nombre Común: "Huamanpinta"

### **2.3. Marco conceptual**

#### **2.3.1. Efecto del biocarbón como enmienda orgánica**

El biocarbón incorporado al suelo como enmienda orgánica, altera las propiedades biológicas y físicas del suelo, debido tiene un impacto en los procesos fundamentales como la degradación de la materia orgánica, el ciclo de nutrientes y la capacidad del suelo para retener agua. Sin embargo, todavía se desconocen en gran medida los mecanismos que intervienen en el suelo cuando se modifica con biocarbón. Además de mejorar la calidad del suelo y aumentar el rendimiento de los cultivos, se ha demostrado que el biocarbón también puede contribuir a mitigar el cambio climático al permitir la retención de carbono en el suelo durante miles de años y reducir las emisiones de óxido nitroso del suelo (Rebolledo et al. 2016).

Además del efecto de la enmienda del biocarbón sobre las propiedades del suelo, este también tiene un efecto sobre el estado microbiano y nutricional del suelo dentro de la zona de raíces de la planta al cambiar las propiedades físicas del suelo, aumentando la eficiencia del uso de nutrientes y agua y la productividad de los cultivos. Teniéndose que la aplicación de biocarbón como enmienda de forma directa aumenta el valor del pH del suelo lo que podría cambiar la forma de los nutrientes y facilitar la adsorción de algunos elementos de la raíz. Mientras que de su efecto de forma indirecta de la capacidad de intercambio catiónico retiene el agua y nutrientes. En general, las mejoras de las propiedades del suelo podrían aumentar directa o indirectamente el contenido y

la disponibilidad de nutrientes y disminuir la lixiviación de nutrientes, que se conocen como mecanismos para el aumento de la fertilidad del suelo (Ding et al., 2016 citado por Gamboa, 2021).

El biocarbón como enmienda también puede mejorar la estructura de los suelos a través de la mejora del crecimiento de las plantas por encima y por debajo del suelo influencia en el área de las raíces y en la actividad de los microorganismos del suelo. Adicionalmente, el biocarbón mejora la agregación y aumenta la conductividad hidráulica saturada de las tierras de cultivo principalmente a través del aumento del contenido de Ca en el suelo; sin embargo, los efectos del biocarbón en las propiedades fisicoquímicas de los suelos degradados varían según el tipo de suelo y de materia prima del biocarbón, la tasa de aplicación y el envejecimiento del biocarbón con el suelo (Apaza y Díaz, 2022).

En ese sentido como definición conceptual se propone, que el efecto del biocarbón como enmienda en el suelo, modifica su estructura y sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que influye en la eficiencia de nutrientes en las raíces de las plantas mejorando el rendimiento de cultivos.

### **2.3.2. Adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta**

La “adaptabilidad” dicho de un ser vivo, tiene la definición de acomodarse a las condiciones de su entorno (RAE, 2020). Otra definición de la “ Adaptación de plantas” es considerado como un mecanismo natural que permite la conservación y reproducción de especies expuestas a situaciones medioambientales estresantes, la adaptación se refiere a cambios estructurales y funcionales que se manifiestan en forma duradera y son heredables (Alviz, 2015).

Estudios como Zhu et al. (2022) muestran que las propiedades fisicoquímicas del suelo, influyen la adaptación microbiológica. De igual manera Wu et al. (2022) concluye que las características microbiológicas alteradas por agentes externos influyen en la adaptabilidad de las plantas.

Uno de los factores que se requiere para la adaptación de las plantas, es

que el suelo debe ser suelto, suave y friable, permitiéndose así el desarrollo de la raíz, sin obstrucción, mecánica, teniéndose que los poros deben ser de tal volumen y distribución de tamaños que permita el ingreso del agua de lluvia o de riego, almacenar una cantidad suficiente de agua aprovechable para el cultivo (Prado, 2004). Este factor se puede lograr con la adición del biocarbón como enmienda en el suelo, debido a que lo modifica su estructura convirtiéndola en un suelo altamente poroso, que es la responsable de una mejor retención de agua y una mayor superficie del suelo (Sohi, et. al, 2009).

Según Carrasco y Ortiz (2011), nos indican que la condición física de un suelo determina su capacidad de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la circulación del aire, la capacidad de almacenamiento de agua y de drenaje y la retención de nutrientes, entre otros que van a definir la influencia sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

Por lo tanto, se plantea como una definición conceptual que la adaptabilidad de una planta puede darse cuando las propiedades fisicoquímicas del suelo influyan en la adaptación microbiológica de estas.

#### **2.4. Definiciones de términos básicos**

**Adaptabilidad:** Es la cualidad de las personas o cosas (no sería mejor decir seres) de tener capacidad de adaptación (Calvo, 2019).

**Actinomicetos:** Grupo de bacterias de aspecto bacilar o filamentoso que según el medio de desarrollo forman bacilos aislados o largos filamentos con aspecto de micelios fúngicos, por lo que han sido considerados mucho tiempo como hongos (Dicciomed, 2022).

**Adaptación:** Una adaptación biológica, es un proceso fisiológico o rasgo morfológico o del comportamiento de un organismo que ha evolucionado durante un período mediante la selección natural de tal manera que incrementa sus expectativas a largo plazo para reproducirse con éxito. (Calvo, 2019).

**Adecuación de suelo:** Es una actividad compleja por la serie de factores que intervienen, teniéndose proveer al suelo las condiciones apropiadas para que las plantas se puedan desarrollar sobre estos (Grillo et al., 1981)

**Bacterias:** Microorganismo unicelular sin núcleo diferenciado, algunas de cuyas especies descomponen la materia orgánica, mientras que otras producen enfermedades (RAE, 2020).

**Biocarbón:** Es un subproducto rico en carbono (C) producido por la degradación térmica de los desechos de biomasa vegetal en condiciones de oxígeno limitado y ha recibido atención en los últimos 20 años (Fan et al. 2018).

**Biocarbón como enmienda del suelo:** El biocarbón es un material rico en carbono y, resistente a la descomposición. Es incorporado como enmienda al suelo para mejorar su calidad, puesto que ha influido positivamente sobre sus propiedades físicas, químicas y bióticas, mejorando los contenidos de materia orgánica, aireación, textura, retención de humedad, y disponibilidad de elementos químicos nutritivos para las plantas (Concilco et al. 2018).

**Biochar:** La palabra inglesa biochar (en castellano el término todavía no reconocido por la RAE sería biocarbón, por lo que de aquí en adelante se ha utilizado el sustantivo en inglés) es un término de reciente aparición (Jomara et al., 2020).

**Biomasa:** Es la cantidad de materia que existe en un determinado ecosistema por unidad de superficie o de volumen. Esta biomasa puede emplearse para estimar las cantidades potenciales de diversos productos y combustibles (Meza, 2015).

**Enmiendas de suelos:** Para mejorar la calidad de los suelos y, disminuir la degradación y contaminación; se viene utilizando la aplicación de enmiendas, por su alto contenido de materia orgánica, microorganismos, bacterias y micro elementos estos actúan sobre los cambios en la estabilidad estructural y aumentan la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos enmendados (Damian Suclupe et al. 2018).

**Esqueje:** Es un fragmento de planta, normalmente un corte del tallo, que se ha obtenido de una planta sana y adulta con el objetivo de reproducirla o incluso injertarla en otra para que se desarrolle (FGN. ,2020).

**Hongos:** Ser vivo heterótrofo, carente de clorofila, hojas y raíces, que se

reproduce por esporas y vive parásito, en simbiosis o sobre materias orgánicas en descomposición (RAE, 2020).

**Pirólisis:** Es un proceso de descomposición termoquímica donde la materia orgánica es convertida en un sólido rico en carbono y en materia volátil, mediante calentamiento en condiciones de bajo contenido O en ausencia de oxígeno (Huerta, 2019).

**Revegetación:** Se considera un tipo de reclamación, ya que su objetivo es restablecer la cobertura vegetal, que podrá ser de sólo una especie o unas pocas especies (SER 2004).

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### **Hipótesis general**

El efecto del biocarbón como enmienda orgánica del suelo permite la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín.

##### **Hipótesis específicas**

- Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica mejora significativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo.
- Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica mejora significativamente la presencia de microorganismos en el suelo.
- Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica influyen significativamente en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).

### 3.1.1. Operacionalización de la variable

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA
<b>V1: (Independiente)</b> Efecto de biocarbón como enmienda orgánica	“El biocarbón es un material rico en carbono y resistente a la descomposición. Es incorporado como enmienda al suelo para mejorar su calidad, puesto que ha influido positivamente sobre sus propiedades físicas, químicas y bióticas, mejorando los contenidos de materia orgánica, aireación, textura, retención de humedad, y disponibilidad de elementos químicos nutritivos para las plantas (Concilco et al., 2018)”.	El biocarbón como enmienda orgánica se aplica en función de diferentes dosis en el suelo para medir el efecto de la adaptabilidad de la especie <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.	<b>D.1</b> Dosificación de Biocarbón/ Suelo	Cantidad de dosis de biocarbón en el suelo	Tratamiento 1 (0%)	Hipotético-deductivo	Observación experimental participante
					Tratamiento 2 (5%)		
					Tratamiento 3 (10%)		
					Tratamiento 4 (15%)		
<b>V2: (Dependiente)</b> <b>Adaptabilidad de la especie endémica</b> Huamanpinta ( <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.)	Es la capacidad de la especie endémica Huamanpinta ( <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.) a adaptarse o adecuarse a los suelos por encima de los 3000 msnm. (Aquino, 2018).	La adaptabilidad se medirá en función a la mejora de las propiedades fisicoquímica y microbiológicas del suelo, así como la adaptación en función de índices de supervivencia.	<b>D.1</b> Propiedades fisicoquímicas del suelo	pH	Unid.	Hipotético-deductivo	Observación experimental participante
				CE	(dS/m)		
				CaCO <sub>3</sub>	%		
				M.O	%		
				P	(ppm)		
				K	(ppm)		
				Arena	(%)		
				Limo	(%)		
				Arcilla	(%)		
				CIC	Unid.		
Ca <sup>+2</sup>	meq/100g						
Mg <sup>+2</sup>	meq/100g						
k <sup>+1</sup>	meq/100g						

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA
				Na <sup>+</sup>	meq/100g		
			<b>D.2</b> Propiedades Microbiológicas	Bacterias	(UFC/g suelo)		
				Hongos	(UFC/g suelo)		
				Actinomicetos	(UFC/g suelo)		
			<b>D.3</b> Índices de adaptabilidad	Estado de supervivencia	Nominal		
				Número de hojas	Unid.		
				Coloración de hojas	Nominal		
				Presencia de espinas	Nominal		
				Coloración de espinas	Nominal		
				Altura	Unid.		
				Estado de Vigorosis	Nominal		

## **IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación realizada es de tipo aplicada, debido a que se basó en conocimientos de investigaciones básicas que se han revisado, en busca de solucionar un problema (Ñaupas et al., 2014). Es por eso que, por medio de este tipo de investigación, se buscó evaluar la adaptabilidad de la especie endémica *Chuquiraga spinosa* Lees., conocida como "Huamanpinta", mediante la aplicación del biocarbón como enmienda orgánica del suelo.

Por otra parte, esta investigación es de nivel explicativo y de un diseño experimental, ya que el investigador va a manipular las condiciones de la investigación para comprobar los efectos de una intervención específica (Ñaupas et al. 2014). En este tipo de estudios, el investigador tiene un papel activo al llevar a cabo la intervención.

Esta investigación es de enfoque cuantitativo, debido a que se utilizó métodos y técnicas relacionadas a la medición, la observación, muestreo, estadística descriptiva e inferencial; con la finalidad de validar las hipótesis planteadas (Ñaupas et al. 2014).

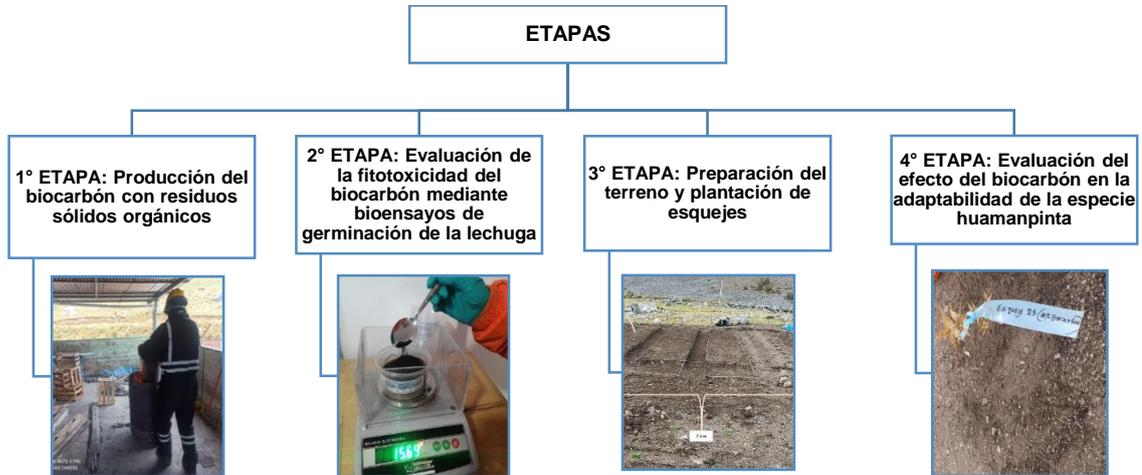
### **4.2. Método de investigación**

El método es hipotético- deductivo. Este tipo de método ha sido uno de los que más resultados han dado. Aplica la observación de fenómenos y se elaboran las hipótesis y se diseña el experimento, con el fin de reproducir el objeto de estudio, controlando el fenómeno para probar la validez de las hipótesis (Behar, 2008).

En este método, el investigador interviene en el objeto de estudio, ya sea de manera directa o indirecta, con el fin de modificarlo y crear las condiciones necesarias que permitan revelar sus características fundamentales y sus relaciones esenciales. Para la evaluación de las hipótesis se plantea una serie de procedimientos experimentales como se muestra en la Figura 3.

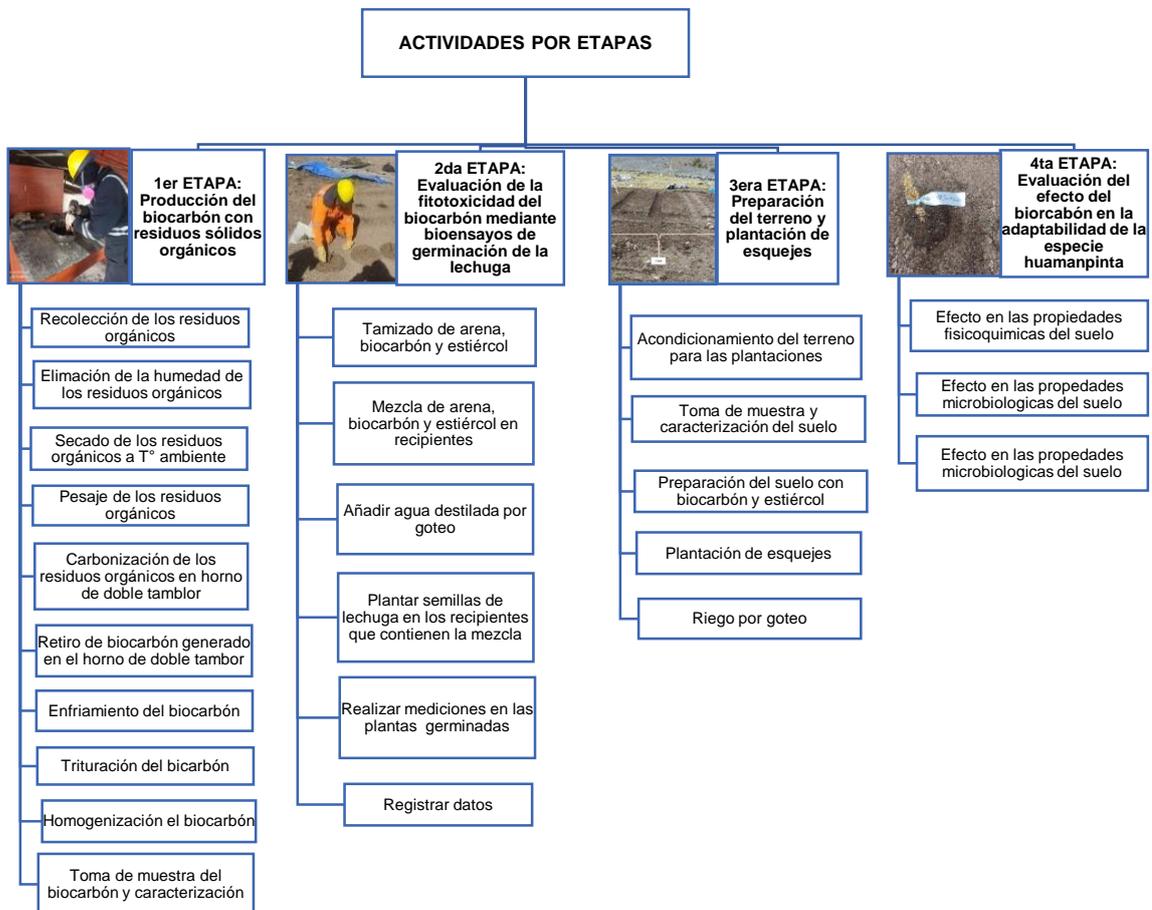
**Figura 3**

*Etapas de la Metodología de Investigación.*



**Figura 4**

*Actividades para cada etapa de estudio.*

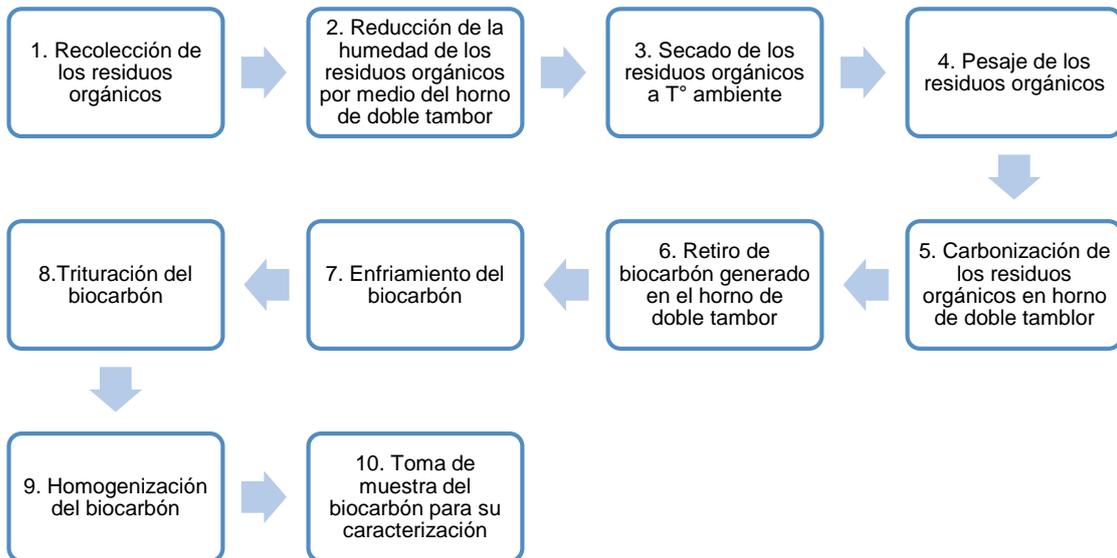


#### 4.2.1. Producción de biocarbón con residuos orgánicos

Para la producción de biocarbón se ha tenido en cuenta experiencias internacionales, en las cuales se ha producido biocarbón a partir de distintos tipos de estiércol, residuos orgánicos, restos de poda, huesos de animales, etc. En el marco de la presente investigación, para obtener biocarbón, se emplearon los residuos sólidos orgánicos generados en el comedor del Proyecto Minero Ariana, empleándose un horno de doble tambor de cilindros metálicos para el proceso de carbonización.

**Figura 5**

*Procedimiento para la producción de biocarbón.*



Inicialmente se recolectaron los residuos sólidos orgánicos (restos de comida) generados en el comedor de la minera. Seguidamente, se llevó a cabo la reducción de la humedad, se introdujo los residuos en el horno de doble tambor durante un tiempo promedio entre 30 y 40 minutos, controlando cuidadosamente la temperatura del horno para evitar la carbonización.

## Figura 6

*Reducción de la humedad de los residuos orgánicos.*



Después de reducir parcialmente la humedad, los residuos fueron retirados del horno de doble tambor y dispuestos sobre una superficie plástica durante un período de 12 días. Esta medida tenía como objetivo permitir que los residuos continuaran eliminando humedad de forma natural a temperatura ambiente, con un monitoreo diario para verificar la pérdida de agua de los residuos. Esto es esencial, dado que las condiciones climáticas de baja temperatura y humedad en la zona desempeñan un papel crucial en esta fase de secado. Al término de estos 12 días, los residuos lograron reducir su contenido de humedad en un rango que varió entre 8.3% y 52.4%, respecto al peso inicial de los residuos.

### Figura 7

*Secado a temperatura ambiente de los residuos orgánicos.*



### Figura 8

*Control del peso diario de los residuos orgánicos recolectados.*



Los residuos orgánicos deshidratados fueron introducidos al horno de doble tambor, en cuyo interior se coloca 10 kg de madera a fuego lento manteniendo una temperatura controlada (500 °C a 550 °C), después de 2.30 horas se llega a obtener el biocarbón.

**Figura 9**

*Producción de biocarbón en el horno de doble tambor.*



Después de la obtención del biocarbón, se retiró del horno de doble tambor y se extendió sobre una superficie para su enfriamiento durante un período de 2 horas a temperatura ambiente.

**Figura 10**

*Retiro del biocarbón producido.*



Luego, se llevó a cabo la trituración del biocarbón obtenido, con el fin de homogenizar su tamaño en partículas finas. Este biocarbón se almacenó en bolsas para su utilización en las pruebas experimentales.

### **Figura 11**

*Homogenización del biocarbón.*



En el proceso de producción de biocarbón, de un total de 123.863 Kg de residuos orgánicos recolectados, se ha logrado obtener 20.169 Kg de biocarbón, con un 16,3% de rendimiento del proceso de carbonización.

Posteriormente, a partir del biocarbón producido, se llevó a cabo una toma muestra por duplicados y se analizaron las características fisicoquímicas, como el pH, Conductividad eléctrica CE. (dS/m), materia orgánica (% M.O.), Nitrógeno (% N), Óxido de fósforo (% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Óxido de Potasio (% K<sub>2</sub>O), Óxido de calcio (% CaO), Mg (%), Ca<sup>+2</sup> (%), Na<sup>+1</sup> (%) y Capacidad de intercambio catiónico CIC. (m<sub>eq</sub>/100g). También se realizó el análisis elemental como C (%), O (%), H (%), N (%), S (%). El análisis de la caracterización del biocarbón se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Ver Anexo 5.1

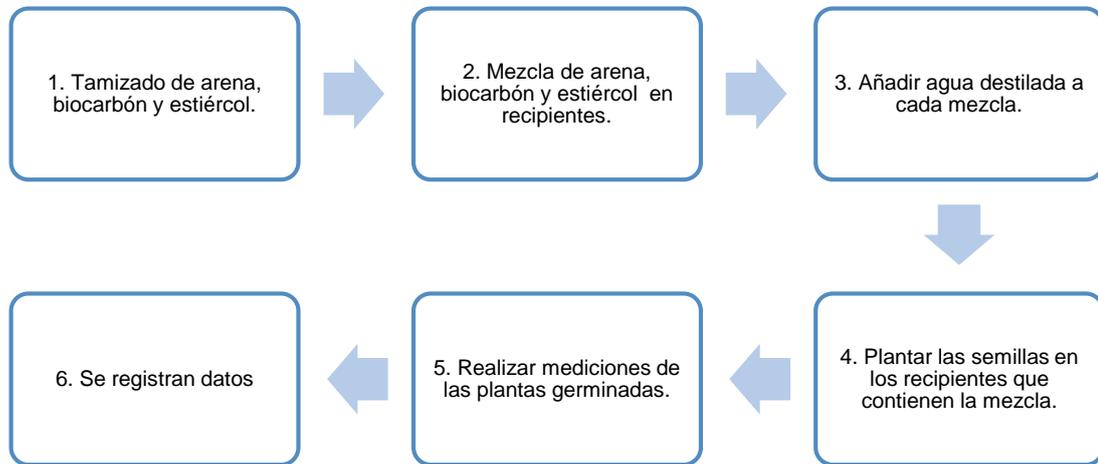
#### **4.2.2. Evaluación de la fitotoxicidad del biocarbón mediante bioensayos de germinación de semillas de lechuga**

Se llevaron a cabo bioensayos de fitotoxicidad utilizando semillas de lechuga (*Lactuca sativa*), arena, estiércol y diferentes dosis de biocarbón. Estos bioensayos tuvieron como objetivo descartar algún posible efecto tóxico del biocarbón sobre el desarrollo de las plantas y determinar la dosificación adecuada de biocarbón para aplicar en el suelo, mejorando así sus características y favoreciendo la adaptabilidad de la especie endémica en estudio.

Para llevar a cabo la evaluación de toxicidad, se tamizó la arena, el biocarbón y el estiércol a un tamaño de partícula de 3 mm. Luego, estos materiales se mezclaron en recipientes de 500 g siguiendo el diseño preestablecido en la matriz experimental mostradas en la (Tabla 2). Posteriormente, se agregó 15 ml de agua destilada a cada mezcla y se sembraron 8 semillas de lechuga en cada recipiente de manera aleatoria. Las muestras se mantuvieron en condiciones de oscuridad durante un período de 10 días en un entorno con calefacción para favorecer las condiciones de germinación, la frecuencia del riego dependía de la humedad de cada tratamiento. Después de ese período, se recopilaron los datos de medición de la radícula y el hipocótilo de las plantas de lechuga. Esta preparación de las muestras permitió evaluar los posibles efectos del biocarbón en el proceso de germinación de la planta de lechuga.

## Figura 12

*Proceso para la determinación de la fitotoxicidad del biocarbón.*



## Figura 13

*Pesaje de los tratamientos de fitotoxicidad.*



*Nota: El pesaje se realizó en una balanza analítica con precisión (0,001 g)*

**Figura 14**

*Colocación de semillas de lechuga en cada recipiente.*



**Figura 15**

*Riego para germinación de Lechuga y evaluación de fitotoxicidad.*



Para la prueba de fitotoxicidad se ha desarrollado un diseño estadístico de 35 tratamientos donde se ha combinado el biocarbón en un rango de 0%, 3%,

10%, 11,5%, 20% y 25,8% y el estiércol en 0%, 3,18%, 10%, 20%, 30%, 20% y 36.82% con sus respectivas réplicas como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Matriz experimental para pruebas de fitotoxicidad para semillas de Lechuga.*

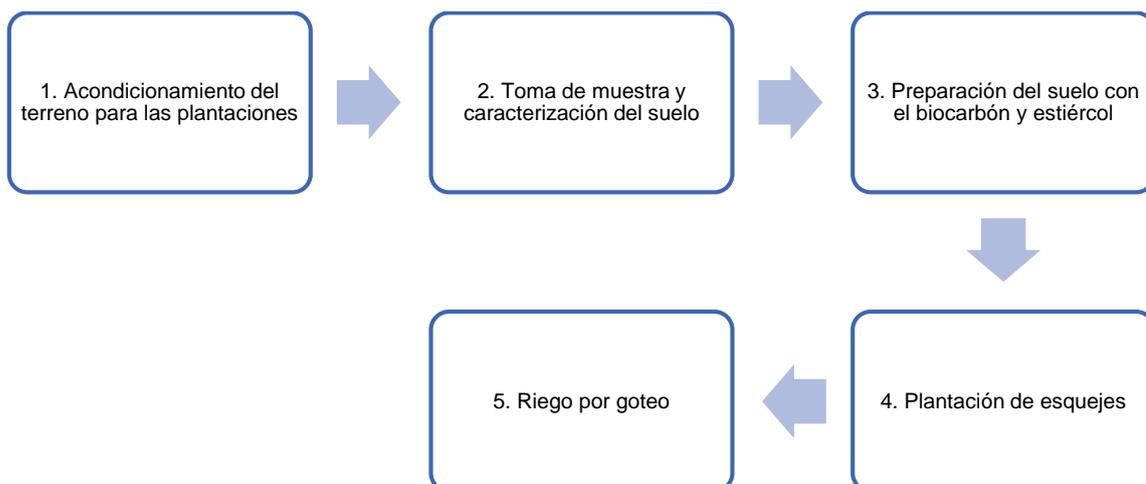
N°	Porcentaje de aplicación (%)		
	Biocarbón	Estiércol	Arena
1	3	10	87
2	3	10	87
3	3	10	87
4	3	10	87
5	20	10	70
6	20	10	70
7	3	30	67
8	3	30	67
9	3	30	67
10	3	30	67
11	3	30	67
12	3	30	67
13	3	30	67
14	3	30	67
15	3	30	67
16	3	30	67
17	20	30	50
18	20	30	50
19	0	20	80
20	0	20	54
21	0	20	85
22	0	20	52
23	0	20	69
24	0	20	69
25	25,80	20	54
26	11,5	3,18	85
27	11,5	36,82	52
28	11,5	20	69
29	11,5	20	69
30	11,5	20	69
31	11,5	20	69
32	11,5	20	69
33	11,5	20	69
34	0	0	100
35	0	0	100

### 4.2.3. Preparación del terreno y plantación del esqueje

En esta etapa, se procedió al acondicionamiento del suelo en el área de cultivo mediante la aplicación de biocarbón y estiércol, seguido por la plantación de esquejes de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).

#### Figura 16

*Pasos para la preparación del terreno y plantación del esqueje.*



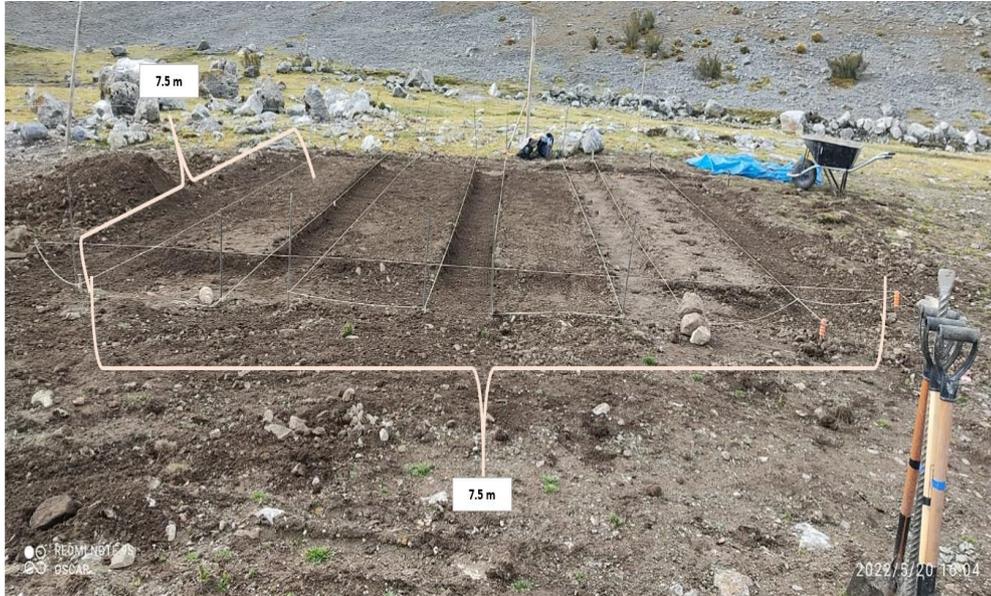
#### ❖ Acondicionamiento del terreno para las plantaciones

Se delimitó el área destinada para la plantación de esquejes de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), la plataforma abarcó una superficie de 7.5 m x 7.5 m.

Se realizaron surcos al interior del área delimitada de trabajo para dividir el área en cuatro subáreas destinadas a la plantación de esquejes de la especie *Chuquiraga spinosa* Lees. Cada subárea tuvo dimensiones de 550 cm x 100 cm, equivalente a 5.5 m x 1 m. La Figura 17 muestra la disposición de los surcos que separan las filas experimentales. Luego, en cada punto marcado en verde, como se muestra en la Figura 17, se excavó un hoyo, resultando en un total de 10 hoyos por subárea (fila). Las dimensiones de los hoyos fueron de 15 cm en su base y 20 cm de profundidad.

**Figura 17**

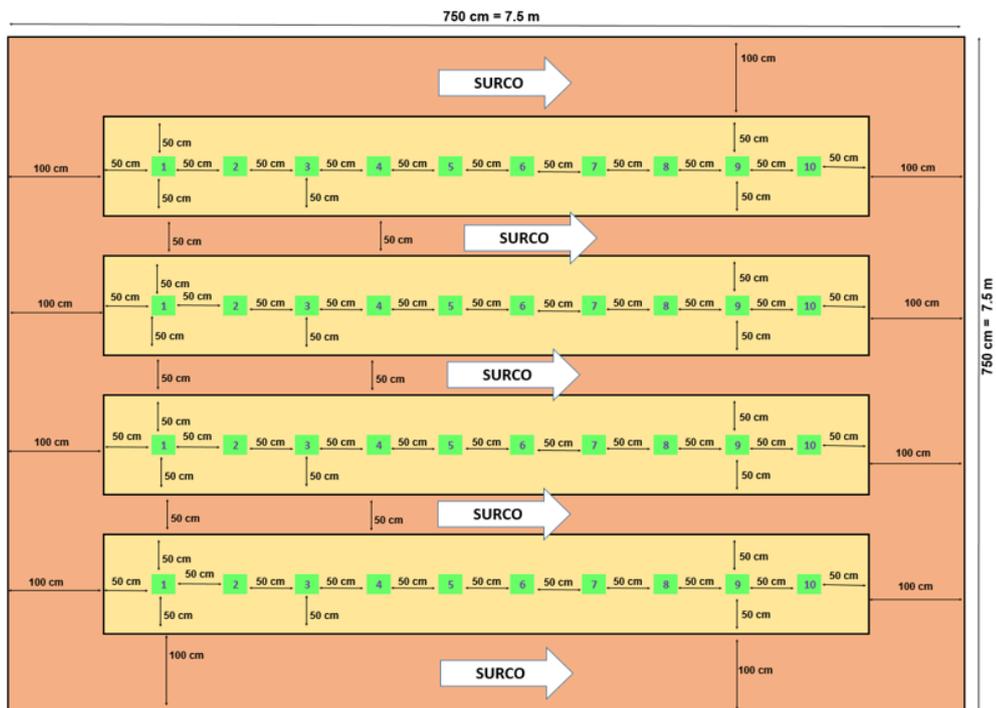
*Delimitación de la plataforma de estudio.*



*Nota: Proyecto Ariana, zona Escaparate.*

**Figura 18**

*Diseño de la plataforma en filas y surcos.*



#### ❖ **Preparación del suelo inicial**

Después de realizar los hoyos, la tierra extraída fue depositada sobre una lámina de plástico extendida en un área limpia y despejada, facilitando así la mezcla y homogenización completa del suelo. A continuación, la mezcla se dividió en cuatro partes, eligiéndose al azar uno de esos cuartos. Posteriormente, este cuarto seleccionado se dividió nuevamente en cuatro partes, con la elección al azar de uno de esos cuartos. Este procedimiento se repitió una vez más, y finalmente, se seleccionaron 2 kg, los cuales fueron subdivididos en dos bolsas de 1 kg cada una. Estas bolsas se destinaron para llevar a cabo la caracterización respectiva del suelo inicial.

#### ❖ **Caracterización del suelo**

Para evaluar la caracterización del suelo, se llevaron a cabo mediciones de los parámetros fisicoquímicos antes de la preparación del suelo y al concluir la evaluación del efecto del biocarbón en la adaptabilidad del esqueje. Se realizaron mediciones de diversos parámetros: pH, Conductividad eléctrica C.E. (dS/m), Carbonato de calcio (%  $\text{CaCO}_3$ ), materia orgánica (% M.O.), P (ppm), K (ppm), Textura, Capacidad de intercambio catiónico CIC. ( $m_{\text{eq}}/100\text{g}$ ), Cationes Cambiables ( $m_{\text{eq}}/100\text{g}$ ), arena (%), limo (%), arcilla (%),  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ .

Asimismo, se evaluaron las características microbiológicas del suelo en las cuatro filas de las parcelas, de acuerdo con el diseño experimental. Se midieron indicadores como la humedad gravimétrica (%), organismos mesófilos totales (UFC/g suelo seco) como Bacterias ( $10^7$ ), Hongos ( $10^6$ ) y Actinomicetos ( $10^7$ ).

El análisis detallado de la caracterización del suelo se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina, como se detalla en el Anexo 5.2 y Anexo 5.3.

#### ❖ **Preparación del suelo con biocarbón y estiércol**

A partir de la mezcla homogenizada del suelo inicial obtenida de los hoyos,

se lleva a cabo la combinación del estiércol con el suelo correspondiente a cada tratamiento, siguiendo las cantidades especificadas en la Tabla 3. Posteriormente, se procedió a distribuir la mezcla en bolsitas (macetas) de aproximadamente 5 kg cada una. Luego, se añadieron las dosificaciones de biocarbón según lo indicado en las Tablas 5, 6, 7 y 8 para cada tratamiento.

**Tabla 3**

*Matriz experimental para cada tratamiento en la plataforma.*

Filas	Tratamientos	Dosificación	Total en peso (kilogramos)		
			Biocarbón	Suelo	Estiércol
Fila N° 1	Tratamiento 1	0%	0.00	40.00	10.00
Fila N° 2	Tratamiento 2	5%	2.50	37.50	10.00
Fila N° 3	Tratamiento 3	10%	5.00	35.00	10.00
Fila N° 4	Tratamiento 4	15%	7.50	32.50	10.00
<b>Totales (kilogramos)</b>			<b>15.00</b>	<b>145.00</b>	<b>40.00</b>

**Tabla 4**

*Configuración experimental de la Fila N° 1 en la plataforma.*

Fila	Réplicas	Porcentajes (%)			Pesos (gramos)			N° Esquejes
		Biocarbón	Suelo	Estiércol	Biocarbón	Suelo	Estiércol	
Fila N° 1	1	0	80	20	0	4000	1000	1
	2	0	80	20	0	4000	1000	1
	3	0	80	20	0	4000	1000	1
	4	0	80	20	0	4000	1000	1
	5	0	80	20	0	4000	1000	1
	6	0	80	20	0	4000	1000	1
	7	0	80	20	0	4000	1000	1
	8	0	80	20	0	4000	1000	1
	9	0	80	20	0	4000	1000	1
	10	0	80	20	0	4000	1000	1
<b>Total, Fila N° 1 (gramos)</b>					<b>0</b>	<b>40000</b>	<b>10000</b>	<b>10</b>
<b>Total, Fila N° 1 (kilogramos)</b>					<b>0</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	

**Tabla 5***Configuración experimental de la Fila N° 2 en la plataforma.*

Fila	Réplicas	Porcentajes (%)			Pesos (gramos)			N° Esquejes
		Biocarbón	Suelo	Estiércol	Biocarbón	Suelo	Estiércol	
FILA N° 2	1	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
	2	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
	3	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
	4	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
	5	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
	6	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
	7	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
	8	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
	9	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
	10	5	75	20	<b>250</b>	3750	1000	1
<b>Total, Fila N° 2 (gramos)</b>					<b>2500</b>	37500	10000	10
<b>Total, Fila N° 2 (kilogramos)</b>					<b>2.5</b>	<b>37.5</b>	<b>10</b>	

**Tabla 6***Configuración experimental de la Fila N° 3 en la plataforma.*

Fila	Réplicas	Porcentajes (%)			Pesos (gramos)			N° Esquejes
		Biocarbón	Suelo	Estiércol	Biocarbón	Suelo	Estiércol	
FILA N° 3	1	10	70	20	500	3500	1000	1
	2	10	70	20	500	3500	1000	1
	3	10	70	20	500	3500	1000	1
	4	10	70	20	500	3500	1000	1
	5	10	70	20	500	3500	1000	1
	6	10	70	20	500	3500	1000	1
	7	10	70	20	500	3500	1000	1
	8	10	70	20	500	3500	1000	1
	9	10	70	20	500	3500	1000	1
	10	10	70	20	500	3500	1000	1
<b>Total, Fila N° 3 (gramos)</b>					5000	35000	10000	10
<b>Total, Fila N° 3 (kilogramos)</b>					5	<b>35</b>	<b>10</b>	

**Tabla 7***Configuración experimental de la Fila N° 4 en la plataforma*

Fila	Réplicas	Porcentajes (%)			Pesos (gramos)			N° Esquejes
		Biocarbón	Suelo	Estiércol	Biocarbón	Suelo	Estiércol	
FILA N° 4	1	15	65	20	750	3250	1000	1
	2	15	65	20	750	3250	1000	1
	3	15	65	20	750	3250	1000	1
	4	15	65	20	750	3250	1000	1
	5	15	65	20	750	3250	1000	1
	6	15	65	20	750	3250	1000	1
	7	15	65	20	750	3250	1000	1
	8	15	65	20	750	3250	1000	1
	9	15	65	20	750	3250	1000	1
	10	15	65	20	750	3250	1000	1
<b>Total, Fila N° 4 (gramos)</b>					7500	32500	10000	10
<b>Total, Fila N° 4 (kilogramos)</b>					7.5	<b>32.5</b>	<b>10</b>	

#### ❖ **Plantaciones de esquejes**

Para llevar a cabo la plantación, se seleccionaron 40 esquejes de la planta madre, provenientes del vivero temporal del Proyecto Ariana. Estos esquejes fueron distribuidos de manera uniforme, asignando 10 esquejes por fila. Con el objetivo de evaluar su adaptabilidad, se realizó un seguimiento de los cambios en los esquejes a lo largo de un periodo de 9 semanas.

## Figura 19

*Plantación de esquejes en el área de trabajo.*



### ❖ Riego de esquejes

El riego se llevó a cabo diariamente, considerando las condiciones climáticas; en caso de precipitaciones, se suspendía el riego. Se empleó una regadera por goteo para evitar posibles perturbaciones en el esqueje, aplicando un volumen de riego aproximado de 250 ml por esqueje plantado.

## Figura 20

*Riego por goteo a las plantaciones de esquejes.*



#### **4.2.4. Determinación del efecto del biocarbón**

##### **❖ Efecto en las propiedades fisicoquímicas del suelo**

Para la evaluación de las propiedades fisicoquímicas del suelo en su caracterización final, se analizaron los siguientes indicadores: pH, Conductividad eléctrica CE. (dS/m), Carbonato de calcio (% CaCO<sub>3</sub>), materia orgánica (% M.O.), P (ppm), K (ppm), Textura, Capacidad de intercambio catiónico CIC. (m<sub>eq</sub>/100g), Cationes Cambiables (m<sub>eq</sub>/100g), arena (%), limo (%), arcilla (%), Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>.

El análisis de la caracterización del suelo se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina, como se detalla en el Anexo 5.2

##### **❖ Efecto en las características microbiológicas del suelo**

Para la evaluación de la variación de las características microbiológicas en el suelo se midió los indicadores de Humedad gravimétrica (%), organismos mesófilos totales (UFC/g suelo seco) como Bacterias (10<sup>7</sup>), Hongos (10<sup>6</sup>) y Actinomicetos (10<sup>7</sup>) en las características finales en las 4 filas de las parcelas según el diseño experimental.

El análisis de la caracterización microbiana se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina, como se detalla en el Anexo 5.3.

##### **❖ Evaluación de la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta**

La evaluación de la adaptabilidad del esqueje de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), se midió a través de los indicadores como: Número de hojas, coloración de hojas, presencia de espinas, coloración de espinas, altura del esqueje y el estado de supervivencia de la planta.

### **4.3. Población y muestra**

#### **4.3.1. Población**

La población de estudio es el conjunto de individuos o elementos sobre los que se va a realizar un estudio o investigación. Esta población puede ser muy

amplia o muy específica, dependiendo del tema o problema que se esté investigando (Ñaupas et al. 2014).

Para la presente investigación se consideró como población de estudio a 40 esquejes de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín.

#### **4.3.2. Muestra**

La muestra es un subconjunto de la población de estudio que se selecciona para llevar a cabo una investigación o estudio. La muestra se elige con el objetivo de obtener resultados que sean representativos de la población de estudio en su conjunto y que permitan generalizar los resultados obtenidos a la población completa (Ñaupas et al. 2014).

Para el experimento se tomó una muestra de tipo probabilístico donde se tomaron el total de la población de estudio que fueron 40 esquejes de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) y se distribuyó equitativamente en cada fila, siendo un total de 10 esquejes por fila.

Esta investigación empleó las “**unidades de información**”, estas unidades se definen como elementos básicos sobre el que se recogen y analizan los datos en una investigación brindándonos información de manera directa o indirecta del objeto de estudio. Por consiguiente, la variabilidad de las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo nos da información relevante sobre la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), debido a las propiedades del biocarbón.

#### **4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado**

Ariana Operaciones Mineras S.A.C (AOM) ha venido desarrollando sus actividades de Exploración Minera en el marco del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIASd) del Proyecto de Exploración Minera Ariana aprobado mediante R.D - 246-2016-MEM-DGAAM emitido por la Dirección Regional de Energía y Minas del Gobierno Regional de Junín.

Para fines de la investigación se ha utilizado un área disturbada en la zona

denominada Escaparate, dónde la Empresa Minera Ariana realizó el desbroce de la cobertura vegetal para la construcción de oficinas y campamentos, y en cumplimiento de sus compromisos de cierre en la etapa de exploración, realizarán la revegetación de áreas disturbadas conservando la flora nativa y preservando a la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiragua spinosa* Lees.).

### Figura 21

Ubicación del Área de estudio.



Nota: El área de estudio está delimitada por estacas de color verde, cuyas coordenadas son 354957.22 m E; 8730475.27 m S; imagen extraída de Google Earth.

En relación con el periodo desarrollado y siguiendo las etapas del método de investigación, éstos se desarrollaron en los siguientes tiempos:

- La obtención y caracterización del biocarbón se ejecutaron entre los meses de febrero y mayo del 2021.
- Las pruebas para la determinación de la aplicación de las diferentes dosis de biocarbón se llevaron a cabo entre los meses de julio y agosto del 2021.
- La fase experimental, así como la evaluación y seguimiento de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiragua spinosa* Lees.), se realizaron entre los meses de mayo y agosto del 2022.

#### 4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Las técnicas e instrumentos de recolección de información son los

métodos o herramientas que se utilizan para obtener los datos necesarios para llevar a cabo una investigación o estudio (Ñaupas et al. 2014).

#### **4.5.1. Técnica**

La técnica empleada en esta investigación fue la observación. Esta técnica consiste en registrar la conducta o el comportamiento de las personas o los fenómenos de manera sistemática y objetiva. La observación puede ser participante o no participante. Para esta investigación se usó la observación participante.

#### **4.5.2. Instrumentos**

Los instrumentos utilizados para esta investigación fueron las Fichas experimentales, estas fichas son documentos o formularios que se utilizan para registrar y organizar los datos recogidos durante un experimento. Incluye por lo general, información sobre las variables del experimento, los procedimientos seguidos, los resultados obtenidos y cualquier observación adicional relevante (Ñaupas et al. 2014).

### **Tabla 8**

*Fichas de recolección.*

<b>Ficha de recolección de datos</b>	<b>Descripción</b>
Fichas experimentales de las características del biocarbón de residuos orgánicos	Este instrumento registra los datos de laboratorio obtenidos después de la caracterización fisicoquímica del biocarbón (Anexo 5.1)
Ficha experimental para las características fisicoquímicas del suelo dosificado con biocarbón	Este instrumento registra los datos de laboratorio obtenidos después de la caracterización fisicoquímica del suelo dosificado con biocarbón (Anexo 5.2)
Ficha experimental para las características microbiológicas del suelo dosificado con biocarbón	Este instrumento registra los datos de laboratorio obtenidos después de la caracterización microbiológicas del suelo dosificado (Anexo 5.3)
Fichas experimentales de los indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta ( <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.)	Este instrumento compila los datos de los indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta ( <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.) (Anexo 3 y Anexo 4)

Para mayor amplitud sobre los indicadores que sustentan la investigación,

se presenta los ensayos analíticos para el suelo (Tabla 10 y 11) y biocarbón (Tabla 12) desarrollados en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Estos métodos de ensayo analíticos son técnicas utilizadas para medir o determinar la cantidad de una sustancia o componente en una muestra.

La Tabla 9, resume los análisis de los indicadores que se midieron y la metodología empleada:

**Tabla 9**

*Ensayos de laboratorios para los indicadores fisicoquímicos del suelo.*

Contenido	Métodos seguidos en el análisis (*)
Textura de suelo:	% de arena, limo y arcilla: método del hidrómetro.
Salinidad:	Medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1: 1 o en el extracto de la pasta de saturación(es)
PH	Medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N. relación 1:2.5.
Calcáreo total (CaCO <sub>3</sub> ):	Método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
Materia orgánica	Método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. % M.O. = % C x (1.724)
Nitrógeno total:	Método del micro-Kjeldahl
Fósforo disponible:	Método del Olsen modificado, extracción con NaHCO <sub>3</sub> =05M.pH 8.5
Potasio disponible:	Extracción con acetato de amonio (CH <sub>3</sub> – COONH <sub>4</sub> )N, pH 7.0
Capacidad de intercambio catiónico (CIC):	Saturación con acetato de amonio (CH <sub>3</sub> - COOCH <sub>4</sub> )N; pH 7.0
Cationes cambiables	Ca <sup>+2</sup> , Mg <sup>+2</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio (CH <sub>3</sub> -COONH <sub>4</sub> )N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
Iones solubles:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>. K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.</li> <li>• Cl, CO<sub>3</sub>=, HCO<sub>3</sub>=, NO<sub>3</sub> solubles: volumetría y colorimetría. SO<sub>4</sub>, turbidimetría con cloruro de Bario.</li> <li>• Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.</li> <li>• Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.</li> </ul>

(\*) Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes – Universidad Nacional Agraria La Molina.

**Tabla 10***Ensayos de laboratorio para los indicadores microbiológicos del suelo.*

Contenido	Descripción
Organismos mesófilos totales (UFC/g de suelo seco)	Se mide la población microbiana mediante las cantidades de bacterias, hongos, actinomicetos que se presenten en el suelo, ya que estos juegan un papel clave en los ciclos de los nutrimentos, descomposición de desechos y residuos.

**Tabla 11***Ensayos de laboratorio para análisis elemental de biocarbón.*

Contenido	Unidad	Ensayo
Análisis elemental	C (%) H (%) N (%) S (%) O (%)	ASTM D5373 - ASTM D4239.

#### 4.6. Análisis y procesamiento de datos

En la presente investigación, se ha planteado un diseño completamente al azar, los datos experimentales se analizaron utilizando el programa de Microsoft Excel y el software SPSS. Se tiene que el programa de Microsoft Excel se utilizó para el procesamiento de datos, donde se crearon los gráficos y diagramas. Mientras que el software SPSS se utilizó para analizar las interferencias, en cuanto a las dosis de biocarbón y las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, se utilizó la prueba estadística paramétrica t-Student debido a que los datos cumplieron con los supuestos de normalidad, mientras que para las dosis de biocarbón y la adaptabilidad se utilizó una prueba no paramétrica es decir la prueba de Kruskal-Wallis; teniéndose para ambas pruebas un nivel de significancia del 5%.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos

#### 5.1.1. Resultados de los bioensayos de fitotoxicidad del biocarbón

Como parte del procedimiento experimental se desarrolló los bioensayos de fitotoxicidad por germinación usando semillas de lechuga y se expuso a diferentes dosis de biocarbón. En la Tabla 12 se presenta los resultados de las cantidades máximas del crecimiento del hipocótilo, crecimiento radicular y la cantidad de semillas germinadas de los 35 tratamientos. Este cuadro muestra que el crecimiento del hipocótilo, crecimiento radicular y la cantidad de semillas germinadas se da a partir de una dosis de biocarbón de 0% y 11.5%, permitiendo un efecto positivo en el crecimiento de la Lechuga sobre este rango de dosis de biocarbón.

Las dosis de 0% y 3% de biocarbón presentan un mayor efecto positivo en el crecimiento, por lo tanto, como valor referencial el planteamiento de un piloto debe aplicarse a partir del menor valor referencial al 3% como por ejemplo un 5% de dosis de biocarbón y aumentarlo de manera progresiva y proporcionada hasta un valor menor al 20% donde ya no se muestra un crecimiento de semillas germinadas, crecimiento de Radícula (cm) crecimiento de Hipocótilo (cm) este rango mayor al 5% y menor al 20% es óptimo para desarrollar un escalamiento experimental según las pruebas realizadas.

Por consiguiente, para la presente investigación se ha empleado dosificaciones al 0%, 5%, 10% y 15% de biocarbón presente en el suelo.

**Tabla 12**

*Valores máximos del crecimiento de semillas germinadas, crecimiento de Radícula (cm) y crecimiento de Hipocótilo (cm) por dosis de biocarbón*

Dosificaciones de biocarbón	Semillas germinadas	Máximo crecimiento de Radícula (cm)	Máximo crecimiento de Hipocótilo (cm)
0%	6	1,6	7,9
3%	6	1,5	8,7
11,5%	1	0,5	2,2
20%	0	0	0
25,8%	0	0	0

### **5.1.2. Caracterizaciones fisicoquímicas y elementales del biocarbón**

#### **❖ Caracterización fisicoquímica del biocarbón**

En la Tabla 13, se presentan las características fisicoquímicas del biocarbón donde se han tomado dos muestras. Los resultados de esta caracterización muestran que los valores del pH son alcalinos, esto podría estar relacionados con una mayor cantidad de óxido metálico, hidróxido y carbonato en las partículas de biocarbón, del mismo modo los valores de la conductividad eléctrica (C.E.) del biocarbón son altas, lo que podría atribuirse a una mayor solubilidad de las partículas más finas en el agua y a la liberación de sales solubles después de la rotura de las partículas. El valor de la materia orgánica es alto, debido a la naturaleza del sustrato. También presenta un bajo contenido de fósforo, potasio y calcio en forma de óxidos y un bajo contenido de sodio y magnesio, generando una capacidad de intercambio catiónico (CIC) baja.

**Tabla 13**

*Propiedades fisicoquímicas del biocarbón de residuos orgánicos.*

Muestras	pH	CE. (dS/m)	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	CaO %	Mg %	Hd %	Na %	CIC
Muestra 1	10.25	27.40	20.01	0.23	1.96	4.84	11.34	0.50	2.69	0.23	5.40
Muestra 2	10.21	27.50	20.37	0.14	1.86	6.07	13.51	0.70	2.70	0.28	5.00

## ❖ Caracterización elemental del biocarbón

Para la caracterización elemental del biocarbón, es esencial considerar que el carbono presente en las muestras experimenta alteraciones mediante el proceso de carbonización, generando compuestos aromáticos que son notablemente cada vez más resistentes a la degradación biológica. Como resultado de este proceso, los compuestos a base de carbono presentes permanecen estables durante un período muy largo. En consecuencia, la Tabla 14, muestra un alto porcentaje de carbono y oxígeno que da referencia a los compuestos oxidados, mientras que en los demás elementos como Nitrógeno, Azufre e Hidrógeno es muy bajo.

**Tabla 14**

*Propiedades elementales del biocarbón de residuos sólidos orgánicos.*

<b>Muestras</b>	<b>C</b> %	<b>H</b> %	<b>N</b> %	<b>S</b> %	<b>O</b> %
Muestra 1	57.16	2.38	1.06	< 0.01	23.89
Muestra 2	58.56	2.36	0.13	< 0.01	26.24

### **5.1.3. Efecto del biocarbón en las propiedades fisicoquímicas en el suelo**

La aplicación de biocarbón ha generado una variación en las propiedades fisicoquímicas del suelo, como se muestra en la Tabla 15; con referencia a la muestra control (inicial), todos los tratamientos han aumentado en todas sus propiedades como pH, conductividad eléctrica, sales, cationes, aniones, mejorando su capacidad de intercambio catiónico. El biocarbón como enmienda produce este tipo de variaciones en los suelos.

**Tabla 15***Resultados de las propiedades fisicoquímicas de los diferentes tratamientos.*

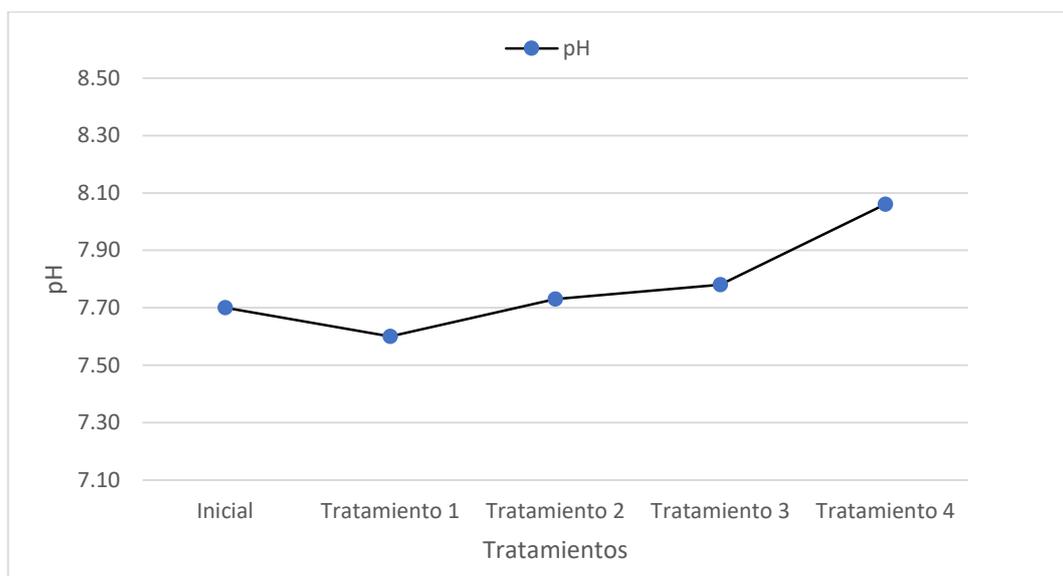
Tratamientos	Dosis de biocarbón (%)	pH	CE. dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Textura	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Inicial (*)	-	7.70	0.34	12.40	5.84	12.2	122	51	30	19	Fr.	12.80	11.65	0.72	0.26	0.17
Tratamiento 1	0	7.60	0.51	9.84	9.94	96.7	778	66	24	10	Fr. A.	13.12	9.29	2.52	1.3	0.01
Tratamiento 2	5	7.73	1.32	8.94	13.97	137.7	1380	64	26	10	A.	14.40	8.24	2.62	2.58	0.97
Tratamiento 3	10	7.78	1.63	8.94	11.55	108.6	2010	60	28	12	A.	13.60	7.55	2.42	2.36	1.27
Tratamiento 4	15	8.06	0.99	9.84	11.55	151.3	2240	64	26	10	A.	13.44	6.93	2.8	2.73	0.98

*(\*) Muestra inicial en ausencia de biocarbón y estiércol.*

Para mayor análisis en la variación de los parámetros fisicoquímicos, en la Figura 22, se muestra un ligero incremento del pH; este incremento puede darse por la alcalinidad del biocarbón aplicado, siendo el Tratamiento 4 con mayor dosis de biocarbón el que presenta un pH más alcalino.

### Figura 22

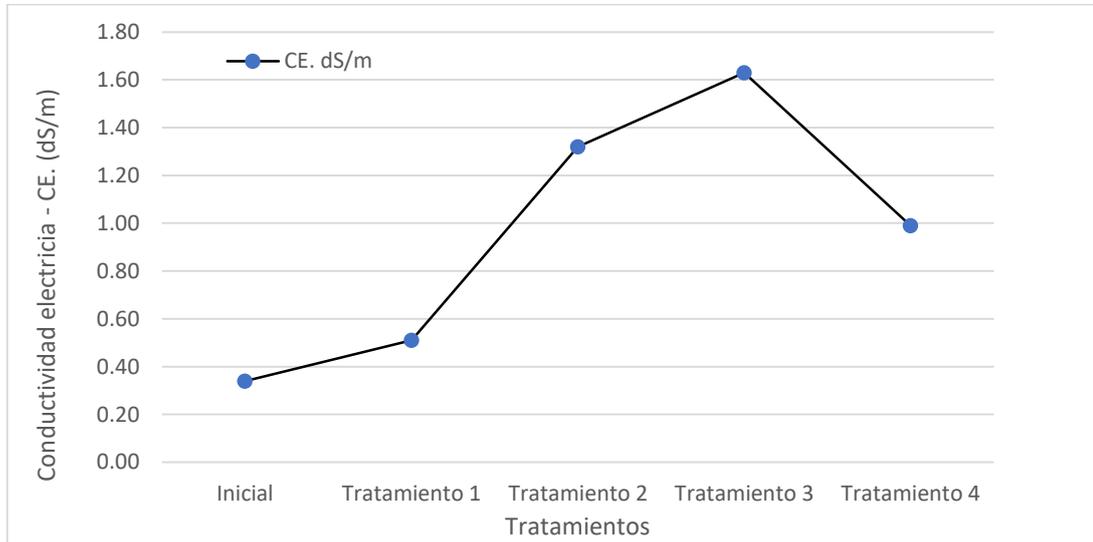
*Variabilidad del pH según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



La conductividad eléctrica del suelo se refiere a la capacidad del suelo para transportar corriente eléctrica. Esta propiedad está influenciada por la cantidad de agua y sales disueltas en el suelo, ya que los iones presentes en el agua son portadores de carga eléctrica y facilitan la conducción eléctrica. En la Figura 23, se observa un incremento en la conductividad eléctrica (C.E.) desde el Tratamiento 1 hasta el Tratamiento 3, a medida que la dosis de biocarbón aumenta. Sin embargo, el Tratamiento 4 presenta una ligera disminución.

**Figura 23**

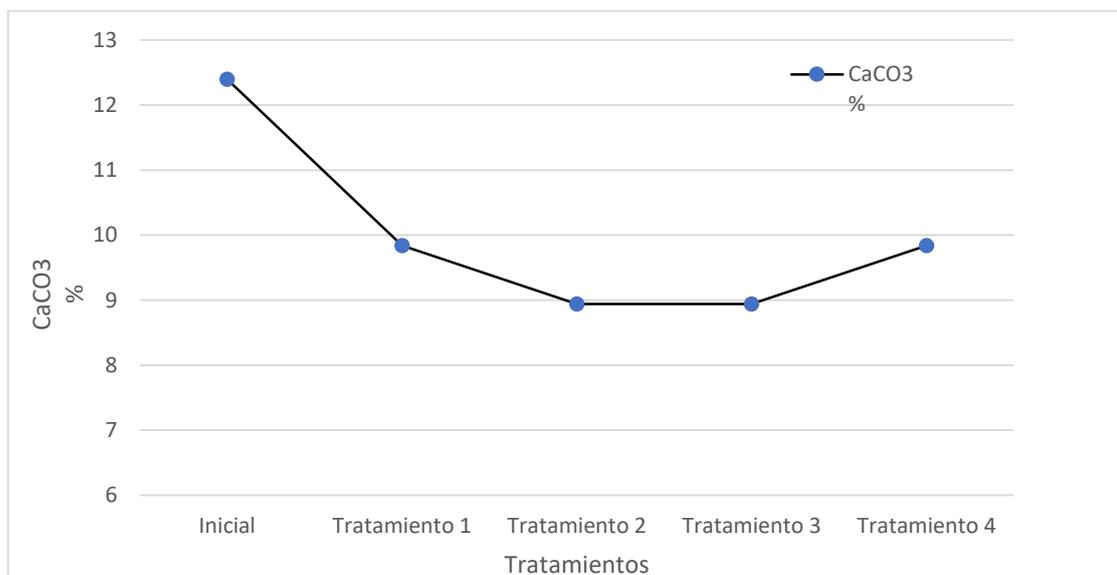
*Variabilidad de la conductividad según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



La presencia de carbonatos puede influir en las propiedades del suelo y modificar su capacidad para sostener el crecimiento de las plantas. La Figura 24, muestra la variabilidad de  $\text{CaCO}_3$  que ha disminuido a medida que aumenta la dosis de biocarbón entre los tratamientos 1, 2 y 3; para luego incrementarse ligeramente en el tratamiento 4.

**Figura 24**

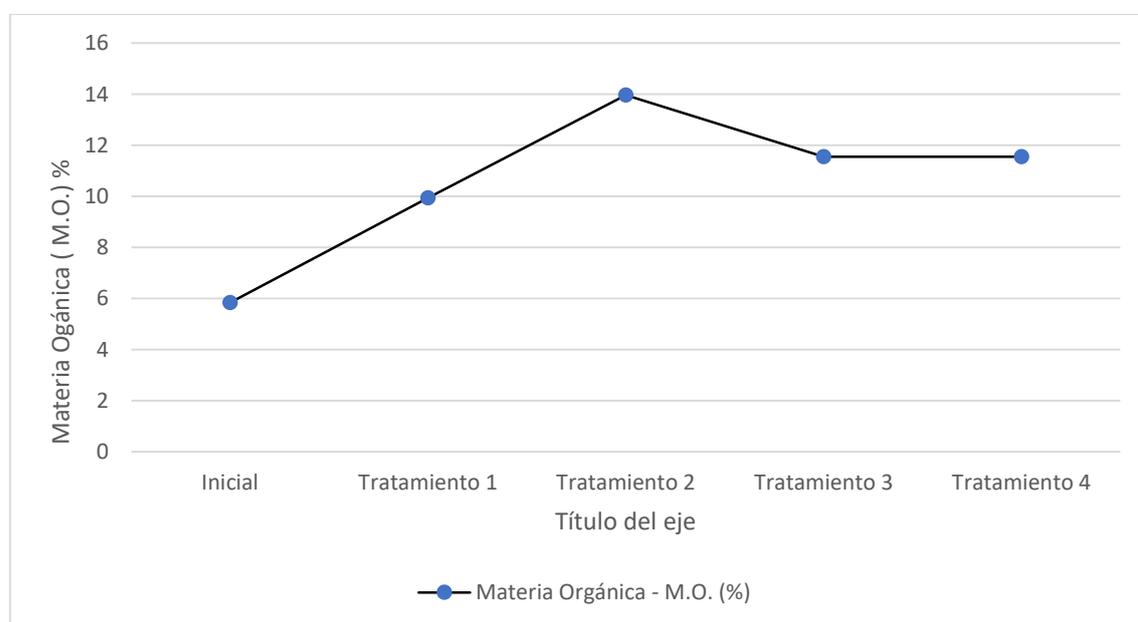
*Variabilidad de  $\text{CaCO}_3$  según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



La materia orgánica constituye una fracción importante del suelo, compuesta principalmente de material biológico en proceso de descomposición. En el contexto del proceso de carbonización, la materia orgánica se convierte en un componente esencial del material de entrada, experimentando un aumento en su proceso. La Figura 26, muestra un incremento significativo de materia orgánica a medida que se incrementa las dosis de biocarbón, resaltando el tratamiento 2 que brinda mayor materia orgánica sobre el suelo.

### Figura 25

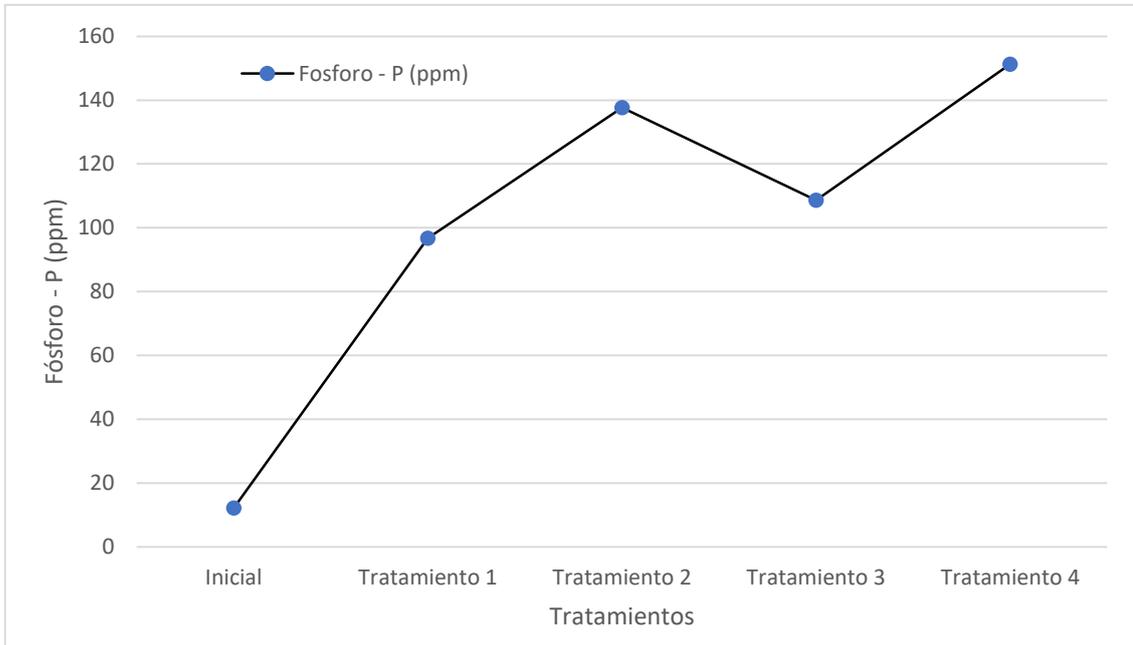
*Variabilidad de la materia orgánica según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



La disponibilidad de fósforo en el suelo es un factor crítico para la salud y el desarrollo de las plantas. En la Figura 26, los tratamientos muestran un incremento de la concentración del fósforo en comparación de la muestra inicial. Esto implica que el biocarbón permite mayor disponibilidad de fósforo, teniéndose que el mayor aporte de fósforo se da con el tratamiento 4 con 151.3 ppm.

**Figura 26**

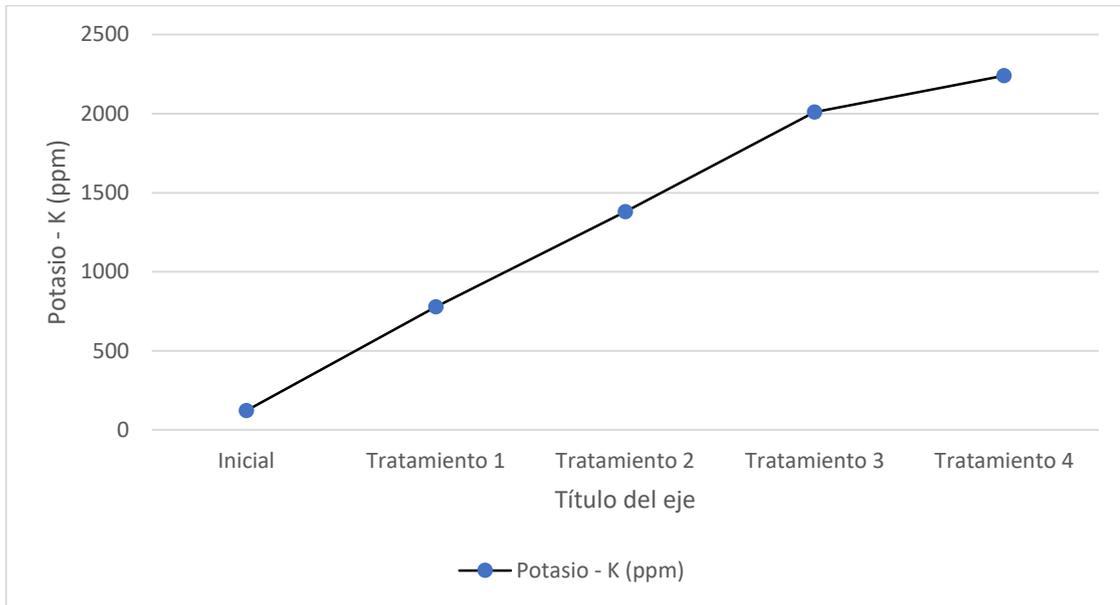
*Variabilidad de Fósforo según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



El potasio (K) es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y desempeña varios roles importantes en los procesos fisiológicos. La disponibilidad de este elemento ayuda a regular la presión osmótica dentro de las células vegetales, lo que es esencial para mantener la turgencia celular y la estructura de las plantas, permite la liberación de oxígeno durante la fotosíntesis y la activación de enzimas. La Figura 27, muestra un incremento en la disponibilidad de potasio a medida que se incrementa la dosis de biocarbón en el suelo.

**Figura 27**

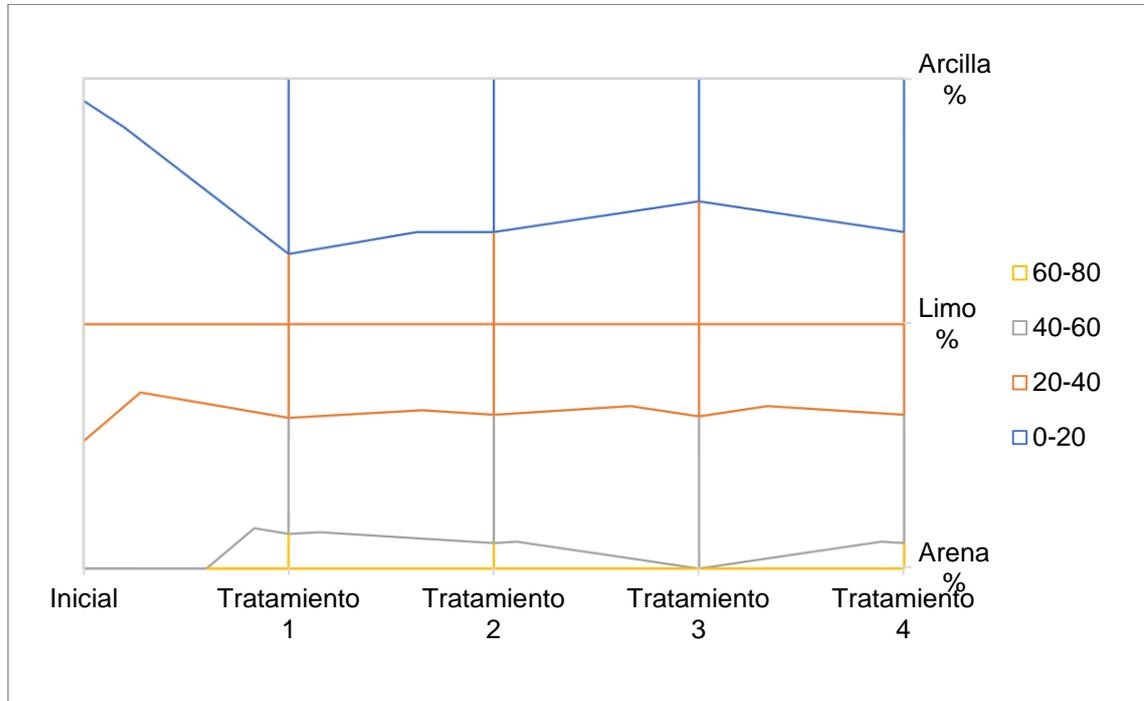
*Variabilidad de Potasio según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



El biocarbón es considerado un enmendador del suelo, por lo que sus efectos inmediatos se relacionan directamente a la alteración de la granulometría del suelo. La Figura 28, muestra que el suelo inicial tenía un alto % de arena y nivel medio de % de limo y un bajo contenido de % de arcilla. Todos los tratamientos aplicados generaron el mismo efecto en promedio sobre el suelo, el contenido de arena se incrementó ligeramente mientras que el limo y la arcilla se redujeron, esto es de esperarse debido a la granulometría del biocarbón y sus efectos de enmienda en el suelo.

**Figura 28**

*Variabilidad de la granulometría del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.*

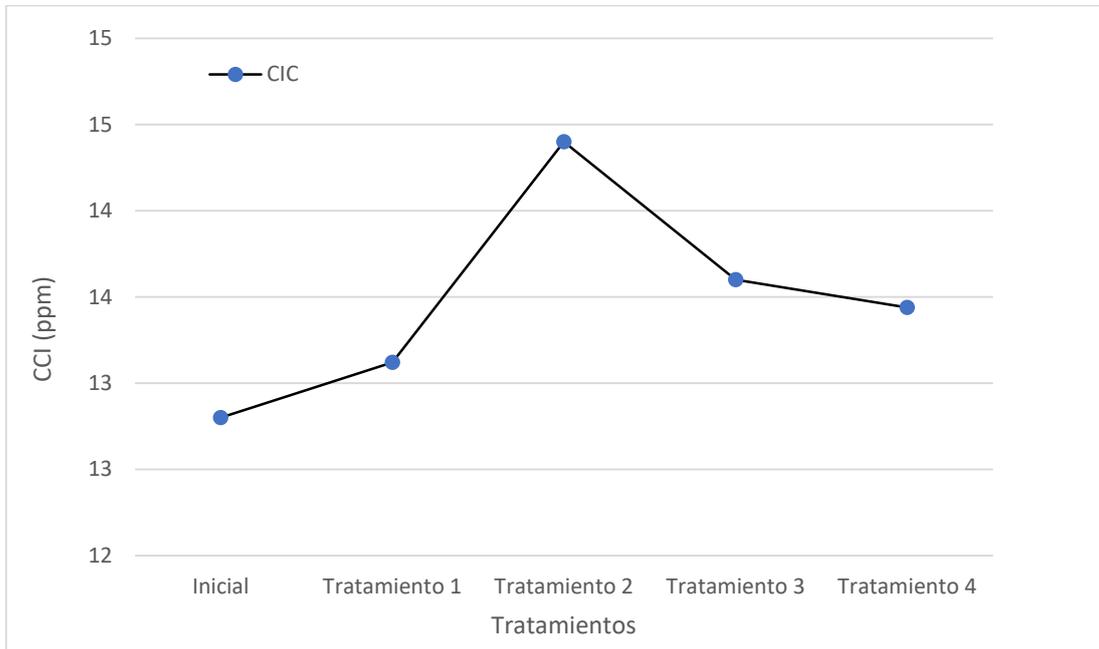


La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo desempeña un papel crucial debido a su influencia directa en la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. Una CIC elevada implica que el suelo tiene la capacidad de retener grandes cantidades de nutrientes catiónicos, como el calcio y el magnesio, haciendo que estos elementos estén fácilmente accesibles para las plantas. Por otro lado, si el suelo tiene una baja CIC, puede haber una escasez de nutrientes catiónicos disponibles para las plantas, lo que puede limitar su crecimiento y desarrollo.

En la Figura 29, se observa que la capacidad de intercambio catiónico (CIC) inicial del suelo varió de 12.80 ppm a un máximo de 14.40 ppm para el Tratamiento 2. Aunque la diferencia de 1 ppm puede parecer no significativo, esta variación puede tener implicaciones significativas en la adaptabilidad de los esquejes y la capacidad de intercambio de cationes en el suelo.

**Figura 29**

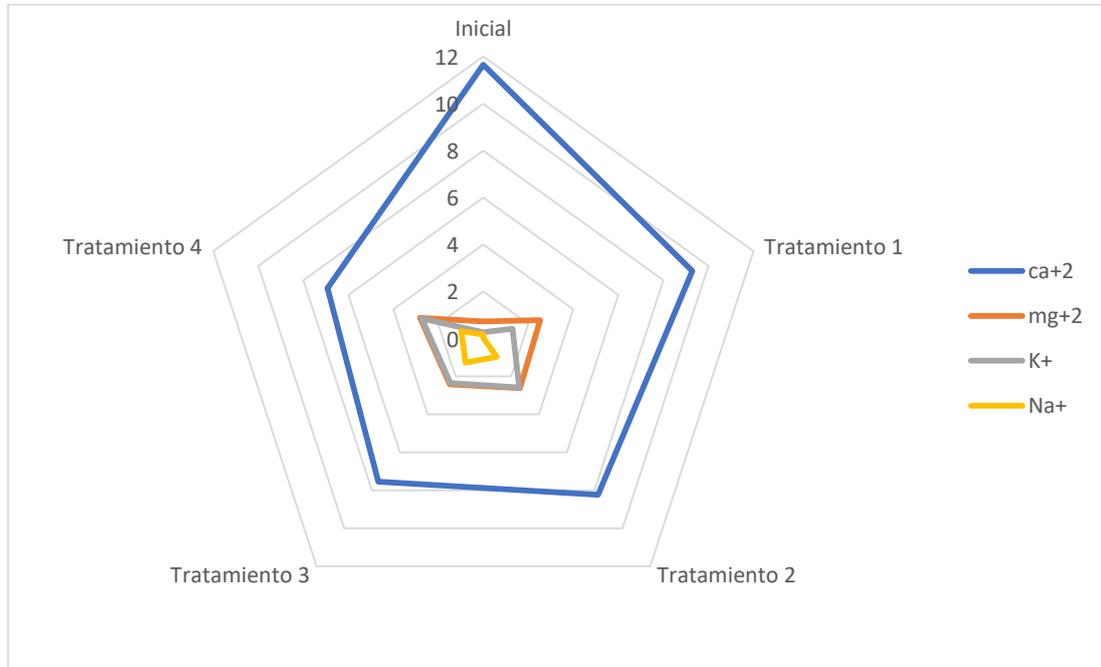
*Variabilidad del CCI del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



En la Figura 30, se evidencia que los cationes cambiabiles en el suelo, tales como calcio, magnesio, sodio y potasio, muestran variaciones en sus concentraciones tras la aplicación según los tratamientos. Es notable que, respecto a la muestra inicial, la concentración de calcio disminuye con la aplicación de los tratamientos, mientras que las concentraciones de magnesio, potasio y sodio experimentan un aumento. Estos cambios sugieren que los tratamientos tienen un impacto diferenciado en la disponibilidad de estos cationes en el suelo, lo cual puede tener implicaciones significativas para la nutrición de los esquejes y la composición química del sustrato.

**Figura 30**

*Variabilidad de cationes cambiables del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



#### **5.1.4. Efecto del biocarbón en las propiedades microbiológicas del suelo**

Las propiedades microbiológicas del suelo se refieren a diversas características relacionadas con la presencia, abundancia, diversidad y actividad de los microorganismos en el suelo. Estas propiedades son fundamentales para la salud y la fertilidad del suelo, ya que los microorganismos desempeñan roles críticos en los ciclos biogeoquímicos, la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. En este estudio, se investigó la respuesta de la comunidad bacteriana, hongos y actinomicetos en el suelo por la incorporación de biocarbón para la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).

La Tabla 16 refleja una variación significativa en la comunidad microbiana del suelo en respuesta a diferentes dosificaciones de biocarbón. A medida que aumenta la dosis de biocarbón, se observa un incremento general en la comunidad microbiana. No obstante, en el último tratamiento, se destaca un aumento en las poblaciones de bacterias y actinomicetos, acompañado de una

disminución en la comunidad de hongos.

Estos resultados indican una respuesta diferenciada de los grupos microbianos a las dosificaciones de biocarbón, resaltando la complejidad de la relación entre la cantidad de biocarbón y la composición de la comunidad microbiana en el suelo.

**Tabla 16**

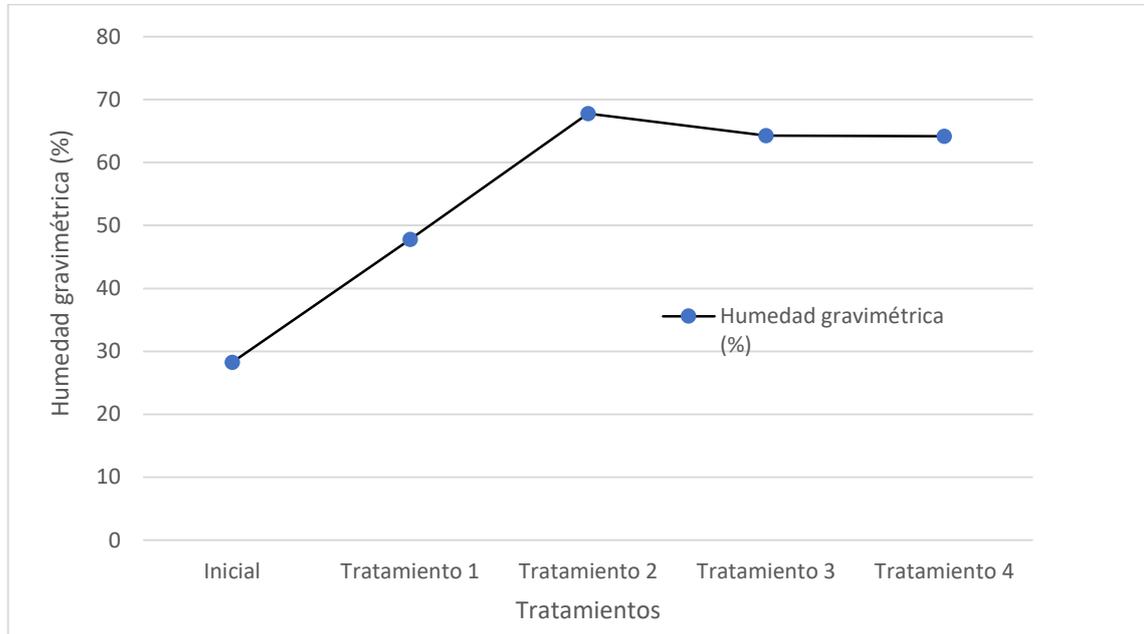
*Resultados de la variación microbiológica.*

Tratamiento	Dosis de biocarbón (%)	Humedad gravimétrica (%)	Organismos mesófilos totales (UFC/g suelo seco)		
			Bacterias (10 <sup>7</sup> )	Hongos (10 <sup>6</sup> )	Actinomicetos (10 <sup>7</sup> )
Inicial		28.27	3.50	0.04	0.19
Tratamiento 1	0	47.78	2.61	0.39	2.18
Tratamiento 2	5	67.80	2.31	1,70	0.66
Tratamiento 3	10	64.30	3.95	8.00	0.41
Tratamiento 4	15	64.19	7.40	0.04	2.56

La humedad del suelo desempeña un papel crucial en la actividad y supervivencia de los microorganismos presentes en él. Tanto la cantidad como la disponibilidad de agua en el suelo impactan directamente la actividad microbiana, influenciando diversos procesos biológicos y químicos. En este estudio, se ha mantenido un nivel de humedad elevado para crear condiciones propicias para el crecimiento microbiano. La Figura 31 muestra que el porcentaje de humedad se mantiene por encima del 60% en los tratamientos 2, 3 y 4, indicando condiciones favorables para el desarrollo de la actividad biológica en el suelo.

**Figura 31**

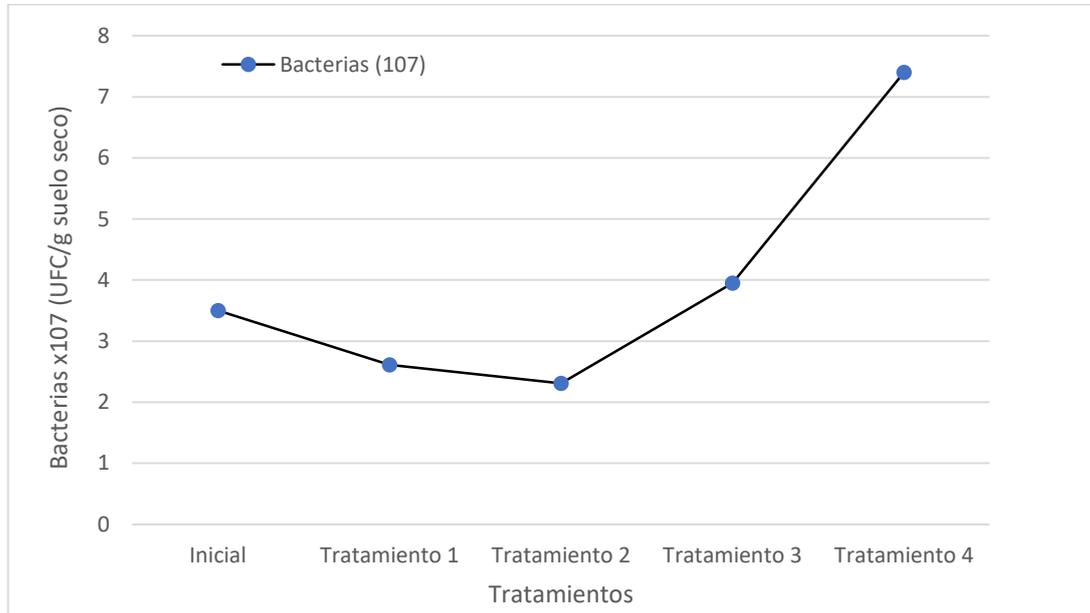
*Variabilidad de la Humedad gravimétrica del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



En la Figura 32, se evidencia que los tratamientos 1 y 2 exhiben valores menores en comparación con la muestra inicial, mientras que los tratamientos 3 y 4 presentan valores significativamente mayores. Este patrón sugiere que a medida que aumentan las dosificaciones, la riqueza bacteriana también experimenta un incremento notable. En otras palabras, mayores niveles de dosificación se correlacionan con una mayor diversidad y abundancia de bacterias en el suelo. Este hallazgo respalda la idea de que la dosis de aplicación tiene un impacto significativo en la composición y riqueza de la comunidad bacteriana en el suelo estudiado.

**Figura 32**

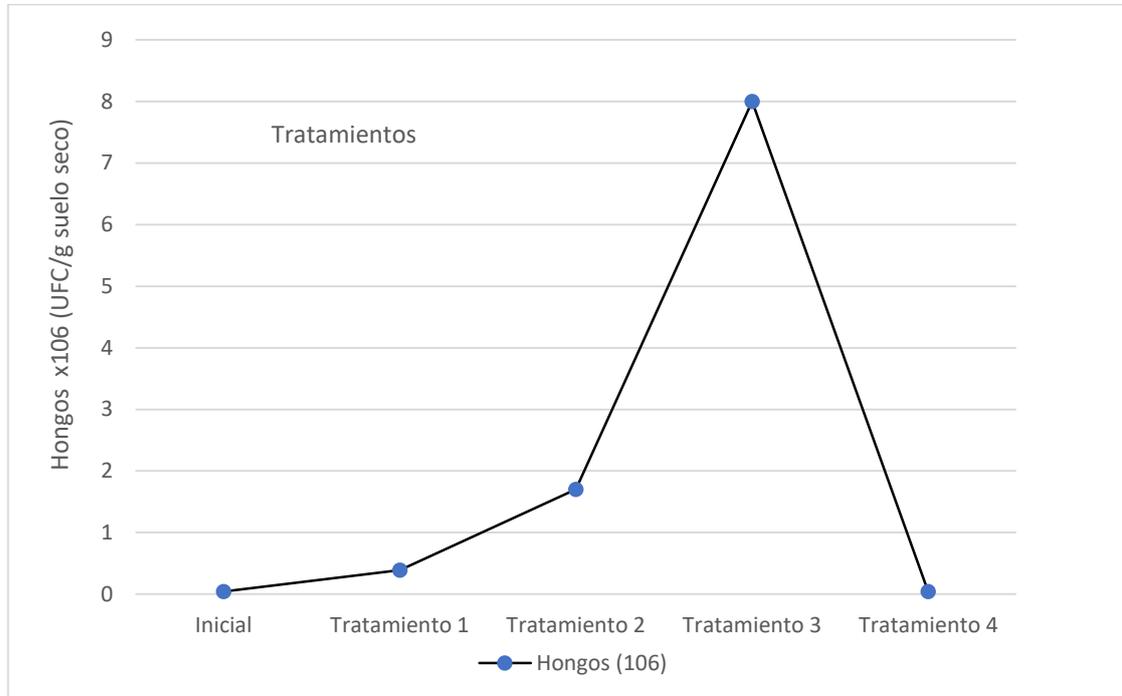
*Variabilidad de las bacterias del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



En la Figura 33, se observa que los tratamientos 2, 3 y 4 exhiben un aumento en la riqueza de hongos en comparación con la muestra inicial. Es importante destacar que el tratamiento 3 muestra la mayor significancia, alcanzando una riqueza de  $7.40 \times 10^6$  UFC/g de suelo seco. Estos resultados indican que las dosis específicas aplicadas en los tratamientos 2, 3 y 4 han contribuido significativamente al aumento de la población de hongos en el suelo estudiado, siendo el tratamiento 3 especialmente efectivo en este sentido.

**Figura 33**

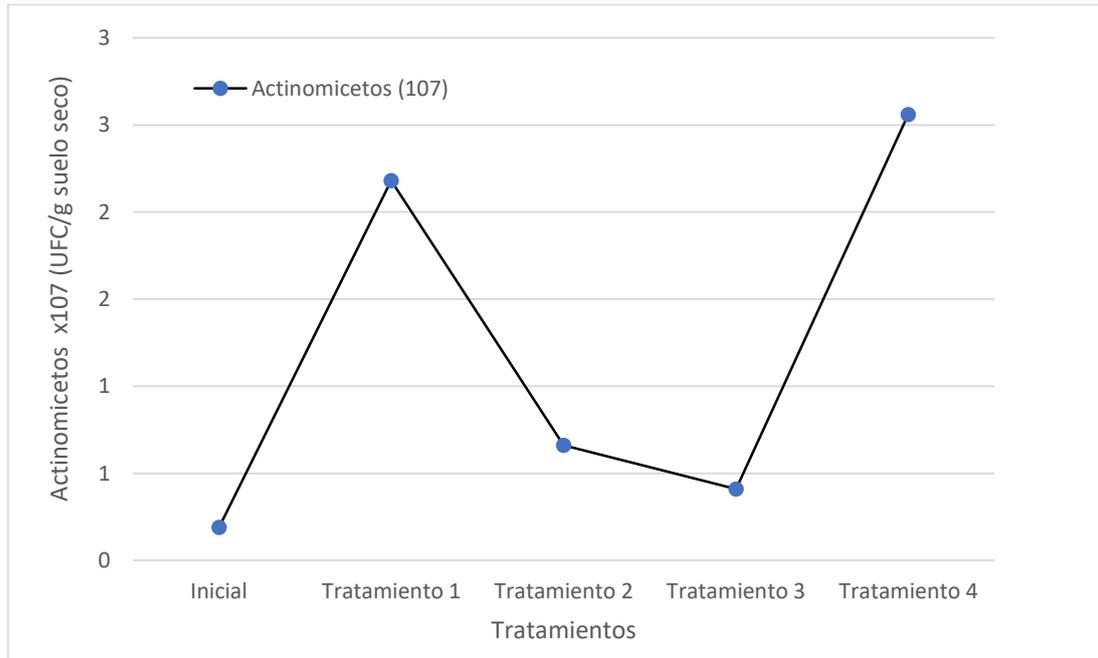
*Variabilidad de Hongos del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón*



En la Figura 34, se observa que los tratamientos, en comparación con la muestra inicial, han aumentado la riqueza de actinomicetos. Es notable que a medida que aumenta la dosificación, también aumenta la riqueza de actinomicetos. Específicamente, la dosificación más alta en el tratamiento 4 ha llevado a una notable riqueza de actinomicetos, incrementando de  $0.19 \times 10^7$  UFC/g de suelo seco en la muestra inicial a  $2.56 \times 10^6$  UFC/g de suelo seco en el tratamiento 4. Estos resultados indican una relación positiva entre la dosificación aplicada y la riqueza de actinomicetos en el suelo estudiado.

**Figura 34**

*Variabilidad de Actinomicetos del suelo según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



### **5.1.5. Efecto del biocarbón en la adaptabilidad de la especie endémica *Huamanpinta***

En la Tabla 17, se presentan los indicadores de adaptabilidad del esqueje, incluyendo la coloración de hojas, coloración de las espinas, estado de supervivencia y el estado de vigorosidad para los diferentes tratamientos, con la finalidad de observar la respuesta de adaptabilidad de los esquejes a las diferentes dosificaciones de biocarbón. Los datos de la tabla 17, se han extraído del Anexo 3.

**Tabla 17**

*Resultados de indicadores de la adaptabilidad de la especie *Huamanpinta**

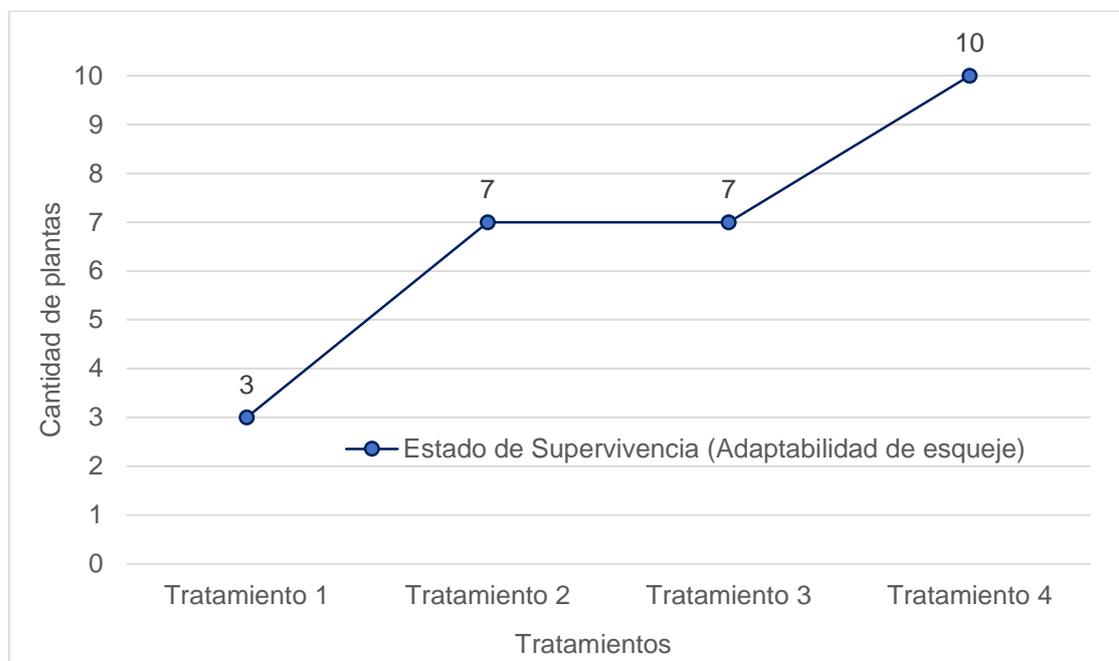
Código de la planta	Tratamiento	Estado de Supervivencia (Adaptabilidad del esqueje)	Coloración de las hojas	Coloración de las espinas	Estado de Vigorosidad
1	Tratamiento 1	SI	VERDE	AMARILLO	REGULAR
2	Tratamiento 1	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO

3	Tratamiento 1	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
4	Tratamiento 1	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
5	Tratamiento 1	SI	VERDE	AMARILLO	REGULAR
6	Tratamiento 1	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
7	Tratamiento 1	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
8	Tratamiento 1	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
9	Tratamiento 1	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
10	Tratamiento 1	SI	VERDE	AMARILLO	REGULAR
<b>OBSERVACIÓN</b>		<b>3 VIVAS</b>	<b>3 VERDES</b>	<b>-</b>	<b>7 MALOS, 3 REGULARES</b>
11	Tratamiento 2	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
12	Tratamiento 2	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
13	Tratamiento 2	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
14	Tratamiento 2	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
15	Tratamiento 2	SI	AMARILLO	AMARILLO	REGULAR
16	Tratamiento 2	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
17	Tratamiento 2	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
18	Tratamiento 2	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
19	Tratamiento 2	SI	AMARILLO	AMARILLO	REGULAR
20	Tratamiento 2	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
<b>OBSERVACIÓN</b>		<b>7 VIVAS</b>	<b>7 VERDES</b>	<b>-</b>	<b>7 BUENAS, 2 REGULARES, 1 MALO</b>
21	Tratamiento 3	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
22	Tratamiento 3	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
23	Tratamiento 3	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
24	Tratamiento 3	SI	AMARILLO	AMARILLO	REGULAR
25	Tratamiento 3	SI	AMARILLO	AMARILLO	REGULAR
26	Tratamiento 3	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
27	Tratamiento 3	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
28	Tratamiento 3	NO	AMARILLO	AMARILLO	MALO
29	Tratamiento 3	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
30	Tratamiento 3	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
<b>OBSERVACIÓN</b>		<b>7 VIVAS</b>	<b>7 VERDES</b>	<b>-</b>	<b>5 BUENAS, 2 REGULARES, 3 MALOS</b>
31	Tratamiento 4	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
32	Tratamiento 4	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
33	Tratamiento 4	SI	AMARILLO	AMARILLO	REGULAR
34	Tratamiento 4	SI	AMARILLO	AMARILLO	REGULAR
35	Tratamiento 4	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
36	Tratamiento 4	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
37	Tratamiento 4	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
38	Tratamiento 4	SI	AMARILLO	AMARILLO	REGULAR
39	Tratamiento 4	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
40	Tratamiento 4	SI	VERDE	AMARILLO	BUENO
<b>OBSERVACIÓN</b>		<b>10 VIVAS</b>	<b>7 VERDES</b>	<b>-</b>	<b>7 BUENAS, 3 REGULARES</b>

En la Figura 35, se muestra que a medida que aumentan las dosificaciones en los tratamientos, se observa un incremento en la cantidad de esquejes que se adaptan. El tratamiento 4 presenta un mayor número de esquejes adaptados en comparación con los demás tratamientos. Esto indica que el biocarbón aplicado en los tratamientos 2, 3 y 4 tiene un efecto significativo sobre la adaptabilidad del esqueje de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), siendo el tratamiento 4 especialmente efectivo en este aspecto.

### Figura 35

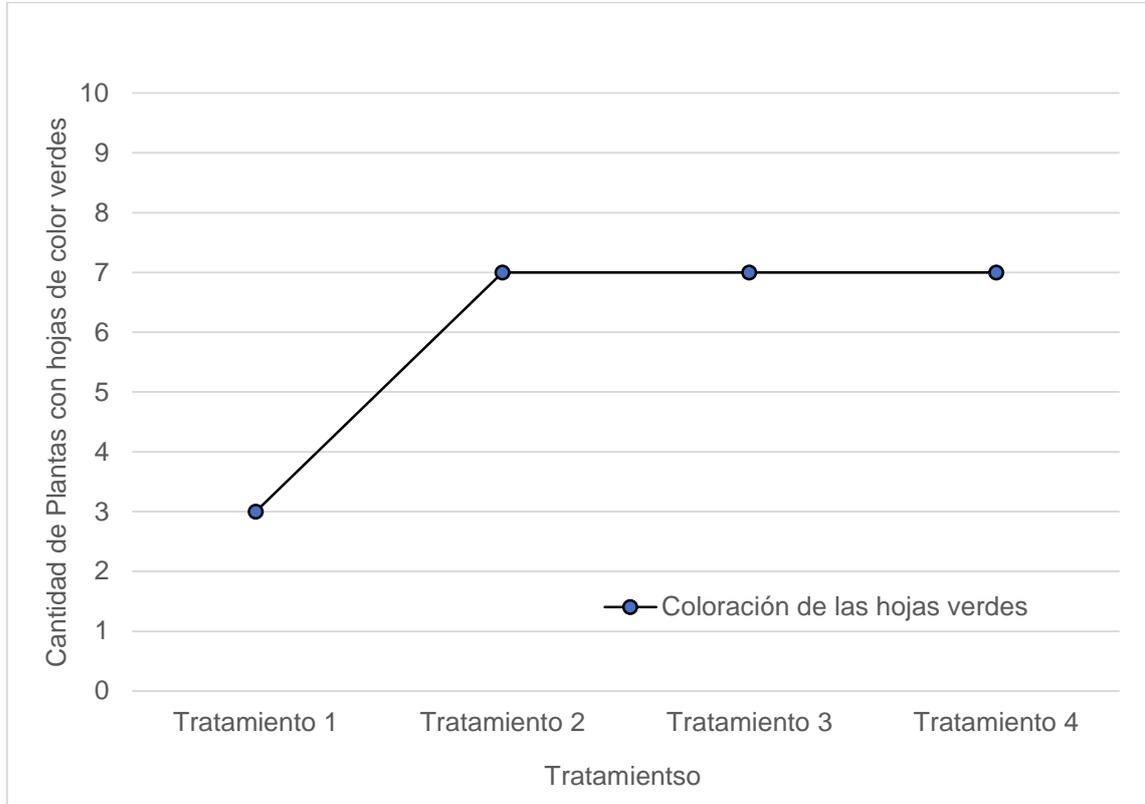
*Estado de supervivencia de esquejes según los diferentes tratamientos con biocarbón.*



En la Figura 36, se evidencia que los tratamientos 2, 3 y 4, con dosificaciones de biocarbón entre el 5% y 15% presentan un mayor número de esquejes con coloración de hojas verde en comparación con el tratamiento 1, que no recibió dosificación de biocarbón. Estos resultados sugieren que el biocarbón, empleado como enmienda orgánica del suelo, contribuye positivamente a mejorar la coloración de las hojas de los esquejes. Este hallazgo respalda la idea de que la aplicación de biocarbón puede tener beneficios significativos en la salud y el desarrollo de las plantas.

**Figura 36**

*Coloración de hojas de los esquejes según los diferentes tratamientos con biocarbón.*

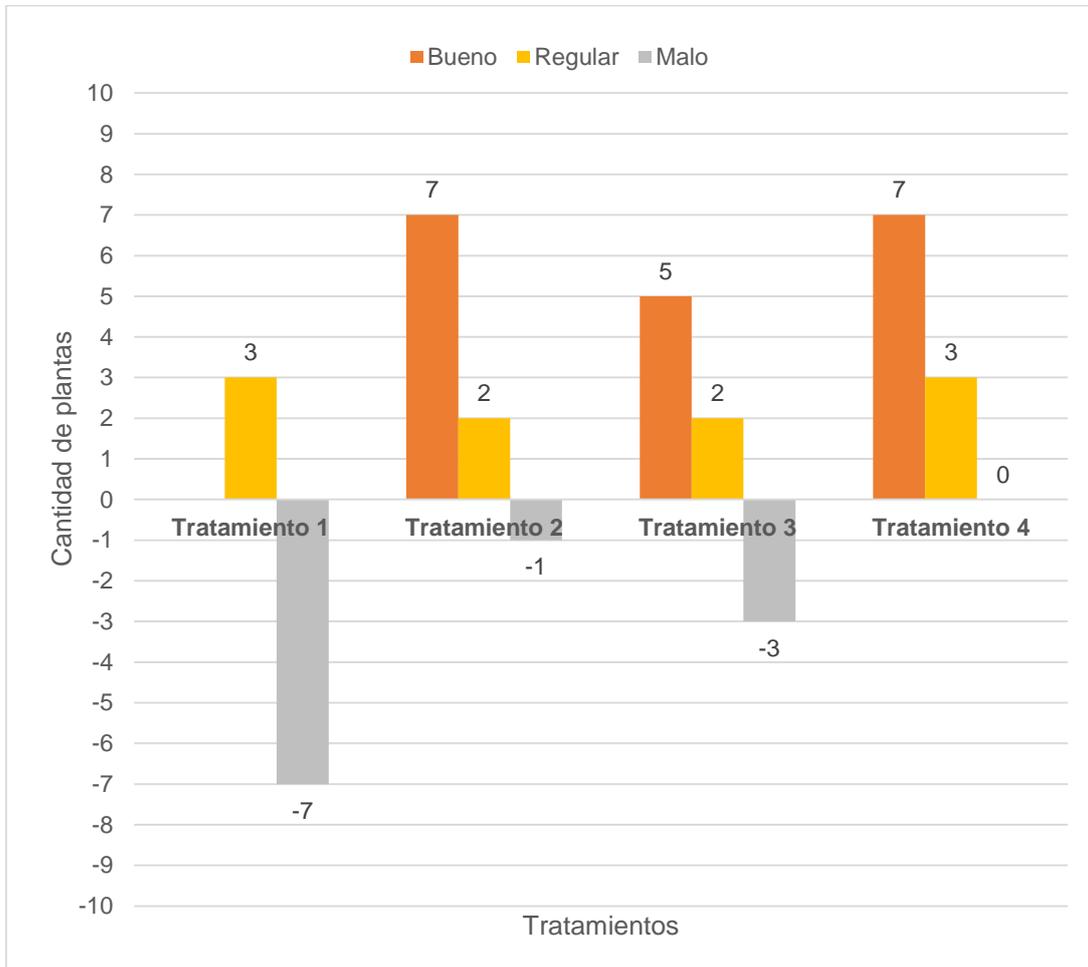


Asimismo, es importante mencionar que los 4 tratamientos no mostraron un efecto en la coloración de las espigas, ya que esta característica no evidenció variaciones durante el período de observación.

La Figura 37, revela que los tratamientos 2, 3 y 4 muestran un mayor número de esquejes con vigor en comparación con el tratamiento 1, que no recibió biocarbón y tuvo un mayor número de esquejes sin vigor. Además, se observa que el tratamiento 2 y el tratamiento 4 tienen una cantidad igual de esquejes vigorosos, pero el tratamiento 4 presenta una mayor cantidad de esquejes en estado regular. Estos resultados sugieren que la aplicación de biocarbón como enmienda en el suelo tiene un efecto positivo en el estado de vigorosidad de los esquejes.

**Figura 37**

*Vigoresidad de los esquejes según los diferentes tratamientos.*



En la Tabla 18, se presentan los indicadores de número de hojas y altura del esqueje para los diferentes tratamientos, con la finalidad de observar cual ha sido el efecto de los tratamientos sobre su estado inicial. Los datos de la tabla se han extraído del Anexo 3.

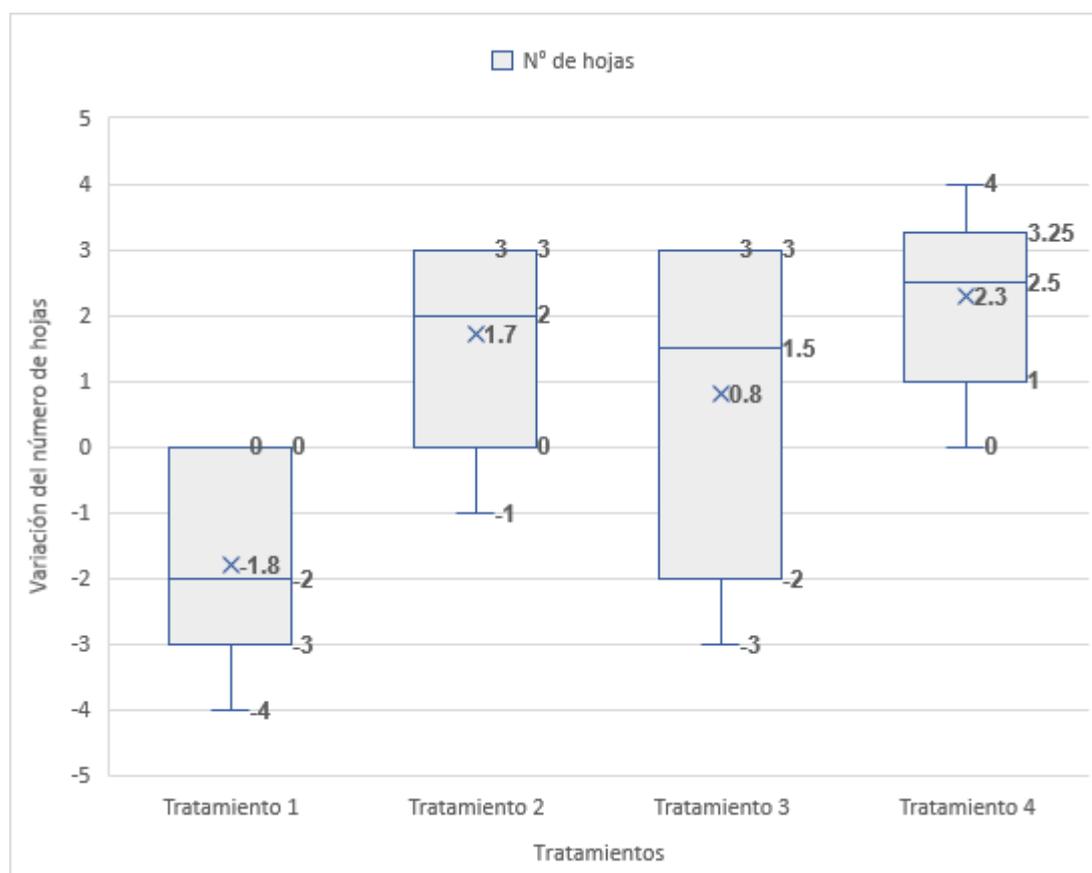
**Tabla 18***Indicadores de número de hojas y altura del esqueje.*

Código de la planta	Tratamiento	INICIO DE EVALUACIÓN		FINAL DE EVALUACIÓN		VARIACIÓN DE LOS INDICADORES	
		Nº de hojas	Altura inicial (cm)	Nº de hojas	Altura final (cm)	Nº de hojas	Altura (cm)
1	Tratamiento 1	29	19	29	19	0	0
2	Tratamiento 1	45	19	43	17	-2	-2
3	Tratamiento 1	45	19	42	18	-3	-1
4	Tratamiento 1	28	18	26	17	-2	-1
5	Tratamiento 1	36	19	36	19	0	0
6	Tratamiento 1	70	19	68	18	-2	-1
7	Tratamiento 1	36	19	34	17	-2	-2
8	Tratamiento 1	32	18	29	17	-3	-1
9	Tratamiento 1	31	16	27	15	-4	-1
10	Tratamiento 1	37	18	37	18	0	0
11	Tratamiento 2	28	20	31	23	3	3
12	Tratamiento 2	25	20	24	18	-1	-2
13	Tratamiento 2	31	19	34	22	3	3
14	Tratamiento 2	26	21	28	23	2	2
15	Tratamiento 2	12	20	12	20	0	0
16	Tratamiento 2	23	18	26	20	3	2
17	Tratamiento 2	19	20	21	22	2	2
18	Tratamiento 2	27	19	30	22	3	3
19	Tratamiento 2	29	20	29	20	0	0
20	Tratamiento 2	23	19	25	21	2	2
21	Tratamiento 3	24	20	27	22	3	2
22	Tratamiento 3	30	21	27	19	-3	-2
23	Tratamiento 3	40	20	43	23	3	3
24	Tratamiento 3	30	21	30	21	0	0
25	Tratamiento 3	32	19	32	19	0	0
26	Tratamiento 3	28	17	31	19	3	2
27	Tratamiento 3	26	19	24	18	-2	-1
28	Tratamiento 3	30	20	28	19	-2	-1
29	Tratamiento 3	40	19	43	22	3	3
30	Tratamiento 3	50	20	53	22	3	2
31	Tratamiento 4	52	22	56	25	4	3
32	Tratamiento 4	78	22	82	26	4	4
33	Tratamiento 4	55	20	56	21	1	1
34	Tratamiento 4	37	22	38	23	1	1
35	Tratamiento 4	56	22	59	26	3	4
36	Tratamiento 4	34	20	37	23	3	3
37	Tratamiento 4	40	19	42	22	2	3
38	Tratamiento 4	37	20	37	20	0	0
39	Tratamiento 4	50	21	53	24	3	3
40	Tratamiento 4	38	21	40	23	2	2

La Figura 38, muestra que los tratamientos 2, 3 y 4 presentan un aumento significativo en el número de hojas de los esquejes, en contraste con el tratamiento 1, que no recibió biocarbón y experimentó una pérdida de hojas. Además, se destaca que el tratamiento 4 logró un incremento superior en el número de hojas en comparación con los demás tratamientos. Estos resultados sugieren que la aplicación de biocarbón como enmienda en el suelo tiene un impacto positivo en la cantidad de hojas de los esquejes, siendo el tratamiento 4 especialmente efectivo en este aspecto.

### Figura 38

*Variación de número de hojas de los esquejes según los diferentes tratamientos.*

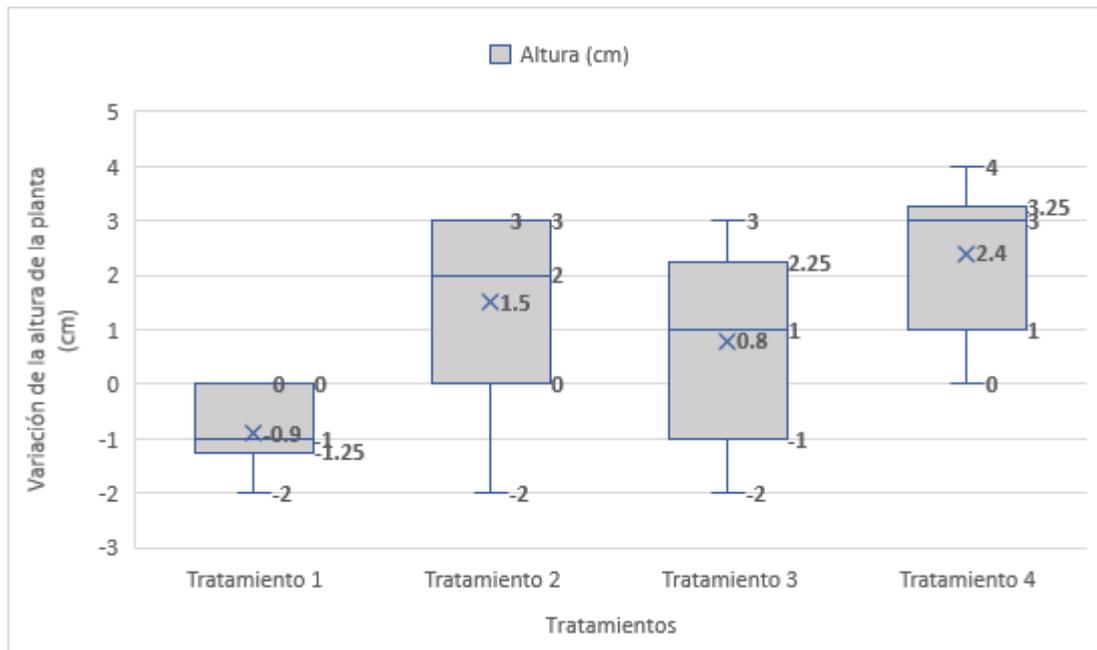


La Figura 39, evidencia que los tratamientos 2, 3 y 4 muestran un aumento significativo en la altura de los esquejes, en contraste con el tratamiento 1 que no recibió biocarbón y experimentó una reducción de altura. Además, se resalta que el tratamiento 4 logró un aumento superior en la altura de los esquejes en

comparación con los demás tratamientos. Estos resultados indican que la aplicación de biocarbón como enmienda orgánica en el suelo contribuye positivamente al crecimiento de los esquejes.

**Figura 39**

*Variación en la altura del esqueje según los diferentes tratamientos.*



## 5.2. Resultados Inferenciales

### 5.2.1. Efecto de las dosis de biocarbón sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo

#### ❖ Normalidad de las propiedades fisicoquímicas

La prueba de normalidad es un procedimiento estadístico utilizado para evaluar si un conjunto de datos sigue una distribución normal, también conocida como distribución gaussiana. La distribución normal es una distribución teórica que tiene propiedades bien definidas y es simétrica en forma de campana. Para determinar la significancia del efecto del biocarbón en las propiedades fisicoquímicas del suelo, se analizó el comportamiento de los datos mediante la prueba de normalidad. Si los datos cumplen con una distribución normal, se emplearán pruebas estadísticas paramétricas; de lo contrario, si no cumplen, se utilizarán pruebas no paramétricas. Este procedimiento ayuda a seleccionar la

metodología estadística adecuada según la naturaleza de la distribución de los datos.

La Tabla 19, indica que se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución de todas las propiedades fisicoquímicas del suelo. Los resultados revelaron que la mayoría de las propiedades fisicoquímicas del suelo exhiben un comportamiento normal, ya que se obtuvieron valores de  $p > 0.05$ , excepto en los casos de  $\text{CaCO}_3$  y el % de arcilla, donde se registraron valores de  $p < 0.05$ . Estos hallazgos son esenciales para la selección adecuada de pruebas estadísticas al analizar el efecto del biocarbón en estas propiedades del suelo.

**Tabla 19**

*Normalidad de las propiedades fisicoquímicas del suelo.*

Propiedades fisicoquímicas	Prueba de Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
pH	0,934	4	0.620
CE. (dS/m)	0,987	4	0.942
$\text{CaCO}_3$ %	0,729	4	0.024
M.O	0,926	4	0.571
P (ppm)	0,937	4	0.638
K (ppm)	0,946	4	0.690
Arena (%)	0,895	4	0.406
Limo (%)	0,945	4	0.683
Arcilla (%)	0,630	4	0.001
CIC	0,923	4	0.556
$\text{Ca}^{+2}$	0,983	4	0,918
$\text{Mg}^{+2}$	0,979	4	0.898
$\text{K}^{+1}$	0,829	4	0.165
$\text{Na}^{+1}$	0,831	4	0.170

## ❖ **Análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas**

Basándose en el análisis de normalidad de los datos fisicoquímicos que se presentan en la Tabla 19, se optó por utilizar la prueba paramétrica de t-Student. Esta prueba permitió la comparación de las medias de dos grupos, específicamente, el grupo de pruebas fisicoquímicas inicial (sin tratamiento) y el grupo de resultados de las pruebas con tratamiento (con biocarbón). Es relevante señalar que este segundo grupo comprende todos los tratamientos realizados, considerando sus resultados como réplicas. La elección de la prueba de t-Student permite determinar si hay diferencias significativas entre las medias de estos dos grupos, proporcionando así una evaluación estadística precisa de los efectos del biocarbón en las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Los resultados del análisis de t-Student se presentan en la Tabla 19, indicando que todas las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos muestran una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en comparación con las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo. Este hallazgo sugiere que el efecto del biocarbón generó cambios significativos en estas propiedades. Es importante señalar que algunos parámetros, como el pH y el ion sodio, no mostraron un nivel significativo de cambio. Estos resultados respaldan la conclusión de que el biocarbón ha tenido un impacto significativo en las propiedades fisicoquímicas del suelo, aunque con variaciones en la magnitud de los cambios observados en diferentes parámetros.

La normalidad de los parámetros fisicoquímicos también muestra que el  $\text{CaCO}_3$  (%) y Arcilla tienen una distribución no normal, por lo tanto el análisis inferencial no paramétrico se presenta en la Tabla 20, y la Tabla 21 muestra que mediante la prueba  $\text{Chi}^2$ , ambos parámetros no cumplen con un grado de significancia ( $p > 0.05$ ), debido a que no se muestra un cambio significativo entre los valores obtenidos entre cada dosis de biocarbón.

**Tabla 20***Análisis t-Student de los indicadores paramétricos fisicoquímicos del suelo.*

Propiedades fisicoquímicas	Muestra inicial	t	gl	Sig. (bilatera l)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	7.7	0,95	3	0,41	-0,22	0,40
C.E. (dS/m)	0.34	3,22	3	0,05	0,01	1,54
M.O	5.84	7,12	3	0,01	3,27	8,56
P (ppm)	12.2	8,82	3	0,00	71,18	151,57
K (ppm)	122	4,49	3	0,02	431,82	2528,18
Arena (%)	51	9,93	3	0,00	8,50	16,50
Limo (%)	30	-4,90	3	0,02	-6,60	-1,40
CIC	12.8	3,09	3	0,05	-0,03	1,71
Ca <sup>+2</sup>	11.65	-7,21	3	0,01	-5,26	-2,04
Mg <sup>+2</sup>	0.72	23,08	3	0,00	1,61	2,13
k <sup>+1</sup>	0.26	6,13	3	0,01	0,95	3,01
Na <sup>+1</sup>	0.17	2,32	3	0,10	-0,24	1,51

**Tabla 21***Análisis Ch<sup>2</sup> de los indicadores fisicoquímicos no paramétricos como en CaCO<sub>3</sub> y Arcilla.*

	CaCO <sub>3</sub> (%)	Arcilla
Chi-cuadrado	,000 <sup>a</sup>	1,000 <sup>a</sup>
gl	1	1
Sig. asintótica	1,000	0,317

### **5.2.2. Efecto de las dosis de biocarbón sobre las propiedades microbiológicas del suelo**

#### **❖ Normalidad de las propiedades microbiológicas**

Para determinar la significancia del efecto del biocarbón sobre la presencia de microorganismos en el suelo, se evaluó el comportamiento de los

datos por la prueba de normalidad, si como resultado del comportamiento de los datos nos da una distribución normal se usará pruebas paramétricas de lo contrario se usará una prueba no paramétrica.

La Tabla 22, indica que, debido a la cantidad de datos, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a todos los indicadores microbiológicos. Los resultados revelaron que tanto la comunidad microbiológica como la humedad gravimétrica del suelo muestran un comportamiento normal, con un  $p > 0.05$ . Este hallazgo sugiere que los datos microbiológicos siguen una distribución normal, proporcionando una base adecuada para la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas en el análisis de estos indicadores.

**Tabla 22**

*Normalidad de los indicadores microbiológicos del suelo.*

Indicadores microbiológicos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Humedad Gravimétrica (%)	0,784	4	0,077
Bacterias (UFC/g suelo)	0,848	4	0,219
Hongos (UFC/g suelo)	0,782	4	0,073
Actinomicetos (UFC/g suelo)	0,863	4	0,270

#### ❖ **Análisis estadístico de las propiedades microbiológicas**

Como resultado de la Tabla 23, se obtuvo que el comportamiento de los indicadores es normal, para su análisis inferencial se utilizó la prueba estadística de t-Student. Cabe mencionar que para las pruebas inferenciales se contrastó el suelo sin tratamiento (control) con los diferentes tratamientos, siendo estos 4 tratamientos tomados como repeticiones.

Según los resultados de la Tabla 22, la humedad del suelo fue significativa con valores  $p < 0.05$ , lo que indica que hubo un impacto significativo del biocarbón en la humedad del suelo. Por otro lado, la comunidad microbiana, incluyendo bacterias, hongos y actinomicetos, no mostró diferencias significativas con  $p > 0.05$ . Estos resultados infieren que microbiológicamente no hay una diferencia

estadísticamente significativa entre el suelo sin tratamiento (control) y los tratamientos con biocarbón.

**Tabla 23**

*Análisis t-Student de los indicadores microbiológicos del suelo.*

Indicadores microbiológicos	Muestra inicial	t	gl	Sig. (bilateral)	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Humedad Gravimétrica (%)	28.27	7.291	3	0.005	18,4538	47,0412
Bacterias (UFC/g suelo)	3.5	0,486	3	0.660	-3,1453	4,2803
Hongos (UFC/g suelo)	0.04	1.342	3	0.272	-3,4179	8,4029
Actinomicetos (UFC/g suelo)	0.19	2.348	3	0.101	-0,4490	2,9740

### **5.2.3. Efecto de las dosis de biocarbón en la adaptabilidad de la especie endémica *Huamanpinta***

#### **❖ Normalidad de los indicadores de adaptabilidad**

Como punto de partida para el análisis inferencial de los indicadores de la adaptabilidad de la especie endémica *Huamanpinta* (*Chuquiraga spinosa* Lees.), se realizó el supuesto de la normalidad para analizar el comportamiento de los datos registrados durante el experimento. Para el análisis del supuesto de normalidad se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, este tipo de prueba se utiliza cuando se supera la cantidad de 30 datos recogidos y como se muestra en los grados de libertad (gl) en la Tabla 24, los datos analizados son 60. En la Tabla 24, también se muestra el grado de significancia (Sig.) de los indicadores de adaptabilidad por cada tratamiento, se evidencia que según la prueba de normalidad las significancias de la mayoría de indicadores de adaptabilidad en cada tratamiento tienen un  $p < 0.05$ , por lo tanto, se valida que no cumplen el supuesto de normalidad. Cabe especificar que en el Tratamiento 4, el indicador del estado supervivencia del esqueje no se muestra una normalidad, debido a que los datos de los tratamientos y en todas las fechas existe una supervivencia

del esqueje no presentando una variabilidad, de igual manera el indicador de coloración de la espina todos los tratamientos presentan una coloración amarilla por lo que no se identifica una variabilidad para el supuesto de normalidad.

**Tabla 24**

*Normalidad de los indicadores de adaptabilidad de la especie Huamanpinta*

Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			
	Estadístico	gl	Sig.	
Estado de supervivencia	Tratamiento 1	0,417	60	0,000
	Tratamiento 2	0,540	60	0,000
	Tratamiento 3	0,538	60	0,000
	Tratamiento 4	-	60	-
Número de hojas	Tratamiento 1	0,242	60	0,000
	Tratamiento 2	0,167	60	0,000
	Tratamiento 3	0,269	60	0,000
	Tratamiento 4	0,191	60	0,000
Coloración de hojas	Tratamiento 1	0,357	60	0,000
	Tratamiento 2	0,490	60	0,000
	Tratamiento 3	0,434	60	0,000
	Tratamiento 4	0,512	60	0,000
Presencia de espinas	Tratamiento 1	0,408	60	0,000
	Tratamiento 2	0,518	60	0,000
	Tratamiento 3	0,518	60	0,000
	Tratamiento 4	0,535	60	0,000
Coloración de espinas	Tratamiento 1	-	60	-
	Tratamiento 2	-	60	-
	Tratamiento 3	-	60	-
	Tratamiento 4	-	60	-
Altura	Tratamiento 1	0,253	60	0,000
	Tratamiento 2	0,303	60	0,000
	Tratamiento 3	0,169	60	0,000
	Tratamiento 4	0,134	60	0,009
Estado de Vigorosidad	Tratamiento 1	0,231	60	0,000
	Tratamiento 2	0,478	60	0,000
	Tratamiento 3	0,407	60	0,000
	Tratamiento 4	0,505	60	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors.

## ❖ **Análisis estadístico del efecto de las dosis de biocarbón en la adaptabilidad**

De acuerdo al análisis de los indicadores de adaptabilidad no se cumple el supuesto de normalidad, por lo tanto, la evaluación estadística está enmarcado a un análisis no paramétrico. De los análisis estadísticos no paramétricos se utilizó la prueba H de Kruskal-Wallis, que sirve para corroborar si existen diferencias relevantes a nivel estadístico entre dos o más grupos de una variable independiente en una variable dependiente ordinal o continua. Esta prueba determina si las medianas de dos o más grupos son diferentes.

Como primer paso de la prueba H de Kruskal-Wallis, se determinó los rangos promedios de cada tratamiento por cada indicador de la adaptabilidad del esqueje. Estos rangos (Tabla 25) son el promedio de todas las observaciones de cada muestra, y se utiliza para calcular el valor H, que es el estadístico de prueba para el análisis de Kruskal-Wallis.

Como se muestra en la Tabla 25, existe una diferencia de los rangos promedios entre el Tratamiento 1 (prueba control) y los demás tratamientos (dosificaciones con biocarbón). Por ejemplo, el indicador del estado de supervivencia y la altura de la especie endémica Huamanpinta tienen un efecto significativo como se muestra en los resultados de los tratamientos 2, 3 y 4, que son mayores al tratamiento de control. Mientras que los indicadores como la coloración de hojas, presencia de espinas y el estado de vigorosidad, muestran que el control tiene mayor rango promedio que los tratamientos con biocarbón, con excepción del indicador de número de hojas, que en su tratamiento 4 presenta un mayor rango promedio de número de hojas que su prueba de control.

**Tabla 25**

*Análisis Kruskal-Wallis, rangos promedio de los indicadores de la adaptabilidad de la especie Huamanpinta*

	<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>
Estado de supervivencia	Tratamiento 1	60	92,50
	Tratamiento 2	60	128,50
	Tratamiento 3	60	126,50
	Tratamiento 4	60	134,50
	Total	240	
Número de hojas	Tratamiento 1	60	136,30
	Tratamiento 2	60	46,47
	Tratamiento 3	60	110,79
	Tratamiento 4	60	188,44
	Total	240	
Coloración de hojas	Tratamiento 1	60	142,50
	Tratamiento 2	60	110,50
	Tratamiento 3	60	124,50
	Tratamiento 4	60	104,50
	Total	240	
Presencia de espinas	Tratamiento 1	60	145,00
	Tratamiento 2	60	117,00
	Tratamiento 3	60	117,00
	Tratamiento 4	60	103,00
	Total	240	
Coloración de espinas	Tratamiento 1	60	120,50
	Tratamiento 2	60	120,50
	Tratamiento 3	60	120,50
	Tratamiento 4	60	120,50
	Total	240	
Altura	Tratamiento 1	60	41,84
	Tratamiento 2	60	129,27
	Tratamiento 3	60	125,71
	Tratamiento 4	60	185,18
	Total	240	
Estado de Vigorosidad	Tratamiento 1	60	164,18
	Tratamiento 2	60	102,65
	Tratamiento 3	60	118,08
	Tratamiento 4	60	97,08
	Total	240	

Para demostrar la significancia de los indicadores de adaptabilidad con relación a los diferentes tratamientos, la Tabla 26, muestra que todos los indicadores de adaptabilidad presentan un  $p < 0.05$  de significancia, con excepción del indicador de coloración de espinas de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), donde no presenta una significancia. Este análisis demuestra que existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos o dosificaciones de biocarbón para la adaptabilidad del esqueje.

Este análisis estadístico muestra que los tratamientos con biocarbón están influyendo de manera significativa en los indicadores de adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).

**Tabla 26**

*Análisis Kruskal-Wallis de los indicadores de la adaptabilidad de la especie Huamanpinta*

	Adaptabilidad del Esqueje	Número de hojas	Coloración de hojas	Presencia de espinas	Coloración de espinas	Altura	Estado de Vigorosidad
H de Kruskal-Wallis	43,48	130,28	17,49	28,39	0,00	134,83	49,30
gl	3	3	3	3	3	3	3
Sig. asintótica	0,00	0,00	0,001	0,000	1,000	0,000	0,000

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Esta investigación planteó como hipótesis general “El efecto del biocarbón como enmienda orgánica del suelo permite la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín”. Para demostrar la hipótesis general, se aplica el método hipotético-deductivo, este método lógico permite demostrar la hipótesis general mediante la validación de las hipótesis específicas.

En consecuencia, para la demostración de esta hipótesis general, de las tres hipótesis específicas planteadas la primera y la tercera son hipótesis confirmadas, por lo tanto, se puede afirmar que el biocarbón elaborado a partir de residuos orgánicos tuvo un efecto significativo sobre la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).

La demostración de la hipótesis general se realizó de acuerdo a las demostraciones de las hipótesis específicas como se muestra a continuación:

#### **Hipótesis específica 1**

**H<sub>1</sub>:** *“Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica mejora significativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo”.*

**H<sub>0</sub>:** *“Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica no mejora significativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo”.*

Los resultados obtenidos en la Tabla 20, muestra los análisis estadísticos inferenciales, donde se ha desarrollado un análisis paramétrico *t-Student*, para evaluar la significancia de las diferentes dosis de tratamiento de biocarbón y la variabilidad de las propiedades fisicoquímicas del suelo. De la Tabla 20, las propiedades fisicoquímicas de los tratamientos con dosis de biocarbón tienen una diferencia significativa respecto a las propiedades fisicoquímicas del suelo sin tratamiento, esto quiere decir que el cambio de estas propiedades fue significativo con valores  $p < 0.05$  a un 95% de confiabilidad. Sobre todos los indicadores fisicoquímicos que muestran significancia, se tiene la excepción del

pH y el ion sodio que no presentan significancia. Por lo tanto, se acepta la Hipótesis del investigador y se rechaza la Hipótesis nula.

### **Hipótesis específica 2**

**H<sub>1</sub>:** *“Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica mejora significativamente la presencia de microorganismos en el suelo”.*

**H<sub>0</sub>:** *“Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica no mejora significativamente la presencia de microorganismos en el suelo”.*

Los resultados muestran que las dosificaciones de biocarbón como enmienda orgánica del suelo no mejora la presencia de microorganismos en el suelo. De acuerdo a los resultados de normalidad de la Tabla 22, se aplicó el análisis estadístico paramétrico de t-Student a los indicadores de las propiedades microbiológicas, demostrando que estas propiedades no presentan significancia ( $p > 0.05$ ). Por lo tanto, se rechaza la Hipótesis del investigador y se acepta la Hipótesis nula.

### **Hipótesis específica 3**

**H<sub>1</sub>:** *“Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica influyen significativamente en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).*

**H<sub>0</sub>:** *“Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica no influyen significativamente en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.).*

Los resultados muestran que el comportamiento de los indicadores de la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), tiene un comportamiento no normal (Tabla 23, análisis de Kolmogorov-Smirnov), de acuerdo a este resultado se realizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. Según la Tabla 26, los tratamientos tienen un efecto significativo a los indicadores de adaptabilidad como estado de supervivencia, número de hojas, coloración de hojas, presencia de espinas, estado de vigorosidad y la altura, con un  $p < 0.05$ . Por lo tanto, se acepta la Hipótesis del investigador y se rechaza la Hipótesis nula.

## **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares**

### **6.2.1. El biocarbón y su efecto en las propiedades fisicoquímicas del suelo**

Los resultados de este estudio respaldaron nuestra hipótesis de que las propiedades fisicoquímicas del suelo podrían mejorarse mediante la adición de biocarbón de residuos orgánicos, estudios de diferentes dosificaciones de biocarbón como Santamaria y Rosignoli, (2021) muestran un ligero incremento de pH de 6 a 6.7 para los cultivos de Lechuga, mientras Chávez, (2022) muestran valores de 7.60 a 7.77 como un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) para la mejora del cultivo de tomate y Mondragon-Sanchez (2021) reportó un incremento del pH en el suelo con una mayor disponibilidad y absorción del fósforo y N por la planta, derivado de las enmiendas con biocarbón. Sobre la conductividad Santamaria y Rosignoli, (2021) muestra que los tratamientos de biocarbón tiene un efecto significativo a los 21 y 35 días ( $P \leq 0.05$ ) y Mondragon-Sanchez (2021) obtuvieron un valor promedio de 0.207 mS/cm en el cultivo de Tomate con estos reportes se puede inferir que los valores de los niveles estudiados se encuentran en un rango óptimo para el crecimiento de la Chuquiraga.

Respecto a otros parámetros fisicoquímicos, el estudio de Huerta, (2019) demostró que su mejor tratamiento de biocarbón mejora el CIC y la Relación C/N mejorando la producción de papa, también los estudios de Solisor y Cámara, (2021) con aplicación de biocarbón en Rabanito muestra un promedio bajo para nitrógeno, un nivel intermedio para fósforo y potasio con una CIC indicativo de una mediana conductividad,

Contrastando nuestros resultados, se pudo evidenciar que el biocarbón si cumple su función de mejorar la mayoría de parámetros fisicoquímicos, como también lo demuestra los estudios mencionados.

### **6.2.2. El biocarbón y su efecto en las propiedades microbiológicas en el suelo**

En este estudio, el biocarbón inducido para el cambio de la estructura del suelo y diversidad de la comunidad bacteriana del suelo, no fue significativa estadísticamente (Tabla 16). Los tratamientos de la enmienda del biocarbón

mejoraron significativamente la riqueza y diversidad de microbios del suelo lo que indica un mayor crecimiento bacteriano. Esto fue consistente con los resultados de estudios previos de que el biocarbón es rico en políporos y con una gran superficie podría proporcionar no solo un buen hábitat, sino también una fuente de nutrientes y carbono para el crecimiento bacteriano en el suelo (Wu et al., 2017). En nuestro estudio, estadísticamente los tratamientos con biocarbón no mejoró significativamente la abundancia de Hongos y de Actinomicetos (Tabla 16). Sin embargo, se tiene de otros estudios que los hongos y los actinomicetos si tienen influencias positivas en la mejora del crecimiento de las plantas al promover la absorción de nitrógeno (Hua et al., 2021).

### **6.2.3. El biocarbón y su efecto en la adaptabilidad de la especie endémica *Huamanpinta***

Según los resultados obtenidos en esta investigación el biocarbón elaborado con residuos sólidos orgánicos habría generado efectos positivos sobre los indicadores de adaptabilidad, aquello fue sustentado con una significación asintótica bilateral de significativa obtenida a través de la Prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, los indicadores de adaptabilidad de la Chuquiraga mostraron que a mayor dosis tubo la mayor altura, mayor estado de supervivencia, número de hojas, coloración de hojas, mientras que en la coloración de espinas resulto no significativo. El estudio de Huerta (2019) demostró que a medida que se incrementa las dosis de biocarbón tienen un efecto positivo sobre el crecimiento del cultivo, así como el estudio de Mondragón-Sánchez et al (2021) donde demostró que a mayor dosis de biocarbón la existe una mayor altura del Maíz y una tendencia en el desarrollo lateral de raíces, resultados un efecto positivo de biocarbón en la adaptabilidad del maíz.

### **6.3. Responsabilidad ética**

En la presente tesis titulada, “Efecto del biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la especie endémica *Huamanpinta* (*Chuquiraga spinosa* Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín”,

los autores señalan que se cumple fielmente con el Reglamento del Código de Ética de la Investigación de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 260 2019-CU, donde se establecen los lineamientos éticos y de conducta para una investigación; por ello los autores de la investigación asumen toda responsabilidad respecto a la información contenida en la presente investigación.

## VII. CONCLUSIONES

- En esta investigación se pudo evaluar el efecto que genera el biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín. Los resultados demostraron que las diferentes dosis de biocarbón tienen un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo y la adaptabilidad del esqueje.
- Se logró determinar el efecto de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo, dado que los resultados demostraron una diferencia significativa en comparación con las propiedades fisicoquímicas del suelo sin tratamiento, esto quiere decir que el cambio de estas propiedades fisicoquímicas fue significativo con valores  $p < 0.05$ , con excepción del pH y el ion sodio que son no significativos. En consecuencia, los parámetros fisicoquímicos presentaron un aporte significativo al suelo como un mejorador de enmienda, lo que puede permitir la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.)
- La investigación presentó una variación en la presencia de microorganismos en el suelo. Aunque se observó un ligero aumento en la comunidad microbiana, que abarca bacterias, hongos y actinomicetos, este incremento no fue estadísticamente significativo ( $p > 0.05$ ). En consecuencia, no se evidenció una influencia significativa en las características microbiológicas del suelo.
- Se logró determinar la influencia de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.). Las diferentes dosis de los tratamientos tienen un efecto significativo en los indicadores de supervivencia del esqueje, número de hojas, coloración de hojas, estado de vigorosidad, y altura, mostrando una significancia ( $p < 0.05$ ), y, en consecuencia, las diferentes dosis de biocarbón permiten la adaptabilidad de la especie Huamanpinta.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Para las futuras investigaciones se recomienda uniformizar y aumentar la cantidad de plantaciones en las áreas a revegetar para lograr una evaluación con mayor población comparativa. De revegetar otras áreas con la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.), se deberá considerar la distancia entre los individuos, el riego, las mismas condiciones del hábitat y la dosificación óptima de biocarbón. Asimismo, todos los esquejes deben ser monitoreados de manera semanal y para un mejor control la información debe registrarse en la plantilla utilizada y con evidencias fotográficas. Considerar un tiempo de análisis de resultados mayor a los dos meses.
- Se recomienda realizar una segregación de los residuos sólidos orgánicos provenientes de la elaboración de los alimentos previo a la elaboración del biocarbón, de tal manera se pueda maximizar el biocarbón como enmendador del suelo, lo cual mejoraría los indicadores fisicoquímicos del suelo para la adaptabilidad de las plantas, según la dosificación que se utilice.
- Se recomienda realizar una evaluación del efecto microbiológico del estiércol, especialmente aquel que presenta una mayor diversidad de indicadores microbianos, dada su influencia en el aporte de nutrientes al suelo.
- Se recomienda mejorar la adaptabilidad de la especie casi amenazada mediante medidas de seguimiento más detalladas, como un control preciso del riego y una técnica adecuada de corte de esquejes, junto con una extensión del período de evaluación. Asimismo, implementar estrategias efectivas de conservación y preservación que aborden los desafíos específicos que enfrenta la especie endémica Huamanpinta (*Chuquiraga spinosa* Lees.). Esto podría incluir la protección de su hábitat natural, la aplicación de técnicas de restauración ecológica, la gestión sostenible de recursos y la investigación continua para comprender mejor sus necesidades y comportamientos.

## IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVIZ RIMACHE, LOURDES, 2015. “*Adaptabilidad de cuatro cultivares de Maíz (Zea mays L) con fines Forrajero en condiciones del Centro de Producción y Capacitación granja "La Perla" Chumbivilcas- Cusco*” [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa [consulta: marzo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f6d04e6d-48eb-4ac3-98fc-1cfd15f49f0f/content>

APAZA ROQUE, Dante Edy y DÍAZ VALENZUELA, Emerson, 2022. “*Estudio del Biocarbón como Agente Estimulante para la Biorremediación de Suelos Contaminados con Hidrocarburos de Petróleo: Revisión Sistemática*” [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Cesar Vallejo [consulta: mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88815>

APONTE, Gloria y RODRÍGUEZ, Beatriz, 2021. Tendencias en el uso del biocarbón como acondicionador de suelos. *Revista de Química PUCP* [en línea]. Venezuela: vol. 35, nº 2 [consulta: febrero 2023]. ISSN 2518-2803. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/24110/23244>

AQUINO ENCISO, Lucy Leonor, 2018 *Toxicidad aguda y genotoxicidad del extracto hidroalcohólico de Chuquiraga spinosa (R. & P.) D. Don "huamanpinta"* [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga [consulta: julio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4228>

B.A. Oni, et al., 2019. Significance of biochar application to the environment and economy. *Annals of Agricultural Sciences* [en línea]. Nigeria: 64(2), pp. 222–236 [consulta: mayo 2023]. ISSN 0570-1783. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/338351558\\_Significance\\_of\\_biochar\\_application\\_to\\_the\\_environment\\_and\\_economy](https://www.researchgate.net/publication/338351558_Significance_of_biochar_application_to_the_environment_and_economy)

BEHAR RIVERO, Daniel S., 2008. Metodología de la Investigación – Introducción a la Metodología de la Investigación [en línea]. Editorial Shalom

2008 [consulta: julio 2023]. ISBN 978-959-212-783-7. Disponible en: <http://187.191.86.244/rceis/wp-content/uploads/2015/07/Metodolog%C3%ADa-de-la-Investigaci%C3%B3n-DANIEL-S.-BEHAR-RIVERO.pdf>

BEUSH, Christine, 2021. Biochar as a Soil Ameliorant: How Biochar Properties Benefit Soil Fertility—A Review. *Journal of Geoscience and Environment Protection* [en línea]. Vol.9, n.10, pp. 884-896 [consulta: enero 2023]. DOI.org/10.1111/gcbb.12026. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553k1w0r45\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3089793](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3089793)

BIEDERMAN, L.A. and HARPOLE, W.S. 2013. Effects of Biochar Application on Soil Properties, Plant Biomass Production, and Soil Greenhouse Gas Emissions. *A Mini-Review. Agricultural Sciences* [en línea]. Vol.12, n.º3, pp. 202-214 [consulta: noviembre 2022]. DOI 10.1111/gcbb.12037. Disponible en: <https://www.scirp.org/%28S%28vtj3fa45qm1ean45vffc55%29%29/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2939909>

CALVO BARTRA, Juan Carlos, 2018. “Adaptabilidad y potencial de rendimiento de tres variedades de espinaca (*Espinacia oleracea* L.) en el distrito de Lamas” [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Nacional de San Martín [consulta: Setiembre 2023]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2845029>

CARRASCO J, Jorge y ORTIZ L, Mauricio, 2011. Propiedades físicas del suelo, que condicionan el desarrollo de frutales en la región de O'Higgins [en línea]. Rengo: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 227 [consulta: enero 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7438>

CHÁVEZ ESTRADA, Andrés Mauricio, 2022. *Efecto del biocarbón en el cultivo de tomate riñón (*solanum lycopersicum* l.), Chaltura, Antonio Ante* [en línea]. Tesis de grado. Ecuador: Universidad Técnica del Norte [consulta: marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13069/2/03%20AGP%20339>

[%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf](#)

CHUMPE AVILES, Javier Mario, 2022. "Evolución temporal de la cobertura vegetal mediante el NDVI y su relación con la expansión minera en el distrito de Espinar durante el periodo 2013 – 2020" [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Privada del Norte [consulta: Setiembre 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/33310>

CIPRIANO GARCIO, Gutiérrez y FELIX HERRAN, Jaime Alberto, 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales [en línea]. Fundación Produce Sinaloa A.C. Enlace Innovación y Progreso [consulta: febrero 2023]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-autonoma-de-honduras/biologia-general-i/271-manual-para-la-produccion-de-abonos-organicos-y-biorracionales/28465729>

CONCILCO ALBERTO, Ernesto et al.,2018. Influencia del biocarbón aplicado al suelo sobre atributos de rendimiento y calidad de avena forrajera [en línea]. *Terra Latinoamericana*, vol. 36, no. 3, pp. 221-228 [consulta: octubre 2023]. ISSN 0187-5779. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/326261837\\_Influencia\\_del\\_biocarbon\\_aplicado\\_al\\_suelo\\_sobre\\_atributos\\_de\\_rendimiento\\_y\\_calidad\\_de\\_avena\\_forrajera](https://www.researchgate.net/publication/326261837_Influencia_del_biocarbon_aplicado_al_suelo_sobre_atributos_de_rendimiento_y_calidad_de_avena_forrajera)

DAMIAN SUCLUPE, et al., 2018. Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo [en línea]. *Arnaldoa*, vol. 25, no. 1, pp. 141-158 [consulta: octubre 2023]. ISSN 2413-3299. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992018000100009&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992018000100009&script=sci_abstract)

DICCIOMED, 2022. Actinomicetos. [en línea]. Disponible <https://dicciomed.usal.es/palabra/actinomicetos>.

ESCALANTE REBOLLEDO, Ariadna, et al., 2016. Biocarbón (biochar) I:

Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo [en línea]. Revista Terra latinoamericana (Edo. de México), vol. 34, no. 3, pp. 367-382. [consulta: junio 2023]. ISSN 1870-9982. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/terra-latinoamericana-edo-de-mex/articulo/biocarbon-biochar-i-naturaleza-historia-fabricacion-y-uso-en-el-suelo>

FAN, Qinya et al., 2018. Effects of chemical oxidation on surface oxygen-containing functional groups and adsorption behavior of biochar [en línea]. Chemosphere, vol. 207, pp. 33-40 [consulta: agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.044>

GAMBOA ROMERO, Jorge Lenin, 2021. *“Producción y Aplicación de Biocarbón a partir de Biomasa Residual para Mejorar la Calidad de Suelos Agrícolas. Revisión Sistemática, 2020”* [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Cesar Vallejo [consulta: mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60501>

GAO, Lin, et al., Effects of biochar on nutrients and the microbial community structure of tobacco-planting soils. *J. Soil Sci. Plant Nutr* [en línea]. Temuco: 2017, vol.17, n.º4, pp. 884-896 [consulta: enero 2023]. ISSN: 0718-9516. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-95162017000400004&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162017000400004&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

GONZÁLEZ ZAMORA, Jomara Mabet et al., 2020. *Efectos del Biochar sobre el crecimiento y sobrevivencia de seis especies forestales con potencial uso para la restauración de suelos degradados*. [en línea]. Tesis de grado. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-MANAGUA) [consulta: febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/13060/1/20074.pdf>

GONZÁLEZ ZAMORA, Jomara Mabet et al., 2020. *“Efectos del Biochar sobre el crecimiento y sobrevivencia de seis especies forestales con potencial uso para la restauración de suelos degradados en el periodo de febrero 2019-*

febrero 2020” [en línea]. Tesis de grado. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN) [consulta: octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/13061/>

GRILLO FRANCO, M, 1981. “Adecuación y preparación de suelos para caña de azúcar” [en línea]. Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario [consulta: Setiembre 2023]. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/22258>

GUERRA LAURA, Patricia Amelia, 2015. *Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana* [en línea]. Tesis de Titulación. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina [consulta: febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1895>

GUL, Shamim, et al., 2015. Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils [en línea]. [consulta: octubre 2022]. ISSN: 0167-8809. Disponible en: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-f647c75b-48ef-35e3-becf-3b6e2e51b099>

HAO ZHENG, Xiao Wang, et al., 2017. Enhanced growth of halophyte plants in biochar-amended coastal soil: roles of nutrient availability and rhizosphere microbial modulation. *Plant, Cell & Environment* [en línea]. China: Volume 41, issue 3, pp. 481-704 [consulta: diciembre 2022]. DOI: 10.1111/pce.12944. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pce.12944>

HUA, Bin et al., 2021. Soil amendment in plastic greenhouse using modified biochar: soil bacterial diversity responses and microbial biomass carbon and nitrogen [en línea]. *Biotechnology Letters*, vol. 43, no. 3, pp. 655-666 [consulta: Noviembre 2023]. ISSN 1573-6776. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10529-020-03046-1#:~:text=Conclusion,alpha%20diversity%20of%20bacterial%20community>.

HUERTA DE LA CRUZ, Anthony Junio, 2019. “Influencia del Biocarbón

*elaborado con residuos sólidos orgánicos sobre la calidad y producción del cultivo de la papa en el centro experimental ecológico de Tuyu Ruri, noviembre 2018 a abril 2019” [en línea].* Tesis de grado. Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo [consulta: octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4085>

IBI, 2015. Standardized product definition and product testing Guidelines for Biochar that is used in soil [en línea]. 2015. S.I.: s.n. Disponible en: [https://biochar-international.org/wp-content/uploads/2020/06/IBI\\_Biochar\\_Standards\\_V2.1\\_Final2.pdf](https://biochar-international.org/wp-content/uploads/2020/06/IBI_Biochar_Standards_V2.1_Final2.pdf)

J.César Ingenieros & Consultores, 2018. Informe de Monitoreo de la especie categorizada: Chuquiraga spinosa. PY 1832. Proyecto Ariana, Junín.

LEHMANN, Johannes y JOSEPH, Stephen, 2015. *Biochar for environmental management* [en línea]. Second edition. New York: Routledge [consulta: julio 2023] ISBN: 978-0-415-70415-1 (hbk). Disponible en: <https://www.routledge.com/Biochar-for-Environmental-Management-Science-Technology-and-Implementation/Lehmann-Joseph/p/book/9780367779184>

KOLTON, Max, et al., 2016. Biochar-stimulated plant performance is strongly linked to microbial diversity and metabolic potential in the rhizosphere. *New Phytologist Foundation* [en línea]. USA: Vol. 213: pp.1393–1404 [consulta: noviembre 2022]. DOI 10.1111/nph.14253. Disponible en: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.14253>

LEVESQUE, Vicky, et al., 2018. Mitigation of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from a fertigated horticultural growing medium amended with biochars and a compost. *Applied Soil Ecology* [en línea]. Canada: Elsevier, vol. 126, pp. 129-139. [consulta: noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139317313276>

LLOCLLA VEINTIMILLA, Arturo Steven y LÓPEZ MEDINA, Darwyn Alex, 2019. *Evaluación del efecto de biocarbón obtenido a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado central de Tumbes sobre la germinación y crecimiento de plantones de especies forestales Ceiba trichistandra y Bursera graveolens en*

etapa de vivero [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Nacional de Tumbes [consulta: diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/452/TESIS%20-%20LLOCLLA%20Y%20LOPEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LOYOLA SAAVEDRA, Isabel Rosario y OCHOA MIGUEL, Juan Jesús, 2021. *Biochar de biomasa residual por Pirólisis Lenta para la germinación y crecimiento de la semilla del Prosopis limensis en el distrito de Cieneguilla* [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad César Vallejo [consulta: julio 2022]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60447/Loyola\\_SIR-Ochoa\\_MJJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60447/Loyola_SIR-Ochoa_MJJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MEZA RODRIGUEZ, Diana Natalhie, 2022. “*Obtención de una bebida relajante a base de huamanpinta (Chuquiraga spinosa), toronjil (Melissa officinalis) y evaluación de su capacidad antioxidante*” [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán [consulta: octubre del 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7813>

MONDRAGÓN SÁNCHEZ, Alfredo, et al., 2019. Efecto de la aplicación de biocarbón en el rendimiento de maíz en Michoacán, México. *Terra latinoamericana* [en línea]. México: Vol. 39, 2021 [consulta: enero 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v39/2395-8030-tl-39-e896.pdf>

NGUYEN, Thi Thu Nhan, et al., 2017. Effectsof biochar on soil available inorganic nitrogen: A review and meta-analysis. *Geoderma* [en línea]. Australia: Elsevier, vol.288, pp.79-96. [consulta: diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706116307388>

ÑAUPAS PAITÁN, Humberto et al., 2014. *Metodología de la Investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis* [en línea] 4 Edición. Bogotá – Colombia [consulta: noviembre 2022]. ISBN: 978-958-762-188-4. Disponible en: <https://fundacion-rama.com/wp-content/uploads/2022/03/682.-Metodologia-de-la-investigacion-%E2%80%A6-Naupas-y-otros.pdf>

PRADO OCHOA, Miguel Antonio, 2004. *“Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo mediante aplicación de bocashi, para cultivar pimiento híbrido quetzal, cantón puyango”* [en línea]. Tesis de grado. Ecuador: Universidad Nacional de Loja [consulta: junio 2023]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5575>

PUENTE CABEZAS, Shellel Sahory y VILCAYAURI DELGADO, Ana María, 2018. *“Efecto antilitiasis del extracto hidroalcohólico de las hojas de chuquiraga spinosa - Huamanpinta en ratas albinas cepa holtzman”* [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Inca Garcilaso de la Vega [consulta: Marzo del 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2230>

QAYYUM FAROOQ, Muhammad et al., 2017. Effects of co-composting of farm manure and biochar on plant growth and carbon mineralization in an alkaline soil [en línea]. *Environmental science and pollution research*, vol. 24, no. 33, pp. 26060-26068 [consulta: setiembre 2023]. ISSN 1614-7499. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28942511/>

RAE, 2020. *Diccionario de la lengua española*. S.I.: Real academia española Madrid.

ROSSIGNOLI CHAVEZ, Carlos Enrique y SANTAMARIA PITA, Javier Alejandro, 2021. *Efecto de la aplicación de biocarbón sobre propiedades químicas de suelo y desarrollo y rendimiento de lechuga* [en línea]. Tesis de grado. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano [consulta: diciembre 2022]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/10aee542-dca5-4fdd-a99f-20136f95c5bf/content>

SANTAMARIA, Javier y ROSSIGNOLI, Carlos, 2021. *Efecto de la aplicación de biocarbón sobre propiedades químicas del suelo y desarrollo y rendimiento de lechuga*. Tesis de grado. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana [consulta: mayo 2023]. Disponible en:

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/10aee542-dca5-4fdd-a99f-20136f95c5bf/content>

SÁNCHEZ LLAMOSA, Miguel Jesús y ANICAMA PARIONA, Nataly Esther, 2015. “*Contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante in vitro del extracto etanólico de hojas y flores de Chuiraga spinosa Less "huamanpinta"* [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica [consulta: junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unica.edu.pe/handle/20.500.13028/2277>

SER, 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica [en línea]. Estados Unidos de América: Society for Ecological Restoration (SER) International [consulta: agosto 2023]. Disponible en: [https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER\\_Primer/ser-primer-spanish.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf)

SOHI, Saran, et al., 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research [en línea]. Autralian: CSIRO Land and Water Science Report 05/09 [consulta: marzo 2023]. ISSN 1834-6618. Disponible en: <https://www.feasta.org/wp-content/uploads/2009/03/csiro-biochar-climate-change-and-soil-report-feb-20091.pdf>

SOLISOR ATAVILLOS, Luz Thalia, 2022. *Efecto del biochar del eucalipto (eucalyptus globulus) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (raphanus sativus) - Huánuco 2020* [en línea]. Tesis de grado. Perú: Universidad de Huánuco [consulta: enero 2023]. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1aWlsBCPp1ZKt6a0ly10MMKa5ceceOHAW/view?usp=sharing>

STEFAN, Abel. Et al., 2013. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. *Geoderma* [en línea]. Germany: Volumes 202-203, pp. 183-191. [consulta: marzo 2023]. DOI: 10.1016/j. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706113000803>

SURANI CHATHURIKA, J.A., et al., 2016. Woodchip biochar with or without synthetic fertilizers affects soil properties and available phosphorus in two alkaline, chernozemic soils. *Canadian Journal of Soil Science* [en línea]. Canadá: NRC Research Press, Vol. 96, pp. 1-13 [consulta: abril 2023]. DOI: 10.1139/CJSS-2015-094. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/305697502\\_Woodchip\\_biochar\\_with\\_or\\_without\\_synthetic\\_fertilizers\\_affects\\_soil\\_properties\\_and\\_available\\_phosphorus\\_in\\_two\\_alkaline\\_Chernozemic\\_soils](https://www.researchgate.net/publication/305697502_Woodchip_biochar_with_or_without_synthetic_fertilizers_affects_soil_properties_and_available_phosphorus_in_two_alkaline_Chernozemic_soils)

SYUHADA, A.B, et al., 2016. Biochar as soil amendment: Impact on chemical properties and corn nutrient uptake in a Podzol. *Canadian Journal of Soil Science* [en línea]. Canadian: 96(4), 400-412 [consulta: octubre 2022]. DOI: 10.1139/cjss-2015-0044. Disponible en: <https://bioone.org/journals/canadian-journal-of-soil-science/volume-96/issue-4/cjss-2015-0044/Biochar-as-soil-amendment--Impact-on-chemical-properties-and/10.1139/cjss-2015-0044.short>

TIEZHU, Shia et al., 2016. Improving the prediction of arsenic contents in agricultural soils by combining the reflectance spectroscopy of soils and rice plants [en línea]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 52, pp. 95-103 [consulta: enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.06.002>

TRAZZI, Paulo André, et al., 2018. BIOCARVÃO: REALIDADE E POTENCIAL DE USO NO MEIO FLORESTAL. *Ciência Floresta* [en línea]. Brasil: Vol. 28, n.º 2, pp. 875 – 887 [consulta: noviembre del 2022]. Disponible en <https://periodicos.ufsm.br/cienciafloresta/article/view/32128>

WU, Shaohua et al., 2017. Role of biochar on composting of organic wastes and remediation of contaminated soils—a review [en línea]. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 24, no. 20, pp. 16560-16577 [consulta: noviembre 2023]. ISSN: 0944-1344. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Shao-hua-Wu-2/publication/317237541\\_Role\\_of\\_biochar\\_on\\_composting\\_of\\_organic\\_wastes\\_and\\_remediation\\_of\\_contaminated\\_soils-](https://www.researchgate.net/profile/Shao-hua-Wu-2/publication/317237541_Role_of_biochar_on_composting_of_organic_wastes_and_remediation_of_contaminated_soils-)

[a\\_review/links/5a1d77aaaca2726120b2c3d0/Role-of-biochar-on-composting-of-organic-wastes-and-remediation-of-contaminated-soils-a-review.pdf](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030438941930161X)

XIA, Wei et al., 2019. In-situ solidification/stabilization of heavy metals contaminated site soil using a dry jet mixing method and new hydroxyapatite based binder [en línea]. Journal of Hazardous Materials, vol. 369, pp. 353-361 [consulta: Mayo 2023]. ISSN: 0304-3894. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030438941930161X>

YIN, Shaojing et al., 2022. Biochar-compost amendment enhanced sorghum growth and yield by improving soil physicochemical properties and shifting soil bacterial community in a coastal soil [en línea]. Frontiers in Environmental Science, vol. 10, pp. 2154 [consulta: setiembre 2023]. ISSN 2296-665X. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.1036837/full>

YU et al., 2019. Biochar amendment improves crop production in problem soils: A review [en línea]. Journal of Environmental Management, vol. 232, pp. 8-21 [consulta: agosto 2023]. ISSN 0301-4797. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479718312593>

ZHENG, Hao et al. 2018. Enhanced growth of halophyte plants in biochar-amended coastal soil: roles of nutrient availability and rhizosphere microbial modulation [en línea]. Plant, cell and environment, vol. 41, no. 3, pp. 517-532 [consulta: Octubre 2023]. ISSN 0140-7791. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/pce.12944#:~:text=We%20hypot,hesize%20that%20the%20biochar,and%20soil%20surface%20area%2C%20th>  
[us](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/pce.12944#:~:text=We%20hypot,hesize%20that%20the%20biochar,and%20soil%20surface%20area%2C%20th)

ZHOU, Zhengxin et al., 2021. Treatment of the saline-alkali soil with acidic corn stalk biochar and its effect on the sorghum yield in western Songnen Plain [en línea]. Science of The Total Environment, vol. 797, pp. 149190 [consulta: enero 2023]. ISSN: 0048-9697. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721042637>

ZHU, Yanfeng et al., 2022. Effective alleviation of Cd stress to microbial communities in mining reclamation soils by thiourea-modified biochar amendment [en línea]. *Pedosphera*, vol. 32, no. 6. pp. 866-875. [consulta: enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.06.017>

## X. ANEXO

### ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICA
<b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cuál es el efecto que genera el biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta ( <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín?	<b>OBJETIVO GENERAL</b> Evaluar el efecto del biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta ( <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín.	<b>HIPOTESIS GENERAL</b> El efecto del biocarbón como enmienda orgánica del suelo permite la adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta ( <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.) en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín.	<b>V1: (Independiente)</b> Efecto de biocarbón como enmienda orgánica	<b>D.1</b> Dosificación de Biocarbón/ Suelo	Cantidad de dosis de biocarbón en el suelo	Tratamiento 1 (0%)		
						Tratamiento 2 (5%)		
						Tratamiento 3 (10%)		
						Tratamiento 4 (15%)		
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO</b> <b>P.1</b> ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo?	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b> <b>O.1</b> Determinar el efecto de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo.	<b>HIPOTESIS ESPECÍFICO</b> <b>H.1</b> Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica mejora significativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo.	<b>V2: (Dependiente)</b> Adaptabilidad de la especie endémica Huamanpinta ( <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.)	<b>D.1</b> Propiedades físico químicas del suelo	pH	Unid.	Método hipotético-deductivo	Observación experimental participante
					CE.	(dS/m)		
<b>P.2</b> ¿Cuál es el efecto de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica sobre los microorganismos presentes en el suelo?	<b>O.2.</b> Determinar el efecto de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica sobre los microorganismos presentes en el suelo.	<b>H.2.</b> Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica mejora significativamente la presencia de	<b>D.1</b> Propiedades físico químicas del suelo	CaCO <sub>3</sub>	%			
				M.O	%			
				P	(ppm)			
				K	(ppm)			
				Arena	(%)			
				Limo	(%)			
				Arcilla	(%)			
				CIC	Unid.			
				Ca <sup>+2</sup>	meq/100g			
				Mg <sup>+2</sup>	meq/100g			
K <sup>+1</sup>	meq/100g							
Na <sup>+1</sup>	meq/100g							
Bacterias	(UFC/g suelo)							

<p><b>P.3</b> ¿Cuál es la influencia de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica en la adaptabilidad de la especie endémica huamanpinta (<i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.)?</p>	<p><b>O.3.</b> Determinar la influencia de las diferentes dosis de biocarbón como enmienda orgánica en la adaptabilidad de la especie endémica huamanpinta (<i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.).</p>	<p>microorganismos en el suelo.</p> <p><b>H.3.</b> Las dosis de biocarbón como enmienda orgánica influyen significativamente en la adaptabilidad de la especie endémica huamanpinta (<i>Chuquiraga spinosa</i> Lees.).</p>
--	---	--

<p><b>D.2</b> Propiedades Microbiológicas</p>	<p>Hongos Actinomicetos Estado de supervivencia Número de hojas Coloración de hojas</p>	<p>(UFC/g suelo) (UFC/g suelo) Nominal Unid. Nominal</p>
<p><b>D.3</b> Índices de adaptabilidad</p>	<p>Presencia de espinas Coloración de espinas Altura Estado de Vigorosidad</p>	<p>Nominal Nominal Unid. Nominal</p>

## ANEXO 2. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA

Lima, 18 de enero del 2021

**EMPRESA ARIANA OPERACIONES MINERAS S.A.C. – PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA ARIANA**

**Vicepresidente de Recursos Humanos**

Edgar Rubén Vivanco Montejo

Av. Manuel Olguín 501 Int. Ofic 803

**Asunto:** Autorización del acceso al Proyecto de Exploración Minera Ariana para que desarrolle la parte experimental de la Tesis Titulado "EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA ORGÁNICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDÉMICA *Chuquiraga spinosa* Lees. "Huamapinta" En el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín".

Por medio de la presente,

Yo, Edgar Rubén Vivanco Montejo identificado con DNI N°07481699, Vicepresidente de Recursos Humanos de la empresa Ariana Operaciones Mineras S.A.C. – Proyecto de Exploración Minera Ariana con RUC N° 20543905306, autorizo a los Bachilleres Nancy Anais Morales López identificada con DNI N° 45853098 , Andrea Stefany Ramírez Dávila identificada con DNI N° 46209397 y José Humberto Alvarado Mejía identificado con DNI N° 70362670, el uso de las instalaciones del Proyecto de Exploración Minera Ariana para que puedan desarrollar la parte experimental de su Tesis Titulado "EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA ORGÁNICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDÉMICA *Chuquiraga spinosa* Lees. "Huamapinta" En el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín"

Se expide la presente carta de Autorización a solicitud de los interesados y para los fines que estime conveniente.

Sin otro particular, me despido de usted.

Atte.

  
\_\_\_\_\_  
Edgar Rubén Vivanco Montejo  
Vicepresidente de Recursos Humanos  
Ariana Operaciones Mineras S.A.C.

# ANEXO 3. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

## Ficha 1

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO</b>																	
<b>TESIS</b>		"EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA ORGÁNICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDEMICAChuquiraga spinosa Lees. "Huamapinta" EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA ARIANA, JUNÍN"																	
<b>TÍTULO</b>		Ficha de recolección de data de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga Spinosa Lees</i> . "Huamapinta".																	
<b>TEMA OCDE</b>		1.05.08 - Ciencias del Medio Ambiente																	
<b>FACULTAD</b>		Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales																	
<b>AUTORES</b>		Bachiller Andrea Ramírez Dávila, Bachiller Nancy Morales López, Bachiller José Alvarado Mejía																	
<b>ASESOR</b>		Blg. Carlos Odorico Tome Ramos																	
<b>OBJETIVO</b>		Recolección de data de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga spinosa Lees</i> . "Huamapinta".														FECHA		25-May	
SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PLANTACIONES DE ESQUEJES																			
Codificación	Fecha de Siembra	Fecha de Evaluación	Estado de Supervivencia		Presencia de brotes de hojas				Presencia de espinas			Crecimiento del esqueje				Estado de Vigorosidad			
			Si	No	Si	No	N° de hojas	Coloración de las hojas	Si	No	Coloración de las espinas	Si	No	Altura inicial	Altura Final	Bueno	Regular	Malo	
1	25/05/2022	25/05/2022	x			x	29	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
2	25/05/2022	25/05/2022	x			x	45	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
3	25/05/2022	25/05/2022	x			x	45	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
4	25/05/2022	25/05/2022	x			x	28	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
5	25/05/2022	25/05/2022	x			x	38	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
6	25/05/2022	25/05/2022	x			x	70	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
7	25/05/2022	25/05/2022	x			x	38	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
8	25/05/2022	25/05/2022	x			x	32	Verde	x		Amarillo		x	18	18	x			
9	25/05/2022	25/05/2022	x			x	31	Verde	x		Amarillo		x	16	16	x			
10	25/05/2022	25/05/2022	x			x	37	Verde	x		Amarillo		x	18	18	x			
11	25/05/2022	25/05/2022	x			x	28	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
12	25/05/2022	25/05/2022	x			x	25	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
13	25/05/2022	25/05/2022	x			x	31	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
14	25/05/2022	25/05/2022	x			x	26	Verde	x		Amarillo		x	21	21	x			
15	25/05/2022	25/05/2022	x			x	12	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
16	25/05/2022	25/05/2022	x			x	23	Verde	x		Amarillo		x	18	18	x			
17	25/05/2022	25/05/2022	x			x	19	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
18	25/05/2022	25/05/2022	x			x	27	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
19	25/05/2022	25/05/2022	x			x	29	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
20	25/05/2022	25/05/2022	x			x	23	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
21	25/05/2022	25/05/2022	x			x	24	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
22	25/05/2022	25/05/2022	x			x	30	Verde	x		Amarillo		x	21	21	x			
23	25/05/2022	25/05/2022	x			x	40	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
24	25/05/2022	25/05/2022	x			x	30	Verde	x		Amarillo		x	21	21	x			
25	25/05/2022	25/05/2022	x			x	32	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
26	25/05/2022	25/05/2022	x			x	28	Verde	x		Amarillo		x	17	17	x			
27	25/05/2022	25/05/2022	x			x	28	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
28	25/05/2022	25/05/2022	x			x	30	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
29	25/05/2022	25/05/2022	x			x	40	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
30	25/05/2022	25/05/2022	x			x	50	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
31	25/05/2022	25/05/2022	x			x	52	Verde	x		Amarillo		x	22	22	x			
32	25/05/2022	25/05/2022	x			x	78	Verde	x		Amarillo		x	22	22	x			
33	25/05/2022	25/05/2022	x			x	55	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
34	25/05/2022	25/05/2022	x			x	37	Verde	x		Amarillo		x	22	22	x			
35	25/05/2022	25/05/2022	x			x	56	Verde	x		Amarillo		x	22	22	x			
36	25/05/2022	25/05/2022	x			x	34	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
37	25/05/2022	25/05/2022	x			x	40	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x			
38	25/05/2022	25/05/2022	x			x	37	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x			
39	25/05/2022	25/05/2022	x			x	50	Verde	x		Amarillo		x	21	21	x			
40	25/05/2022	25/05/2022	x			x	38	Verde	x		Amarillo		x	21	21	x			
 Denis Omar Vásquez Delgado CIP: 124593 ESPECIALISTA N° 1																			

Ficha 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO																					
		<b>TESIS</b> "EFECTO DEL BIOCARBON COMO ENMIENDA ORGANICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDEMICA <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta" EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA ARIANA, JUNIN"																			
<b>TITULO</b>		Ficha de recolección de data de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga Spinosa</i> Lees. "Huamapinta".																			
<b>TEMA OCDE</b>		1.05.08 - Ciencias del Medio Ambiente																			
<b>FACULTAD</b>		Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales																			
<b>AUTORES</b>		Bachiller Andrea Ramirez Dávila, Bachiller Nancy Morales López, Bachiller José Alvarado Mejías																			
<b>ASESOR</b>		Bto. Carlos Odorico Tome Ramos																			
<b>OBJETIVO</b>		Recolección de data de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta".														FECHA		30-May			
SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PLANTACIONES DE ESQUEJES																					
Codificación	Fecha de Siembra	Fecha de Evaluación	Estado de Supervivencia		Presencia de brotes de hojas				Presencia de espinas			Crecimiento del esqueje				Estado de Vigorosidad					
			Si	No	Si	No	N° de hojas	Coloración de las hojas	Si	No	Coloración de las espinas	Si	No	Altura inicial	Altura Final	Bueno	Regular	Malo			
1	25/05/2022	30/05/2022	x				x	29	Verde	x				x	19	19	x				
2	25/05/2022	30/05/2022	x				x	45	Verde	x				x	19	19	x				
3	25/05/2022	30/05/2022	x				x	45	Verde	x				x	19	19	x				
4	25/05/2022	30/05/2022	x				x	28	Verde	x				x	18	19	x				
5	25/05/2022	30/05/2022	x				x	38	Verde	x				x	19	19	x				
6	25/05/2022	30/05/2022	x				x	70	Verde	x				x	19	19	x				
7	25/05/2022	30/05/2022	x				x	36	Verde	x				x	19	19	x				
8	25/05/2022	30/05/2022	x				x	32	Verde	x				x	18	18	x				
9	25/05/2022	30/05/2022	x				x	31	Verde	x				x	16	16	x				
10	25/05/2022	30/05/2022	x				x	37	Verde	x				x	18	18	x				
11	25/05/2022	30/05/2022	x				x	28	Verde	x				x	20	20	x				
12	25/05/2022	30/05/2022	x				x	25	Verde	x				x	20	20	x				
13	25/05/2022	30/05/2022	x				x	31	Verde	x				x	19	19	x				
14	25/05/2022	30/05/2022	x				x	26	Verde	x				x	21	21	x				
15	25/05/2022	30/05/2022	x				x	12	Verde	x				x	20	20	x				
16	25/05/2022	30/05/2022	x				x	23	Verde	x				x	18	18	x				
17	25/05/2022	30/05/2022	x				x	19	Verde	x				x	20	20	x				
18	25/05/2022	30/05/2022	x				x	27	Verde	x				x	19	19	x				
19	25/05/2022	30/05/2022	x				x	29	Verde	x				x	20	20	x				
20	25/05/2022	30/05/2022	x				x	23	Verde	x				x	19	19	x				
21	25/05/2022	30/05/2022	x				x	24	Verde	x				x	20	20	x				
22	25/05/2022	30/05/2022	x				x	30	Verde	x				x	21	21	x				
23	25/05/2022	30/05/2022	x				x	40	Verde	x				x	20	20	x				
24	25/05/2022	30/05/2022	x				x	30	Verde	x				x	21	21	x				
25	25/05/2022	30/05/2022	x				x	32	Verde	x				x	19	19	x				
26	25/05/2022	30/05/2022	x				x	28	Verde	x				x	17	17	x				
27	25/05/2022	30/05/2022	x				x	26	Verde	x				x	19	19	x				
28	25/05/2022	30/05/2022	x				x	30	Verde	x				x	20	20	x				
29	25/05/2022	30/05/2022	x				x	40	Verde	x				x	19	19	x				
30	25/05/2022	30/05/2022	x				x	50	Verde	x				x	20	20	x				
31	25/05/2022	30/05/2022	x				x	52	Verde	x				x	22	22	x				
32	25/05/2022	30/05/2022	x				x	78	Verde	x				x	22	22	x				
33	25/05/2022	30/05/2022	x				x	55	Verde	x				x	20	20	x				
34	25/05/2022	30/05/2022	x				x	37	Verde	x				x	22	22	x				
35	25/05/2022	30/05/2022	x				x	56	Verde	x				x	22	22	x				
36	25/05/2022	30/05/2022	x				x	34	Verde	x				x	20	20	x				
37	25/05/2022	30/05/2022	x				x	40	Verde	x				x	19	19	x				
38	25/05/2022	30/05/2022	x				x	37	Verde	x				x	20	20	x				
39	25/05/2022	30/05/2022	x				x	50	Verde	x				x	21	21	x				
40	25/05/2022	30/05/2022	x				x	38	Verde	x				x	21	21	x				



Denis Omar Vásquez Delgado  
CIP: 124593

ESPECIALISTA N° 1

Ficha 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO																					
TESIS		"EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA ORGANICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDEMICA <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta" EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA ARIANA, JUNIN"																			
TITULO		Ficha de recolección de data de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga Spinosa</i> Lees. "Huamapinta".																			
TEMA OCDE		1.05.03 - Ciencias del Medio Ambiente																			
FACULTAD		Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales																			
AUTORES		Bachiller Andrea Ramirez Dávila, Bachiller Nancy Morales López, Bachiller José Alvarado Mejía																			
ASESOR		Bla. Carlos Odoorico Tome Ramos																			
OBJETIVO		Recolección de data de indicadores de control y seguimiento de la <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta".														FECHA		4-Jun			
SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PLANTACIONES DE ESQUEJES																					
Codificación	Fecha de Siembra	Fecha de Evaluación	Estado de Supervivencia		Presencia de brotes de hojas				Presencia de espinas			Crecimiento del esqueje				Estado de Vigorosidad					
			Si	No	Si	No	N° de hojas	Coloración de las hojas	Si	No	Coloración de las espinas	Si	No	Altura inicial	Altura Final	Bueno	Regular	Malo			
1	25/05/2022	4/06/2022	x			x	29	Verde	x		Amarillo		x	19	19		x				
2	25/05/2022	4/06/2022		x		x	43	Amarillo	x				x	19	18			x			
3	25/05/2022	4/06/2022		x		x	43	Amarillo	x		Amarillo		x	19	18			x			
4	25/05/2022	4/06/2022	x			x	27	Amarillo	x		Amarillo		x	18	18		x				
5	25/05/2022	4/06/2022	x			x	36	Verde	x		Amarillo		x	19	19		x				
6	25/05/2022	4/06/2022	x			x	69	Amarillo	x		Amarillo		x	19	19		x				
7	25/05/2022	4/06/2022	x			x	35	Amarillo	x		Amarillo		x	19	19		x				
8	25/05/2022	4/06/2022		x		x	30	Amarillo	x		Amarillo		x	18	18			x			
9	25/05/2022	4/06/2022		x		x	29	Amarillo	x		Amarillo		x	16	16			x			
10	25/05/2022	4/06/2022	x			x	37	Verde	x		Amarillo		x	18	18		x				
11	25/05/2022	4/06/2022	x			x	29	Verde	x		Amarillo	x	x	20	21	x					
12	25/05/2022	4/06/2022	x			x	25	Amarillo	x		Amarillo		x	20	20		x				
13	25/05/2022	4/06/2022	x			x	32	Verde	x		Amarillo	x	x	19	20	x					
14	25/05/2022	4/06/2022	x			x	27	Verde	x		Amarillo	x	x	21	22	x					
15	25/05/2022	4/06/2022	x			x	12	Amarillo	x		Amarillo		x	20	20		x				
16	25/05/2022	4/06/2022	x			x	24	Verde	x		Amarillo	x	x	18	19	x					
17	25/05/2022	4/06/2022	x			x	20	Verde	x		Amarillo		x	20	20	x					
18	25/05/2022	4/06/2022	x			x	28	Verde	x		Amarillo	x	x	19	20	x					
19	25/05/2022	4/06/2022	x			x	29	Amarillo	x		Amarillo		x	20	20		x				
20	25/05/2022	4/06/2022	x			x	24	Verde	x		Amarillo		x	19	19	x					
21	25/05/2022	4/06/2022	x			x	25	Verde	x		Amarillo	x	x	20	21	x					
22	25/05/2022	4/06/2022	x			x	30	Amarillo	x		Amarillo		x	21	21		x				
23	25/05/2022	4/06/2022	x			x	41	Verde	x		Amarillo	x	x	20	21	x					
24	25/05/2022	4/06/2022	x			x	30	Amarillo	x		Amarillo		x	21	21		x				
25	25/05/2022	4/06/2022	x			x	32	Amarillo	x		Amarillo		x	19	19		x				
26	25/05/2022	4/06/2022	x			x	29	Verde	x		Amarillo	x	x	17	18	x					
27	25/05/2022	4/06/2022	x			x	26	Amarillo	x		Amarillo		x	19	19		x				
28	25/05/2022	4/06/2022	x			x	30	Amarillo	x		Amarillo		x	20	20		x				
29	25/05/2022	4/06/2022	x			x	41	Verde	x		Amarillo	x	x	19	20	x					
30	25/05/2022	4/06/2022	x			x	61	Verde	x		Amarillo	x	x	20	21	x					
31	25/05/2022	4/06/2022	x			x	63	Verde	x		Amarillo	x	x	22	23	x					
32	25/05/2022	4/06/2022	x			x	79	Verde	x		Amarillo	x	x	22	24	x					
33	25/05/2022	4/06/2022	x			x	66	Verde	x		Amarillo	x	x	20	21	x					
34	25/05/2022	4/06/2022	x			x	38	Verde	x		Amarillo	x	x	22	23	x					
35	25/05/2022	4/06/2022	x			x	67	Verde	x		Amarillo	x	x	22	23	x					
36	25/05/2022	4/06/2022	x			x	35	Verde	x		Amarillo	x	x	20	21	x					
37	25/05/2022	4/06/2022	x			x	41	Verde	x		Amarillo	x	x	19	20	x					
38	25/05/2022	4/06/2022	x			x	37	Amarillo	x		Amarillo		x	20	20		x				
39	25/05/2022	4/06/2022	x			x	61	Verde	x		Amarillo	x	x	21	22	x					
40	25/05/2022	4/06/2022	x			x	39	Verde	x		Amarillo	x	x	21	22	x					



Denis Omar Vásquez Delgado  
CIP: 124593  
ESPECIALISTA N° 1

Ficha 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO																					
		<b>TESIS</b> "EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA ORGÁNICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDÉMICA <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamantapa" EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA ARIANA, JUNÍN"																			
<b>TÍTULO</b>		Ficha de recolección de datos de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamantapa".																			
<b>TEMA OCDE</b>		1.05.08 - Ciencias del Medio Ambiente																			
<b>FACULTAD</b>		Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales																			
<b>AUTORES</b>		Bachiller Andrea Ramirez Dávila, Bachiller Nancy Morales López, Bachiller José Alvarado Mejía																			
<b>ASESOR</b>		Blg. Carlos Odorico Tome Ramos																			
<b>OBJETIVO</b>		Recolección de datos de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamantapa".														FECHA		19-Jun			
SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PLANTACIONES DE ESQUEJES																					
Codificación	Fecha de Siembra	Fecha de Evaluación	Estado de Supervivencia		Presencia de brotes de hojas				Presencia de espinas			Crecimiento del esqueje				Estado de Vigorosidad					
			Si	No	Si	No	Nº de hojas	Coloración de las hojas	Si	No	Coloración de las espinas	Si	No	Altura inicial	Altura Final	Bueno	Regular	Malo			
1	25/05/2022	19/06/2022	x				x	29	Verde	x		Amarillo		x	19	19			x		
2	25/05/2022	19/06/2022		x			x	43	Amarillo		x		Amarillo	x	19	17			x		
3	25/05/2022	19/06/2022		x			x	43	Amarillo		x		Amarillo	x	19	18			x		
4	25/05/2022	19/06/2022		x			x	26	Amarillo	x			Amarillo	x	18	17			x		
5	25/05/2022	19/06/2022	x				x	36	Verde	x			Amarillo	x	19	19		x			
6	25/05/2022	19/06/2022	x				x	60	Amarillo	x			Amarillo	x	19	19		x			
7	25/05/2022	19/06/2022	x				x	35	Amarillo		x		Amarillo	x	19	19		x			
8	25/05/2022	19/06/2022		x			x	29	Amarillo		x		Amarillo	x	18	17			x		
9	25/05/2022	19/06/2022		x			x	28	Amarillo	x			Amarillo	x	16	15			x		
10	25/05/2022	19/06/2022	x				x	37	Verde	x			Amarillo		x	18	18		x		
11	25/05/2022	19/06/2022	x			x		30	Verde	x			Amarillo	x	20	22	x				
12	25/05/2022	19/06/2022		x			x	24	Amarillo		x		Amarillo		x	20	19		x		
13	25/05/2022	19/06/2022	x			x		33	Verde	x			Amarillo	x	19	20	x				
14	25/05/2022	19/06/2022	x			x		28	Verde	x			Amarillo	x	21	22	x				
15	25/05/2022	19/06/2022	x			x		12	Amarillo	x			Amarillo		x	20	20		x		
16	25/05/2022	19/06/2022	x			x		25	Verde	x			Amarillo	x	18	20	x				
17	25/05/2022	19/06/2022	x			x		21	Verde	x			Amarillo	x	20	21	x				
18	25/05/2022	19/06/2022	x			x		20	Verde	x			Amarillo	x	19	20	x				
19	25/05/2022	19/06/2022	x			x		29	Amarillo	x			Amarillo		x	20	20		x		
20	25/05/2022	19/06/2022	x			x		25	Verde	x			Amarillo	x	19	20	x				
21	25/05/2022	19/06/2022	x			x		26	Verde	x			Amarillo	x	20	22	x				
22	25/05/2022	19/06/2022		x			x	28	Amarillo	x			Amarillo		x	21	20		x		
23	25/05/2022	19/06/2022	x			x		42	Verde	x			Amarillo	x	20	22	x				
24	25/05/2022	19/06/2022	x			x		30	Amarillo	x			Amarillo		x	21	21		x		
25	25/05/2022	19/06/2022	x			x		32	Amarillo	x			Amarillo		x	19	19		x		
26	25/05/2022	19/06/2022	x			x		30	Verde	x			Amarillo	x	17	19	x				
27	25/05/2022	19/06/2022	x			x		26	Amarillo	x			Amarillo		x	19	19		x		
28	25/05/2022	19/06/2022	x			x		30	Amarillo		x		Amarillo		x	20	20		x		
29	25/05/2022	19/06/2022	x			x		43	Verde	x			Amarillo	x	19	22	x				
30	25/05/2022	19/06/2022	x			x		52	Verde	x			Amarillo	x	20	22	x				
31	25/05/2022	19/06/2022	x			x		54	Verde	x			Amarillo	x	22	24	x				
32	25/05/2022	19/06/2022	x			x		80	Verde	x			Amarillo	x	22	24	x				
33	25/05/2022	19/06/2022	x			x		56	Amarillo	x			Amarillo		x	20	21		x		
34	25/05/2022	19/06/2022	x			x		38	Amarillo	x			Amarillo		x	22	23		x		
35	25/05/2022	19/06/2022	x			x		58	Verde	x			Amarillo	x	22	24	x				
36	25/05/2022	19/06/2022	x			x		36	Verde	x			Amarillo	x	20	22	x				
37	25/05/2022	19/06/2022	x			x		42	Verde	x			Amarillo	x	19	20	x				
38	25/05/2022	19/06/2022	x			x		37	Amarillo	x			Amarillo		x	20	20		x		
39	25/05/2022	19/06/2022	x			x		52	Verde	x			Amarillo	x	21	23	x				
40	25/05/2022	19/06/2022	x			x		40	Verde	x			Amarillo	x	21	22	x				



Denis Omar Vásquez Delgado  
CIP: 124593

ESPECIALISTA N° 1

Ficha 5

		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO																
TESIS		"EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA ORGÁNICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDÉMICA <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta" EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA ARIANA, JUNÍN"																
TÍTULO		Ficha de recolección de data de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta".																
TEMA OCDE		1.05.08 - Ciencias del Medio Ambiente																
FACULTAD		Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales																
AUTORES		Bachiller Andrea Ramirez Dávila, Bachiller Nancy Morales López, Bachiller José Alvarado Mejía																
ASESOR		Bla. Carlos Odorico Tome Ramos																
OBJETIVO		Recolección de data de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta".													FECHA		10-Jul	
SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PLANTACIONES DE ESQUEJES																		
Codificación	Fecha de Siembra	Fecha de Evaluación	Estado de Supervivencia		Presencia de brotes de hojas				Presencia de espinas			Crecimiento del esqueje				Estado de Vigorosidad		
			Si	No	Si	No	N° de hojas	Coloración de las hojas	Si	No	Coloración de las espinas	Si	No	Altura inicial	Altura Final	Bueno	Regular	Malo
1	25/05/2022	10/07/2022	x			x	29	Verde	x		Amarillo		x	19	19			x
2	25/05/2022	10/07/2022		x		x	43	Amarillo		x			x	19	17			x
3	25/05/2022	10/07/2022		x		x	43	Amarillo		x			x	19	18			x
4	25/05/2022	10/07/2022		x		x	26	Amarillo	x				x	18	17			x
5	25/05/2022	10/07/2022	x			x	36	Verde	x				x	19	19			x
6	25/05/2022	10/07/2022	x			x	69	Amarillo	x				x	19	19			x
7	25/05/2022	10/07/2022	x			x	35	Amarillo		x			x	19	19			x
8	25/05/2022	10/07/2022		x		x	29	Amarillo		x			x	18	17			x
9	25/05/2022	10/07/2022		x		x	28	Amarillo	x				x	16	15			x
10	25/05/2022	10/07/2022	x			x	37	Verde	x				x	18	18			x
11	25/05/2022	10/07/2022	x		x		30	Verde	x				x	20	22	x		
12	25/05/2022	10/07/2022		x		x	24	Amarillo		x			x	20	19			x
13	25/05/2022	10/07/2022	x			x	33	Verde	x				x	21	20			x
14	25/05/2022	10/07/2022	x				28	Verde	x					21	22	x		
15	25/05/2022	10/07/2022	x			x	12	Amarillo	x				x	20	20			x
16	25/05/2022	10/07/2022	x			x	25	Verde	x				x	18	20	x		
17	25/05/2022	10/07/2022	x			x	21	Verde	x				x	20	21	x		
18	25/05/2022	10/07/2022	x			x	29	Verde	x				x	19	20	x		
19	25/05/2022	10/07/2022	x			x	29	Amarillo	x				x	20	20			x
20	25/05/2022	10/07/2022	x			x	25	Verde	x				x	19	20			x
21	25/05/2022	10/07/2022	x			x	26	Verde	x				x	20	22	x		
22	25/05/2022	10/07/2022		x		x	28	Amarillo	x				x	21	20			x
23	25/05/2022	10/07/2022	x			x	42	Verde	x				x	20	22	x		
24	25/05/2022	10/07/2022	x			x	30	Amarillo	x				x	21	21			x
25	25/05/2022	10/07/2022	x			x	32	Amarillo	x				x	19	19			x
26	25/05/2022	10/07/2022	x			x	30	Verde	x				x	17	19			x
27	25/05/2022	10/07/2022	x			x	26	Amarillo	x				x	19	19			x
28	25/05/2022	10/07/2022	x			x	30	Amarillo		x			x	20	20			x
29	25/05/2022	10/07/2022	x			x	43	Verde	x				x	19	22	x		
30	25/05/2022	10/07/2022	x			x	52	Verde	x				x	20	22	x		
31	25/05/2022	10/07/2022	x			x	54	Verde	x				x	22	24			x
32	25/05/2022	10/07/2022	x			x	80	Verde	x				x	22	24	x		
33	25/05/2022	10/07/2022	x			x	56	Amarillo	x				x	22	21			x
34	25/05/2022	10/07/2022	x			x	38	Amarillo	x				x	22	23			x
35	25/05/2022	10/07/2022	x			x	58	Amarillo	x				x	22	24			x
36	25/05/2022	10/07/2022	x			x	36	Verde	x				x	20	22	x		
37	25/05/2022	10/07/2022	x			x	42	Verde	x				x	19	20	x		
38	25/05/2022	10/07/2022	x			x	37	Amarillo	x				x	20	20			x
39	25/05/2022	10/07/2022	x			x	52	Verde	x				x	21	23	x		
40	25/05/2022	10/07/2022	x			x	40	Verde	x				x	21	22	x		


 Denis Omar Vásquez Delgado  
 CIP: 124593  
 ESPECIALISTA N° 1

Ficha 6

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO																					
TESIS		"EFECTO DEL BIOCARBÓN COMO ENMIENDA ORGÁNICA DEL SUELO EN LA ADAPTABILIDAD DE LA ESPECIE ENDÉMICA <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta" EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN MINERA ARIANA, JUNÍN"																			
TÍTULO		Ficha de recolección de datos de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta".																			
TEMA OCDE		1.05.05 - Ciencias del Medio Ambiente																			
FACULTAD		Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales																			
AUTORES		Bachiller Andrea Ramírez Dávila, Bachiller Nancy Morales López, Bachiller José Alvarado Mejía																			
ASESOR		Btg. Carlos Odónico Tome Ramos																			
OBJETIVO		Recolección de datos de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la <i>Chuquiraga spinosa</i> Lees. "Huamapinta".														FECHA		28-Jul			
SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PLANTACIONES DE ESQUEJES																					
Codificación	Fecha de Siembra	Fecha de Evaluación	Estado de Supervivencia		Presencia de brotes de hojas				Presencia de espinas			Crecimiento del esqueje			Estado de Vigorosidad						
			Si	No	Si	No	N° de hojas	Coloración de las hojas	Si	No	Coloración de las espinas	Si	No	Altura inicial	Altura Final	Bueno	Regular	Malo			
1	25/05/2022	10/07/2022	x				x	29	Verde	x				x	19	19			x		
2	25/05/2022	28/07/2022		x			x	43	Amarillo		x			x	19	17			x		
3	25/05/2022	28/07/2022		x			x	42	Amarillo		x			x	19	18			x		
4	25/05/2022	28/07/2022		x			x	26	Amarillo	x				x	18	17			x		
5	25/05/2022	28/07/2022	x				x	36	Verde	x				x	19	19		x			
6	25/05/2022	28/07/2022		x			x	68	Amarillo	x				x	18	18			x		
7	25/05/2022	28/07/2022		x			x	34	Amarillo		x			x	19	17			x		
8	25/05/2022	28/07/2022		x			x	29	Amarillo		x			x	18	17			x		
9	25/05/2022	28/07/2022		x			x	27	Amarillo	x				x	18	15			x		
10	25/05/2022	28/07/2022	x				x	37	Verde	x				x	18	18		x			
11	25/05/2022	28/07/2022	x			x		31	Verde	x				x	20	23	x				
12	25/05/2022	28/07/2022		x			x	24	Amarillo		x			x	20	18			x		
13	25/05/2022	28/07/2022	x			x		34	Verde	x				x	19	22	x				
14	25/05/2022	28/07/2022	x			x		28	Verde	x				x	21	23	x				
15	25/05/2022	28/07/2022	x			x	x	12	Amarillo	x				x	20	20		x			
16	25/05/2022	28/07/2022	x			x		26	Verde	x				x	18	20	x				
17	25/05/2022	28/07/2022	x			x		21	Verde	x				x	20	22	x				
18	25/05/2022	28/07/2022	x			x		30	Verde	x				x	19	22	x				
19	25/05/2022	28/07/2022	x				x	29	Amarillo	x				x	20	20		x			
20	25/05/2022	28/07/2022	x			x		25	Verde	x				x	19	21	x				
21	25/05/2022	28/07/2022	x			x		27	Verde	x				x	20	22	x				
22	25/05/2022	28/07/2022		x			x	27	Amarillo	x				x	21	19			x		
23	25/05/2022	28/07/2022	x			x		43	Verde	x				x	20	23	x				
24	25/05/2022	28/07/2022	x				x	30	Amarillo	x				x	21	21		x			
25	25/05/2022	28/07/2022	x				x	32	Amarillo	x				x	19	19		x			
26	25/05/2022	28/07/2022	x			x		31	Verde	x				x	17	19	x				
27	25/05/2022	28/07/2022		x			x	24	Amarillo	x				x	19	18			x		
28	25/05/2022	28/07/2022		x			x	28	Amarillo		x			x	20	19			x		
29	25/05/2022	28/07/2022	x			x		43	Verde	x				x	19	22	x				
30	25/05/2022	28/07/2022	x			x		53	Verde	x				x	20	22	x				
31	25/05/2022	28/07/2022	x			x		56	Verde	x				x	22	25	x				
32	25/05/2022	28/07/2022	x			x		82	Verde	x				x	22	26	x				
33	25/05/2022	28/07/2022	x				x	56	Amarillo	x				x	20	21		x			
34	25/05/2022	28/07/2022	x				x	38	Amarillo	x				x	22	23		x			
35	25/05/2022	28/07/2022	x			x		59	Verde	x				x	22	26	x				
36	25/05/2022	28/07/2022	x			x		37	Verde	x				x	20	23	x				
37	25/05/2022	28/07/2022	x			x		42	Verde	x				x	19	22	x				
38	25/05/2022	28/07/2022	x				x	37	Amarillo	x				x	20	20		x			
39	25/05/2022	28/07/2022	x			x		53	Verde	x				x	21	24	x				
40	25/05/2022	28/07/2022	x			x		40	Verde	x				x	21	23	x				

Denis Omar Vásquez Delgado  
CIP: 124593

ESPECIALISTA N° 1

## ANEXO 4. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

### Especialista

#### FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

##### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombre del experto: Denis Omar Vásquez Delgado
2. Grado Académico: Magister
3. Cargo e Institución donde labora: Jefe de Asuntos Ambientales y Permisos – Southern Peack Mining Peru S.A.C.
4. Título de Investigación: "Efecto del Biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la especie endémica Chuquiraga spinosa Lees. "Huamanpinta" en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín"
5. Autor del Instrumento 01: Andrea Ramírez Dávila
6. Autor del Instrumento 02: Nancy Morales López
7. Autor del Instrumento 03: José Alvarado Mejía
8. Nombre del Instrumento: Ficha de recolección de data de indicadores de control y seguimiento de la adaptabilidad de la Chuquiraga Spinosa Lees. "Huamanpinta".

##### II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40 %	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado	-	-	-	-	95%
OBJETIVIDAD	Es expresado en conductas observables.	-	-	-	-	95%
ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.	-	-	-	-	95%
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica entre las variables e indicadores.	-	-	-	-	95%
SUFICIENCIA	Toma en cuenta aspectos metodológicos esenciales.	-	-	-	-	95%
INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del estudio.	-	-	-	-	95%
CONSISTENCIA	Consistencia con el estudio.	-	-	-	-	95%
COHERENCIA	Existe una organización lógica.	-	-	-	-	95%
METODOLOGÍA	La estrategia responde a una de las variables.	-	-	-	-	95%
CONVENIENCIA	Genera datos para la investigación.	-	-	-	-	95%
TOTAL			-	-	-	95%

##### III. OPINIÓN APLICABLE

Las fichas formuladas por el investigador son adecuadas para el trabajo de investigación denominado: "**Efecto del Biocarbón como enmienda orgánica del suelo en la adaptabilidad de la especie endémica Chuquiraga spinosa Lees. "Huamanpinta" en el Proyecto de Exploración Minera Ariana, Junín**"

##### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

**El promedio de valoración es: 95%**

**Lugar y fecha:** Junín, Yauli, 21 de mayo del 2022



FIRMA DE EXPERTO  
Denis Omar Vásquez Delgado  
CIP: 124593

## ANEXO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO

**Anexo 5.1.** Informe de ensayo del análisis del biocarbón de residuos orgánicos del Proyecto Ariana.

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES	
---	---	---

**INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA**

SOLICITANTE : NANCY ANAIS MORALES LÓPEZ  
PROCEDENCIA : JUNÍN/ YAULI/ MARCAPOMACocha  
MUESTRA DE : BIO CARBÓN  
REFERENCIA : H.R. 74489  
BOLETA : 4603  
FECHA : 12/07/2021

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
300	MUESTRA 1	10.25	27.40	20.01	0.23	1.96	4.84
301	MUESTRA 2	10.21	27.50	20.37	0.14	1.86	6.07

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	CIC meq/100g
300	MUESTRA 1	11.34	0.50	2.69	0.23	5.40
301	MUESTRA 2	13.51	0.70	2.70	0.28	5.00

 *Dr. Constantino Calderón Mendoza*  
Jefe de Laboratorio

---

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
Celular: 946 - 505 - 254  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



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

REPORTE DE ANÁLISIS ELEMENTAL (C, H, N, O, S)  
LER – BIOMASA 004 - 2021

Solicitante : Srta. Nancy Anaís Morales López  
Atención : Srta. Nancy Anaís Morales López  
Muestra : Biocarbón de Residuos orgánicos  
Procedente de : Junín, Yauli, Marcapomacocha.  
Fecha Recepción : 11 / 06 / 2021  
Norma: : ASTM D5373 - ASTM D4239

N. LABORATORIO	CÓDIGO DE CAMPO	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)
UBE-(06/2021)-0003	Biocarbón-RO-01	57.16	2.38	1.06	< 0.01	23.89
UBE-(06/2021)-0004	Biocarbón-RO-02	58.56	2.36	0.13	< 0.01	26.24

NOTA:

- El análisis se realizó con las muestras en base seca (las muestras tal como se recibieron fueron secadas en estufa durante 24 horas a 105 °C).
- 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.



Laboratorio de  
Energías Renovables

José Calle Maraví, Ph. D.  
Jefe del Laboratorio de  
Energías Renovables

**Anexo 5.2. Informe de ensayo de las características fisicoquímicas del suelo.**



**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 : ANDREA RAMIREZ DAVILA

Departamento : LIMA  
 Distrito : COMAS  
 Referencia : H.R. 76991-082C-22

Bolt.: 5183

Provincia : LIMA  
 Predio :  
 Fecha : 17/06/2022

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
6099		7.70	0.34	12.40	5.84	12.2	122	51	30	19	Fr.	12.80	11.65	0.72	0.26	0.17	0.00	12.80	12.80	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



*Dr. Constantino Calderón Mendoza*  
 Jefe del Laboratorio



**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 : ANDREA RAMIREZ DÁVILA

Departamento : JUNÍN  
 Distrito : MARCAPOMACocha  
 Referencia : H.R. 77638-141C-22

Bolt.: 5333

Provincia : YAULI  
 Proyecto : MINERO ARIANA  
 Fecha : 16/09/2022

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
12321	G1-M2	7.60	0.51	9.84	9.94	96.7	778	66	24	10	Fr. A.	13.12	9.29	2.52	1.30	0.01	0.00	13.12	13.12	100
12322	G2-M2	7.73	1.32	8.94	13.97	137.7	1380	64	26	10	Fr. A.	14.40	8.24	2.62	2.58	0.97	0.00	14.40	14.40	100
12323	G3-M2	7.78	1.63	8.94	11.55	108.6	2010	60	28	12	Fr. A.	13.60	7.55	2.42	2.36	1.27	0.00	13.60	13.60	100
12324	G4-M2	8.06	0.99	9.84	11.55	151.3	2240	64	26	10	Fr. A.	13.44	6.93	2.80	2.73	0.98	0.00	13.44	13.44	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



*Constantino Calderón Mendoza*  
 Jefe del Laboratorio

### Anexo 5.3. Informe de ensayo del análisis microbiológico del suelo.



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



#### ANALISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : ANDREA RAMIREZ DAVILA

MUESTRA : SUELO

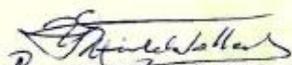
PROCEDENCIA: LIMA/ LIMA/ COMAS

REFERENCIA : H.R. 76992

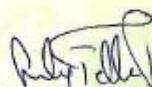
BOLETA 5183

FECHA : 03/08/2022

Código de muestra	Código de campo	Humedad gravimétrica (%)	Organismos mesófilos totales (UFC/ g de suelo seco)		
			Bacterias	Hongos	Actinomicetos
295	-	28.27	$3.50 \times 10^7$	$4.50 \times 10^4$	$1.90 \times 10^5$

  
-Dr. Sady García Bendezú  
Jefe Laboratorio de Microbiología



  
Dr. Constantino Calderón Mendoza  
Jefe Laboratorio de Suelos

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
Celular: 946 - 505 - 254  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



### ANALISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : ANDREA RAMIREZ DAVILA

MUESTRA : SUELO

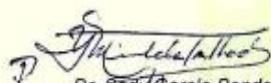
PROCEDENCIA: JUNÍN/ YAULI/ MARCAPOMACOCHA

REFERENCIA : H.R. 77639

BOLETA 5333

FECHA : 15/09/2022

Código de muestra	Código de campo	Humedad gravimétrica (%)	Organismos mesófilos totales (UFC/ g de suelo seco)		
			Bacterias	Hongos	Actinomicetos
474	G1-M2	47.78	$2.61 \times 10^7$	$3.90 \times 10^5$	$2.18 \times 10^7$
475	G2-M2	67.80	$2.31 \times 10^7$	$1.70 \times 10^6$	$6.60 \times 10^6$
476	G3-M2	64.30	$3.95 \times 10^7$	$8.00 \times 10^6$	$4.10 \times 10^6$
477	G4-M2	64.19	$7.40 \times 10^7$	$4.80 \times 10^4$	$2.56 \times 10^7$

  
Dr. Sedy García Bendejú  
Jefe Laboratorio de Microbiología

  
Dr. Constantino Calderón Mendoza  
Jefe Laboratorio de Suelos

## ANEXO 6. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

### Preparación del terreno de plantación



## Pesaje y plantación de esquejes



Nota. Mezcla de Biocarbón y de suelo



Nota. Dosificación de biocarbón y suelo



Nota. Pesaje de biocarbón



Nota. Implementación de hoyos con la mezcla de biocarbón y suelo



Nota. Plantación de los esquejes

## Seguimiento de la adaptabilidad de los esquejes

<b>E1</b>		<b>E21</b>	
<b>E2</b>		<b>E22</b>	
<b>E3</b>		<b>E23</b>	

<p><b>E4</b></p>		<p><b>E24</b></p>	
<p><b>E5</b></p>		<p><b>E25</b></p>	
<p><b>E6</b></p>		<p><b>E26</b></p>	

<p><b>E7</b></p>		<p><b>E27</b></p>	
<p><b>E8</b></p>		<p><b>E28</b></p>	
<p><b>E9</b></p>		<p><b>E29</b></p>	

<p><b>E10</b></p>		<p><b>E30</b></p>	
<p><b>E11</b></p>		<p><b>E31</b></p>	
<p><b>E12</b></p>		<p><b>E32</b></p>	

<p><b>E13</b></p>		<p><b>E33</b></p>	
<p><b>E14</b></p>		<p><b>E34</b></p>	
<p><b>E15</b></p>		<p><b>E35</b></p>	

<p><b>E16</b></p>		<p><b>E36</b></p>	
<p><b>E17</b></p>		<p><b>E37</b></p>	
<p><b>E18</b></p>		<p><b>E38</b></p>	

<p><b>E19</b></p> 	<p><b>E39</b></p> 
<p><b>E20</b></p> 	<p><b>E40</b></p> 

## ANEXO 7. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FITOTOXICIDAD

N°	PORCENTAJE DE APLICACIÓN (%)			RESPUESTAS	
	BC-RRSS	Estiércol	N°. Semillas	Longitud Radícula (Cm)	Long. Hipocótilo (Cm)
1	3	10	2	0,9	3,2
2	3	10	2	0,4	6,1
3	3	10	2	0,8	4,9
4	3	10	2	0,5	3,2
5	20	10	0	0	0
6	20	10	0	0	0
7	3	30	6	0,9	5,2
8	3	30	6	1,2	6,1
9	3	30	6	0,9	5,9
10	3	30	6	1,5	8,7
11	3	30	6	0,6	8,0
12	3	30	6	1,0	4,0
13	3	30	4	0,3	1,2
14	3	30	4	1,1	6,1
15	3	30	4	1,5	6,4
16	3	30	4	1,1	5,6
17	20	30	0	0	0
18	20	30	0	0	0
19	0	20	6	1,2	4,8
20	0	20	6	1,4	6,1
21	0	20	6	1,3	6,5
22	0	20	6	0,6	5,8
23	0	20	6	1,1	3,9
24	0	20	6	1,6	7,9
25	25,80	20	0	0	0
26	11,5	3,18	0	0	0
27	11,5	36,82	0	0	0
28	11,5	20	1	0,5	2,2
29	11,5	20	0	0	0
30	11,5	20	0	0	0
31	11,5	20	0	0	0
32	11,5	20	0	0	0
33	11,5	20	0	0	0
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0